

**DIN EN 1993-3-1/NA**

ICS 91.010.30; 91.060.40

Mit DIN EN 1993-3-1:2010-12  
Ersatz für  
die 2011-06 zurückgezogene  
Vornorm  
DIN V 4131:2008-09

**Nationaler Anhang –  
National festgelegte Parameter –  
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –  
Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine – Türme und Maste**

National Annex –  
Nationally determined parameters –  
Eurocode 3: Design of steel structures –  
Part 3-1: Towers, masts and chimneys – Towers and masts

Annexe Nationale –  
Paramètres déterminés au plan national –  
Eurocode 3: Calcul des structures en acier –  
Partie 3-1: Tours, mâts et cheminées – Tours et mâts haubannés

Gesamtumfang 46 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11****Inhalt**

	Seite
<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>
<b>NA.1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>5</b>
<b>NA.2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-3-1:2010-12</b> .....	<b>5</b>
<b>NA.2.1 Allgemeines</b> .....	<b>5</b>
<b>NA.2.2 Nationale Festlegungen</b> .....	<b>6</b>
<b>NCI Anhang NA.B (normativ) Berechnungsannahmen für Windwirkungen</b> .....	<b>12</b>
<b>NCI NA.B.1 Allgemeines</b> .....	<b>12</b>
<b>NCI NA.B.1.1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>12</b>
<b>NCI NA.B.1.2 Symbole und Indizes</b> .....	<b>12</b>
<b>NCI NA.B.2 Windkraftbeiwert</b> .....	<b>13</b>
<b>NCI NA.B.2.1 Allgemeines</b> .....	<b>13</b>
<b>NCI NA.B.2.2 Bezugsfläche</b> .....	<b>14</b>
<b>NCI NA.B.2.3 Bestimmung des Windkraftbeiwerts</b> .....	<b>14</b>
<b>NCI NA.B.3 Böenreaktion von Gittertürmen</b> .....	<b>23</b>
<b>NCI NA.B.3.1 Bedingungen für die Anwendung statischer Verfahren</b> .....	<b>23</b>
<b>NCI NA.B.3.2 Statisches Ersatzlastverfahren</b> .....	<b>23</b>
<b>NCI NA.B.3.3 Wirbelerregte Schwingungen quer zur Windrichtung</b> .....	<b>25</b>
<b>NCI NA.B.4 Dynamische Antwort abgespannter Masten</b> .....	<b>25</b>
<b>NCI NA.B.4.1 Allgemeines</b> .....	<b>25</b>
<b>NCI NA.B.4.2 Bedingungen für statische Verfahren</b> .....	<b>25</b>
<b>NCI NA.B.4.3 Statische Ersatzlast-Verfahren</b> .....	<b>27</b>
<b>NCI NA.B.4.4 Spektralverfahren</b> .....	<b>30</b>
<b>NCI NA.B.4.5 Wirbelerregte Querschwingungen</b> .....	<b>30</b>
<b>NCI NA.B.4.6 Seilschwingungen</b> .....	<b>32</b>
<b>NCI NA.B.4.7 Eigenfrequenz freistehender Türme</b> .....	<b>33</b>
<b>NCI NA.B.4.8 Eigenfrequenz für Kragarme abgespannter Masten</b> .....	<b>33</b>
<b>NCI Anhang NA.C (normativ) Eislast und kombinierte Einwirkungen aus Eis und Wind</b> .....	<b>35</b>
<b>NCI NA.C.1 Allgemeines</b> .....	<b>35</b>
<b>NCI NA.C.2 Eislast</b> .....	<b>35</b>
<b>NCI NA.C.3 Eisgewicht</b> .....	<b>36</b>
<b>NCI NA.C.4 Wind und Eis</b> .....	<b>36</b>
<b>NCI Anhang NA.F (normativ) Ausführung und Zustandsüberwachung</b> .....	<b>37</b>
<b>NCI NA.F.1 Ausführung</b> .....	<b>37</b>
<b>NCI NA.F.2 Zustandsüberwachung</b> .....	<b>38</b>
<b>NCI NA.F.3 Hauptprüfung</b> .....	<b>38</b>
<b>NCI Anhang NA.I (normativ) Zusätzliche technische Regelungen</b> .....	<b>39</b>
<b>NCI NA.I.1 Absturz von Personen in Sicherungsgeschirre</b> .....	<b>39</b>
<b>NCI NA.I.2 Hinweise zur Berechnung von Fachwerken</b> .....	<b>39</b>
<b>NCI NA.I.3 Schraubenverbindungen</b> .....	<b>39</b>
<b>NCI NA.I.4 Mindestdicke</b> .....	<b>39</b>
<b>NCI NA.I.5 Querschnittsaussteifungen</b> .....	<b>39</b>
<b>NCI NA.I.6 Drahtseilklemmen</b> .....	<b>40</b>
<b>NCI NA.I.7 Bolzen</b> .....	<b>40</b>
<b>NCI NA.I.8 Isolatoren und Schutzarmaturen</b> .....	<b>40</b>
<b>NCI NA.I.8.1 Allgemeines</b> .....	<b>40</b>
<b>NCI NA.I.8.2 Keramikisolatoren</b> .....	<b>40</b>
<b>NCI NA.I.8.3 Sicherheiten und Stückprüfungen von Druckbeanspruchten Keramikisolatoren</b> .....	<b>41</b>
<b>NCI NA.I.8.4 Andere Isolatoren</b> .....	<b>41</b>

NCI	NA.I.9 Gründungen .....	41
NCI	NA.I.9.1 Betonfundamente .....	41
NCI	NA.I.9.2 Verankerung .....	41
NCI	NA.I.9.3 Hilfsanker .....	42
NCI	NA.I.10 Korrosionsschutz .....	42
NCI	NA.I.10.1 Allgemeines .....	42
NCI	NA.I.10.2 Beschichtungen und Überzüge .....	42
NCI	NA.I.11 Blitzschutz und Erdungsanlagen .....	43
NCI	NA.I.12 Montagehilfen .....	44
NCI	NA.I.13 Einrichtungen zum Begehen und Besichtigen des Bauwerks, Absturzsicherungen .....	44
NCI	NA.I.13.1 Allgemeines .....	44
NCI	NA.I.13.2 Steigleitern .....	44
NCI	NA.I.13.3 Sicherheitseinrichtungen an Arbeitsbühnen und Laufstegen .....	44
NCI	NA.I.13.4 Befahreinrichtungen für Abspannseile .....	45
NCI	NA.I.14 Öffnungen in Hohlmasten .....	45
NCI	Literaturhinweise .....	46

## **DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11**

### **Vorwort**

Dieses Dokument wurde vom NA 005-08-05 AA „Türme, Maste und Schornsteine (SpA zu CEN/TC 250/SC 3)“ erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1993-3-1:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine — Türme und Maste*.

Die Europäische Norm EN 1993-3-1 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: Nationally determined parameters, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA.2.1. Darüber hinaus enthält dieser Nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-3-1:2010-12 (en: non-contradictory complementary information, NCI).

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1993-3-1:2010-12.

DIN EN 1993-3-1:2010-12 und dieser Nationale Anhang DIN EN 1993-3-1/NA sind vorgesehen als Ersatz für DIN V 4131:2008-09.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

### **Änderungen**

Gegenüber DIN V 4131:2008-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Nationale Festlegungen zu DIN EN 1993-3-1:2010-12 für die Bemessung und Konstruktion von Türmen und Masten aufgenommen.

### **Frühere Ausgaben**

DIN 4131: 1969-03, 1991-11  
DIN V 4131: 2008-09

## NA.1 Anwendungsbereich

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für die Bemessung und Konstruktion von Gittertürmen und abgespannten Masten und ähnlichen Konstruktionen, die prismatische, zylindrische oder andere sperrige Elemente tragen, die bei der Anwendung von DIN EN 1993-3-1:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1993-3-1:2010-12.

## NA.2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-3-1:2010-12

### NA.2.1 Allgemeines

DIN EN 1993-3-1:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus (NDP, en: Nationally determined parameters).

— 2.1.1(3)P	— 5.2.4(1)	— B.2.1.1(5)	— D.1.1(2)
— 2.3.1(1)	— 6.1(1)	— B.2.3(1)	— D.1.2(2)
— 2.3.2(1)	— 6.3.1(1)	— B.3.2.2.6(4)	— D.3(6) (zweimal)
— 2.3.6(2)	— 6.4.1(1)	— B.3.3(1)	— D.4.1(1)
— 2.3.7(1)	— 6.4.2(2)	— B.3.3(2)	— D.4.2(3)
— 2.3.7(4)	— 6.5.1(1)	— B.4.3.2.2(2)	— D.4.3(1)
— 2.5(1)	— 7.1(1)	— B.4.3.2.3(1)	— D.4.4(1)
— 2.6(1)	— 9.5(1)	— B.4.3.2.8.1(4)	— F.4.2.1(1)
— 4.1(1)	— A.1(1)	— C.2(1)	— F.4.2.2(2)
— 4.2(1)	— A.2(1)P (zweimal)	— C.6.(1)	— G.1(3)
— 5.1(6)	— B.1.1(1)		— H.2(5)
			— H.2(7)

Darüber hinaus enthält NA.2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-3-1:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ gekennzeichnet.

— 1.2	— Anhang NA.B
— 9.1	— Anhang NA.C
— Anhang B	— Anhang NA.F
— Anhang C	— Anhang NA.D
— Anhang F	— Literaturhinweise
— Anhang G	
— Anhang H	

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11****NA.2.2 Nationale Festlegungen**

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1993-3-1:2010-12 bzw. ergänzt diese.

**NCI zu 1.2 Normative Verweisungen**

- NA DIN 18799-1, *Ortsfeste Steigleitern an baulichen Anlagen — Teil 1: Steigleitern mit Seitenholmen, sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen*
- NA DIN 18799-2, *Ortsfeste Steigleitern an baulichen Anlagen — Teil 2: Steigleitern mit Mittelholm, sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen*
- NA DIN 50978, *Prüfung metallischer Überzüge; Haftvermögen von durch Feuerverzinken hergestellten Überzügen*
- NA DIN 55928-8, *Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge — Teil 8: Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen*
- NA DIN EN 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken*
- NA DIN EN 1991-1-4:2010-12, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen, Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010*
- NA DIN EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*
- NA DIN EN 1993-1-6, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen*
- NA DIN EN 1993-1-9, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*
- NA DIN EN 1993-1-11:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-11: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit Zuggliedern aus Stahl; Deutsche Fassung EN 1993-1-11:2006 + AC:2009*
- NA DIN EN 1993-3-1:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine — Türme und Maste; Deutsche Fassung EN 1993-3-1:2006 + AC:2009*
- NA DIN EN 10264-1, *Stahldraht und Drahterzeugnisse — Stahldraht für Seile — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- NA DIN EN 10264-3, *Stahldraht und Drahterzeugnisse — Stahldraht für Seile — Teil 3: Runder und profilierter Draht aus unlegiertem Stahl für hohe Beanspruchungen*
- NA DIN EN 13411-5, *Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht — Sicherheit — Teil 5: Drahtseilklemmen mit U-förmigem Klemmbügel*
- NA DIN EN 60060-1 (VDE 0432-1), *Hochspannungs-Prüftechnik — Teil 1: Allgemeine Begriffe und Prüfbedingungen*
- NA DIN EN 60060-2 (VDE 0432-2), *Hochspannungs-Prüftechnik — Teil 2: Messsysteme*
- NA DIN EN 62305 (alle Teile), *Blitzschutz*

- NA DIN EN ISO 1461, *Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken) — Anforderungen und Prüfungen*
- NA DIN EN ISO 2063, *Thermisches Spritzen — Metallische und andere anorganische Schichten — Zink, Aluminium und ihre Legierungen*
- NA DIN EN ISO 2178, *Nichtmagnetische Überzüge auf magnetischen Grundmetallen — Messen der Schichtdicke — Magnetverfahren*
- NA DIN EN ISO 10684, *Verbindungselemente — Feuerverzinkung*
- NA DIN EN ISO 12944 (alle Teile), *Beschichtungssysteme — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme*
- NA DIN EN ISO 14122-3, *Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen — Teil 3: Treppen, Treppenleitern und Geländer*

**NDP zu 2.1.1(3)P**

Der Anhang E aus DIN EN 1993-3-1:2010-12 gilt nicht. Plötzlicher Seilausfall ist nur bei Zuverlässigkeitsklasse 3 zu untersuchen.

Die Berechnung eines plötzlichen Seilausfalls darf entweder durch eine genaue dynamische Untersuchung oder durch Anwendung des nachstehenden konservativen Näherungsverfahrens durchgeführt werden. Bei der Untersuchung des plötzlichen Seilausfalls ist von einem gleichzeitig wirkenden Windgeschwindigkeitsdrucks in Höhe von 50 % des charakteristischen, mittleren Geschwindigkeitsdrucks ohne Berücksichtigung feldweiser Belastung auszugehen.

Die durch einen plötzlichen Seilausfall verursachten dynamischen Kräfte im Mastchaft und in den Abspannseilen können mit der folgenden Annahme konservativ abgeschätzt werden:

Die Horizontalkomponente der vor dem Seilausfall wirkenden, stützenden Seilkraft ist dabei in umgekehrter Richtung als Zusatzlast auf den Mast ohne das ausgefallene Seil wirkend anzusetzen.

Die hieraus resultierenden restlichen Seilkräfte müssen bei Masten mit nur zwei Abspannebenen oder bei einem Seilausfall in der höchsten Abspannebene mit dem Faktor 1,3 multipliziert werden.

**NDP zu 2.3.1(1)**

Es gelten die Regelungen des Anhanges NA.B.

**NDP zu 2.3.2(1)**

Für die Ermittlung von Eislasten, Eisdicken, Eisdichten und Eisverteilungen sowie Lastfallkombinationen und Kombinationsbeiwerte für Einwirkungen auf Türme und Maste gilt Anhang NA.C dieses Dokumentes.

**NDP zu 2.3.6(2)**

Es gelten die Empfehlungen.

Anstelle der vertikalen Verkehrslast von  $2 \text{ kN/m}^2$  ist auf Plattformen mit einer vertikalen Einzellast von  $3 \text{ kN}$  an ungünstigster Stelle zu rechnen, wenn dies ungünstiger ist als die vorgenannte Flächenlast.

**NDP zu 2.3.7(1)**

Es werden keine weiteren Hinweise gegeben.

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11****NDP zu 2.3.7(4)**

Zusätzlich sind DIN 18799-1 und DIN 18799-2 sowie NA.I.1 des Anhang NA.I anzuwenden.

**NDP zu 2.5(1)**

Zusätzlich ist NA.I.8.3 im Anhang NA.I zu beachten.

**NDP zu 2.6(1)**

Die Entwurfslebensdauer ist zwischen dem Bauherren und dem Planer abzustimmen. Wenn keine Vereinbarung getroffen wird, ist eine Entwurfslebensdauer von 50 Jahren anzusetzen.

**NDP zu 4.1(1)**

Siehe Anhang NA.I.

**NDP zu 4.2(1)**

Die gegebenen Empfehlungen gelten nicht. Dafür sind folgende Festlegungen einzuhalten.

Die Hohlräume der Seile müssen beim Verseilen mit geeigneten korrosionsschützenden Medien verfüllt werden. Werden Seile beschichtet, sind das Verfüllmaterial und die Beschichtung aufeinander abzustimmen. Verfüllmaterial und Beschichtung müssen säurefrei, elastisch, temperatur- und UV-beständig sein.

Die Verwendung heller Beschichtungen ist vorzuziehen, um eventuelle Korrosionserscheinungen leichter erkennen zu können und um die Temperaturbeanspruchung der Seile möglichst klein zu halten.

Wenn bei Rundlitzenseilen säurefreies Fett zum Füllen der Hohlräume verwendet wird, entfällt die Beschichtung. Da die Gefahr besteht, dass das Fett ausgewaschen wird, sind solche Seile besonders sorgsam zu warten und gegebenenfalls nachzufetten.

**NDP zu 5.1(6)**

Hinweise und Beispiele zur rechnerischen Erfassung des nichtlinearen Tragverhaltens sind zum Beispiel zu entnehmen:

— Peil, U.: „Bauen mit Seilen“. In Stahlbau-Kalender 2000, Ernst & Sohn, Berlin. 689-755.

— Peil, U.: „Maste und Türme“. In Stahlbau-Kalender 2004, Ernst & Sohn, Berlin. 493-602.

**NDP zu 5.2.4(1)**

Es werden keine weiteren Hinweise gegeben.

**NDP zu 6.1(1)**

Es gelten die folgenden Teilsicherheitsbeiwerte:

$$\gamma_{M0} = 1,00,$$

$$\gamma_{M1} = 1,00, \quad (\text{Bei Schalenbeulen siehe DIN EN 1993-3-2})$$

$$\gamma_{M2} = 1,25,$$

$$\gamma_{Mg} = 1,50 \cdot \gamma_R; \quad \gamma_R \text{ siehe EN 1993-1-11},$$

$$\gamma_{Mi} = 2,50.$$



**NDP zu 6.3.1(1)**

Ein Verfahren wird nicht festgelegt.

**NDP zu 6.4.1(1)**

Es gelten die Empfehlungen.

**NDP zu 6.4.2(2)**

Es gilt die Empfehlung. Ergänzend dazu gilt, dass ermüdungsbeanspruchte Kopfplattenverbindungen mit hochfesten, voll vorgespannten Schrauben auszuführen sind, wenn nicht die Ermüdungssicherheit und die Gebrauchstauglichkeit durch Nachweise belegt werden.

**NDP zu 6.5.1(1)**

Es gilt die Empfehlung. Als Grenzwerte für die Hertzsche Pressung sind die Werte nach Tabelle NA.1 anzunehmen:

**Tabelle NA.1 — Charakteristische Werte der Hertzschen Pressung von Stahl lagern**

	<b>Werkstoff</b>	$\sigma_{H,k}$ in N/mm <sup>2</sup>
1	S235, S275	800
2	S355, S420, S460	1 000
3	C35+N, C45+N	950

**NDP zu 7.1(1)**

Es gilt die Empfehlung.

**NCI zu 9.1**

Ein stählerner Schornstein oder ein Antennentragwerk darf als vorwiegend ruhend beansprucht angesehen werden, wenn

- die Spannungsschwingbreite der Längsspannungen  $\Delta\sigma$  kleiner ist als 15 N/mm<sup>2</sup> und
- die Spannungsschwingbreite der Schubspannungen  $\Delta\tau$  kleiner ist als 26 N/mm<sup>2</sup> und
- das Tragwerk in der Erdbebenzone 0 nach DIN EN 1998-1 NA steht und
- keine Stoßlasten berücksichtigt werden müssen.

**NDP zu 9.5(1)**

Es gelten die Empfehlungen.

**NDP zu A.1(1)**

- In der Regel ist die Zuverlässigkeitsklasse 2 anzuwenden.
- Zuverlässigkeitsklasse 3 ist in den nach DIN EN 1993-3-1:2010-12, Tabelle A.1 vorgesehenen Fällen anzuwenden.

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11**

- (3) Maste der Zuverlässigkeitsklasse 3 dürfen in Zuverlässigkeitsklasse 2 eingestuft werden, wenn eine jährliche Inspektion nach Anhang NA.F durchgeführt wird, die auch eine Untersuchung der Seilanschlüsse auf Ermüdungsschäden mit einschließt. Abweichungen sind mit der zuständigen Genehmigungsbehörde abzustimmen.

**NDP zu A.2(1)P (zweimal)**

Es gilt die hier angegebene Tabelle NA.A.2.

**Tabelle NA.A.2 — Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_G$  und  $\gamma_Q$  für Einwirkungen**

Art der Einwirkung	Zuverlässigkeitsklasse, siehe Anmerkung zu 2.1.2	Wirkung der Einwirkung	
		ungünstig	günstig
ständige oder vorübergehende Bemessungssituation			
ständige Lasten	alle Zuverlässigkeitsklassen	1,3	1,0
veränderliche Lasten	alle Zuverlässigkeitsklassen	1,5	0,0
Vorspannung	alle Zuverlässigkeitsklassen	1,0	
außergewöhnliche Bemessungssituation			
ständige Lasten	alle Zuverlässigkeitsklassen	1,0	1,0
veränderliche Lasten	alle Zuverlässigkeitsklassen	1,0	0,0
Vorspannung	alle Zuverlässigkeitsklassen	1,0	

**NCI zu Anhang B**

Statt Anhang B von DIN EN 1993-3-1:2010-12 gilt Anhang NA.B dieses Nationalen Anhanges.

**NCI zu Anhang C**

Statt Anhang C von DIN EN 1993-3-1:2010-12 gilt Anhang NA.C dieses Nationalen Anhanges.

**NDP zu D.1.1(2)**

Es werden keine weiteren Hinweise gegeben.

**NDP zu D.1.2(2)**

Es werden keine weiteren Hinweise gegeben.

**NDP zu D.3(6) (zweimal)**

Zu ANMERKUNG 1: Es werden keine weiteren Hinweise gegeben. Es gilt die Empfehlung.

Zu ANMERKUNG 2: Zu elektrischen Eigenschaften siehe DIN EN 60060-1 (VDE 0432-1) und DIN EN 60060-2 (VDE 0432-2).

**NDP zu D.4.1(1)**

**Einrichtungen zum Begehen und Besichtigen des Bauwerks, Absturzsicherungen**

**Allgemeines**

Antennentragwerke von mehr als 20 m Höhe, die zu Inspektions-, Betriebs- oder sonstigen Zwecken bestiegen werden, sind mit Steigleitern oder Steigeisengängen, erforderlichenfalls auch mit Absturzsicherungen, Ruhe- und Arbeitsbühnen sowie mit Laufstegen auszurüsten.

**Befahreinrichtungen für Abspannseile**

Ein direktes Befahren der Abspannseile sollte vermieden werden. Vorzugsweise sind unabhängige Befahreinrichtungen zu verwenden. Hierfür sind entsprechende Anschlagkonstruktionen vorzusehen.

**NDP zu D.4.2(3)**

Siehe Anhang NA.I.

**NDP zu D.4.3(1)**

Maßnahmen zur Flugsicherung sind im Luftverkehrsgesetz (LuftVG) geregelt; sie werden im Einzelfall von der DFS — Deutsche Flugsicherung — festgelegt und sind Bestandteil der Baugenehmigung. Maßnahmen sind z. B.

- a) Flugwarnanstrich als Tageskennzeichnung;
- b) Flughindernisleucht als Nachtkennzeichnung;
- c) Seilmarker an Abspannseilen.

Seilmarker müssen Inspektionen des innen liegenden Seiles zulassen.

**NDP zu D.4.4(1)**

Es werden keine weiteren Hinweise gegeben.

**NCI zu Anhang F**

Statt Anhang F von DIN EN 1993-3-1:2010-12 gilt Anhang NA.F dieses Nationalen Anhanges.

## Berechnungsannahmen für Windwirkungen

### NCI NA.B.1 Allgemeines

- (1) Die Windlasten sind nach DIN EN 1991-1-4 in Verbindung mit diesem Anhang zu bestimmen.
- (2) Die Windprofile nach DIN EN 1991-1-4/NA dürfen für Höhen  $z$  bis 400 m verwendet werden.

### NCI NA.B.1.1 Anwendungsbereich

- (1) Dieser Anhang enthält ergänzende Angaben zu Windeinwirkungen auf Türme und abgespannte Maste in folgenden Punkten:
  - Windkräfte, siehe NA.B.2;
  - Böenreaktion von Gittertürmen, siehe NA.B.3;
  - Böenreaktion von abgespannten Masten, siehe NA.B.4.
- (2) Die Windkraftbeiwerte für Kreisquerschnitte, die nicht Bestandteil des Fachwerks sind (z. B. Aufsatzrohre), sind in DIN EN 1991-1-4 festgelegt.
- (3) Die Schnittgrößen für das Tragwerk sind im Allgemeinen nach der Elastizitätstheorie II. Ordnung zu berechnen. Vorverformungen des Gesamtsystems (Lotabweichungen, Vorkrümmungen) müssen nicht berücksichtigt werden.

### NCI NA.B.1.2 Symbole und Indizes

- (1) Ergänzend zu den in DIN EN 1993-1-1 und DIN EN 1991-1-4 angegebenen Formelzeichen werden die folgenden wichtigsten Formelzeichen in diesem Anhang verwendet:

$i$	Anordnung der feldweisen Belastung;
$K$	Beiwert;
$L$	projizierte Länge oder Sehnenlänge;
$N$	Anzahl der Abspannebenen;
$n$	Anzahl der Tragwerksabschnitte;
$Q$	Parameter;
$S$	Schnittgröße in einem Bauteil (z. B. Längskraft, Querkraft oder Biegemoment);
$T$	Torsionsmoment;
$\alpha$	Neigung eines Abspannseils gegen die Horizontale;
$\beta$	Parameter;
$\theta$	Winkel des Windeinfalls bezogen auf die Flächennormale oder Neigung,
$\tau$	Konstante;
$\psi$	Winkel des Windeinfalls bezogen auf die Längsachse des langgestreckten Anbauteils;
$k_s$	Skalierungsfaktor.

(3) Ergänzend zu den in DIN EN 1993-1-1 angegebenen Indizes werden die folgenden Indizes in diesem Anhang verwendet:

A	Element der Anbauten;
C	Kragarm;
c	Bauteil mit kreisförmigem Querschnitt;
e	effektiv;
F	Außenfläche;
f	kantige Bauteile;
G	Abspannseil;
H	Bauwerkshöhe;
L	Länge;
M	ausschließlich bezogen auf den Mast;
m	Mast oder Mittelwert;
PL	feldweise Belastung;
p	belastetes Feld;
q	Schub;
S	Bauwerk;
sup	überkritisch;
T	Turm oder Gesamtwert (Total-);
W	in Windrichtung;
w	mit Wind;
X	quer zur Windrichtung;
Z	in vertikaler Richtung;
z	Höhe z über Grund;
$\theta$	Winkel des Windeinfalls.

## **NCI NA.B.2 Windkraftbeiwert**

### **NCI NA.B.2.1 Allgemeines**

(1) Die auf einen Abschnitt oder ein Bauteil wirkende Windkraft ist nach DIN EN 1991-1-4:2010-12, 5.3 (2) in Verbindung mit dem Nationalen Anhang von DIN EN 1991-1-4 und diesem Anhang NA.B zu bestimmen.

(2) Bei der Berechnung der Windkraft mit Eisansatz sind die um die Eisschicht vergrößerten Projektionsflächen anzusetzen.

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11****NCI NA.B.2.2 Bezugsfläche**

- (1) Die Bezugsflächen sind für jede Ansichtsseite nach Bild NA.B.1a) und NA.B.1b) getrennt zu bestimmen.
- (2) Die Bezugsfläche  $A_S$  für die Ermittlung der Windkräfte auf den Mastschaft ist die Projektionsfläche der dem Wind zugewandten Ansichtsseite ohne Anbauten (siehe Bild NA.B.1). Die Projektionsachse steht normal auf der Ansichtsseite.
- (3) Die Bezugsfläche  $A_A$  für die Ermittlung der Windkräfte auf Anbauten ist die Projektionsfläche der dem Wind zugewandten Ansichtsseite. Anbauten innerhalb des Mastschaftes sind wie in Bild NA.B.1a und NA.B.1b dargestellt, den jeweiligen Ansichtsseiten zuzuordnen. Die Projektionsachse steht normal auf der Ansichtsseite.

**NCI NA.B.2.3 Bestimmung des Windkraftbeiwerts****NCI NA.B.2.3.1 Allgemeines**

- (1) Bei Tragwerken mit quadratischem und gleichseitig dreieckförmigem Grundriss wird der Gesamtwindkraftbeiwert in Windrichtung (Widerstandsbeiwert) durch Überlagerung der Windkräfte an tragenden Bauteilen und Anbauten bestimmt:

$$c_f = c_{f,S} + \sum c_{f,A} \quad (\text{NA.B.1})$$

Dabei ist

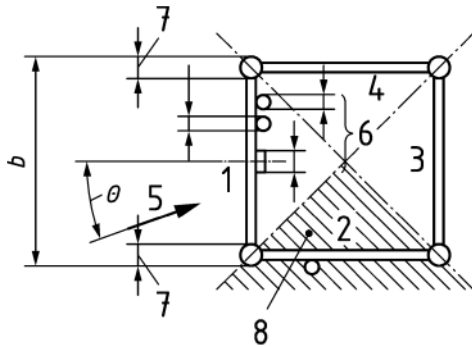
- $c_f$  der Gesamtwindkraftbeiwert innerhalb der Höhe eines Abschnitts (siehe Bild NA.B.1);
- $c_{f,S}$  der Windkraftbeiwert für tragende Bauteile, ermittelt nach Gleichung (NA.B.2) unter Verwendung des Völligkeitsgrades  $\varphi$  (siehe NA.B.2.3.2.1) für das Bauwerk ohne Anbauten;
- $c_{f,A}$  der Windkraftbeiwert für ein Anbauteil, ermittelt nach Gleichung (NA.B.6) oder (NA.B.7) Bei Vorhandensein mehrerer Anbauteile sind die Kraftbeiwerte zu addieren.

- (2) Bei Tragwerken mit rechteckigem oder dreieckigem Grundriss und unterschiedlichen Seitenlängen sowie für Bauwerke mit großen Anbauten wird empfohlen, die Windkraftbeiwerte mit Hilfe von Windkanaluntersuchungen zu ermitteln.

- (3) Wenn die Projektionsflächen der Anbauten nicht mehr als 10 % der Bauteilprojektionsflächen ausmachen, dürfen sie der Projektionsfläche der tragende Bauteile zugeschlagen und die gesamte Windkraft darf nach NA.B.2.3.2 bestimmt werden.

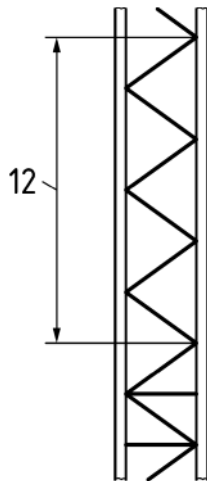
- (4) Windkraftbeiwerte dürfen auch in Windkanalversuchen bestimmt werden. Die Windkanalversuche sind unter Beachtung des WtG-Merkblattes „Windkanalversuche in der Gebäudeaerodynamik“ der Windtechnologischen Gesellschaft e. V. [1] durchzuführen.

- (5) Der Gesamtwindwiderstand darf auf den Wert  $2,1 \cdot A_u$  beschränkt werden. Zur Definition von  $A_u$  siehe NA.B.2.3.2.1

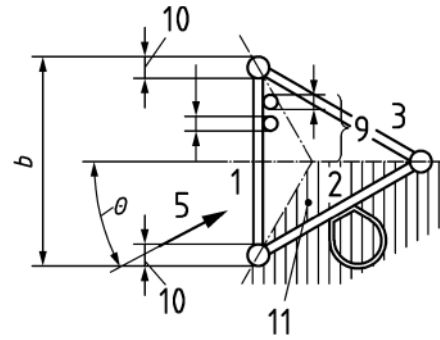


ANMERKUNG Die Ansichtsseite 1 gilt als Windangriffsfläche für  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ .

**a) Fachwerkstrukturen mit quadratischem Querschnitt**

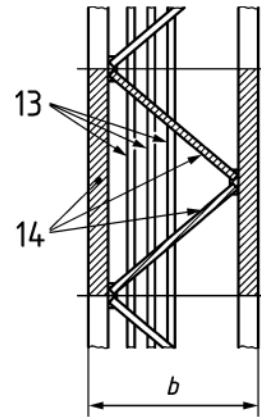


**Schaftabschnitt**



ANMERKUNG Die Ansichtsseite 1 gilt als Windangriffsfläche für  $-60^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ . Eine externe Leiter sollte als individuelles Objekt behandelt werden.

**b) Fachwerkstrukturen mit dreieckigem Querschnitt**



**Detail eines Schaftabschnitts**

**Legende**

- 1 Ansichtsseite 1
- 2 Ansichtsseite 2
- 3 Ansichtsseite 3
- 4 Ansichtsseite 4
- 5 Wind
- 6 Anbauten (Projektion rechtwinklig zur Ansichtsseite 1)
- 7 Eckstiel (Projektion rechtwinklig zur Ansichtsseite)
- 8 Anbauten innerhalb der schraffierten Fläche werden der Ansichtsseite 2 zugeordnet
- 9 Anbauten inklusive Sprossenleitern, Rückenschutz usw. (Projektion rechtwinklig zur Ansichtsseite)
- 10 Eckstiel (Projektion rechtwinklig zur Ansichtsseite)
- 11 Anbauten innerhalb der schraffierten Fläche werden der Ansichtsseite 2 zugeordnet
- 12 Abschnitt des Schaftes
- 13 Anbauten mit der Bezugsfläche  $A_A$
- 14 Teile des Schaftes mit der Bezugsfläche  $A_S$

**Bild NA.B.1 — Definition der Ansichtsseite**

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11****NCI NA.B.2.3.2 Windkraftbeiwerte für den Schaft****NCI NA.B.2.3.2.1 Allgemeines**

(1) Für Fachwerkmaste und Fachwerktürme mit quadratischem oder gleichseitigem dreieckförmigen Querschnitt, die gleiche Bezugsflächen  $A_S$  auf jeder Seite besitzen, ist der Windkraftbeiwert  $c_{f,S}$  des Schaftes eines Abschnitts in Windrichtung folgendermaßen zu bestimmen:

$$c_{f,S} = c_{f,S,0} K_\theta \quad (\text{NA.B.2})$$

Dabei ist

$c_{f,S,0}$  der Kraftbeiwert für den Abschnitt j ohne Berücksichtigung von Endeffekten nach NA.B.2.3.2.2;

$K_\theta$  der Windrichtungsbeiwert.

(2) Der Windrichtungsbeiwert  $K_\theta$  ist wie folgt anzusetzen:

$$K_\theta = 1,0 + K_1 K_2 \sin^2(2\theta) \text{ für Fachwerkstrukturen mit quadratischem Querschnitt} \quad (\text{NA.B.3a})$$

$$K_\theta = \frac{A_c + A_{c,\text{sup}}}{A_S} + \frac{A_f}{A_S} (1 - 0,1 \sin^2(1,5\theta)) \text{ für Fachwerkstrukturen mit dreieckigem Querschnitt} \quad (\text{NA.B.3b})$$

Dabei ist

$$K_1 = \frac{0,55 A_f}{A_S} + \frac{0,8 (A_c + A_{c,\text{sup}})}{A_S} \quad (\text{NA.B.3c})$$

$$K_2 = 0,2 \quad \text{für } 0 \leq \varphi \leq 0,2 \text{ und } 0,8 \leq \varphi \leq 1,0 \quad (\text{NA.B.3d})$$

$$= \varphi \quad \text{für } 0,2 < \varphi \leq 0,5 \quad (\text{NA.B.3e})$$

$$= 1 - \varphi \quad \text{für } 0,5 < \varphi < 0,8 \quad (\text{NA.B.3f})$$

$\theta$  Windrichtungswinkel, bezogen auf die Flächennormale der Ansichtsseite 1, siehe Bild NA.B.1a) oder NA.B.1b);

$\varphi$  Völligkeitsgrad  $\varphi = \frac{A_S}{A_u}$ ; Bei NA.B.2.3.1 (3) gilt sinngemäß  $\varphi = \frac{A_S + A_A}{A_u}$

$A_S$  die Bezugsfläche des Schaftes nach NA.B.2.2 (2);

$A_u$  die Bruttoansichtsseite  $A_u = b h$ ;

$A_f$  die Bezugsfläche der kantigen Bauteile;

$A_c$  die Bezugsfläche der Bauteile mit kreisförmigem Querschnitt, die einer unterkritischen Umströmung ausgesetzt sind;

$A_{c,\text{sup}}$  die Bezugsfläche der Bauteile mit kreisförmigem Querschnitt, die einer überkritischen Umströmung ausgesetzt sind;

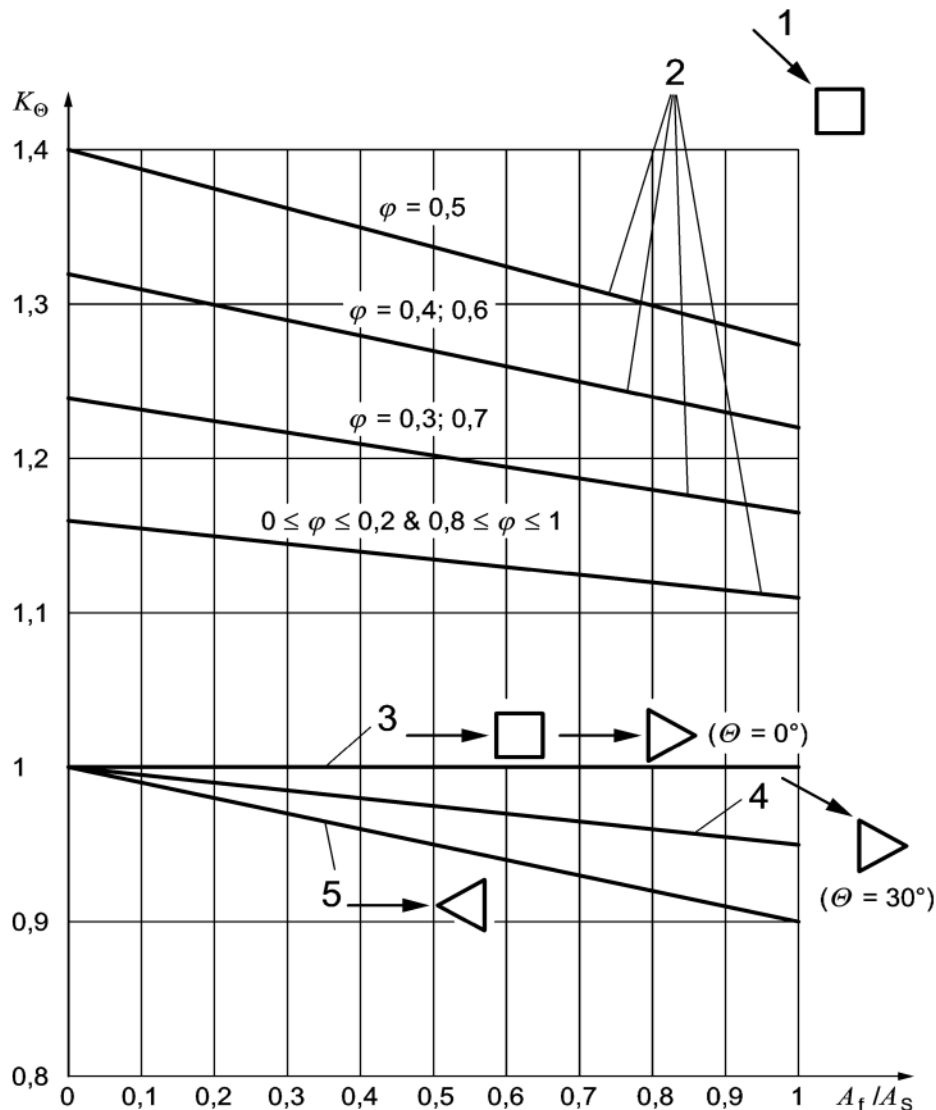
$h$  Höhe des betrachteten Abschnitts;

$b$  Abschnittsbreite nach Bild NA.B.1.

Ohne Vereisung und ohne Anbauten im Sinne von NA.B.2.3.1 (3) gilt:  $A_S = A_f + A_c + A_{c,\text{sup}}$



- (3) Für übliche Windrichtungswinkel kann  $K_{\theta}$  Bild NA.B.2 entnommen werden.
- (4) Der Wert für  $Re$  ist nach DIN EN 1991-1-4:2010-12, 7.9.1 (1) zu bestimmen.
- (5) Wird für einzelne oder alle Bauteile angenommen, dass die Reynoldszahl im überkritischen Bereich liegt, ist nachzuweisen, dass bei geringer Windgeschwindigkeit, bei der  $Re < 4 \times 10^5$  ist, keine größeren Lasten auftreten.
- (6) Für Bauteile mit kreisförmigem Querschnitt darf unterkritische Umströmung angenommen werden, wenn die Reynoldszahl bei  $Re \leq 4 \times 10^5$  liegt; bei größeren Werten von  $Re$  darf überkritische Umströmung angenommen werden, sofern kein Eisansatz vorliegt.



### Legende

- 1 Wind
- 2 Fachwerkstrukturen mit quadratischem Querschnitt, Wind in der Diagonalen ( $\theta = 45^\circ$ )
- 3 Fachwerkstrukturen mit quadratischem oder dreieckigem Querschnitt mit Wind auf eine Ansichtsseite
- 4 Fachwerkstrukturen mit gleichseitig dreieckigem Querschnitt mit Wind parallel zu einer Ansichtsseite
- 5 dreieckige Fachwerkstrukturen mit gleichseitig dreieckigem Querschnitt mit Wind auf eine Ecke ( $\theta = 180^\circ$ )

**Bild NA.B.2 — Windrichtungsbeiwert  $K_{\theta}$**

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11****NCI NA.B.2.3.2.2 Kraftbeiwerte**

(1) Für Fachwerkstrukturen, die aus Bauteilen mit kantigen und kreisförmigen Profilen zusammengesetzt sind, ist der Kraftbeiwert folgendermaßen anzusetzen:

$$c_{f,S,0} = c_{f,0,f} \frac{A_f}{A_S} + c_{f,0,c} \frac{A_c}{A_S} + c_{f,0,c,sup} \frac{A_{c,sup}}{A_S} \quad (\text{NA.B.4})$$

Dabei sind

$c_{f,0,f}$ ,  $c_{f,0,c}$  und  $c_{f,0,c,sup}$  die Kraftbeiwerte für Abschnitte, die aus Bauteilen mit kantigen Profilen, kreisförmigen Profilen in unterkritischer Strömung bzw. kreisförmigen Profilen in überkritischer Strömung zusammengesetzt sind, gemäß:

$$c_{f,0,f} = 1,76 C_1 [1 - C_2 \varphi + \varphi^2] \quad (\text{NA.B.5a})$$

$$c_{f,0,c} = C_1 (1 - C_2 \varphi) + (C_1 + 0,875) \varphi^2 \quad (\text{NA.B.5b})$$

$$c_{f,0,c,sup} = 1,9 - \sqrt{(1-\varphi)(2,8 - 1,14 C_1 + \varphi)} \quad (\text{NA.B.5c})$$

mit:

$C_1 = 2,25$  für Fachwerkstrukturen mit quadratischem Querschnitt

1,9 für Fachwerkstrukturen mit dreieckigem Querschnitt

$C_2 = 1,5$  für Fachwerkstrukturen mit quadratischem Querschnitt

1,4 für Fachwerkstrukturen mit dreieckigem Querschnitt

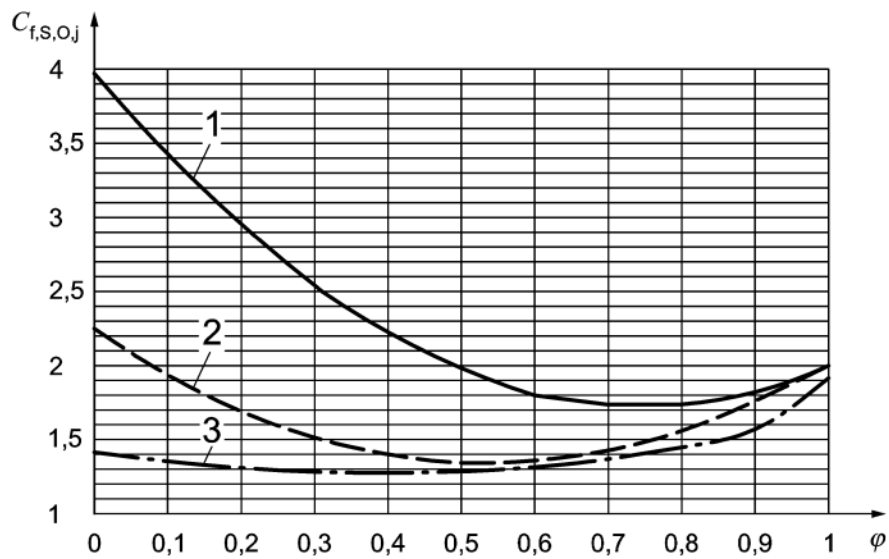
zu bestimmen.

wobei:

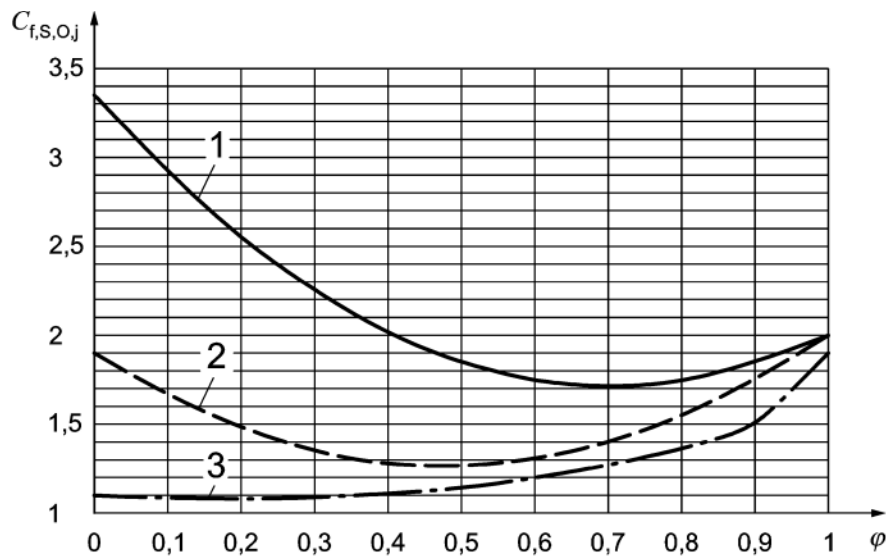
$\varphi$ ,  $A_S$ ,  $A_f$ ,  $A_c$ ,  $A_{c,sup}$  in NA.B.2.3.2.1 angegeben sind.

(2) Für kreisförmige Profile als Bestandteil des Schaftes gilt Tabelle NA.B.1.

(3) Die Kraftbeiwerte  $c_{f,0}$  dürfen ebenso Bild NA.B.3 entnommen werden.



a) Fachwerkstrukturen mit quadratischem Querschnitt



b) Fachwerkstrukturen mit dreieckigem Querschnitt

**Legende**

- 1 kantig
- 2 kreisförmig (unterkritische Strömung)
- 3 kreisförmig (überkritische Strömung)

ANMERKUNG Bei Fachwerkstrukturen mit  $\varphi > 0,6$  ist die Möglichkeit des Auftretens wirbelerregter Querschwingungen für den gesamten Schaft zu berücksichtigen, siehe DIN EN 1991-1-4.

**Bild NA.B.3 — Kraftbeiwerte  $c_{f,s,0}$  für Fachwerkstrukturen mit quadratischem oder dreieckigem Querschnitt**

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11****NCI NA.B.2.3.3 Windkraftbeiwerte für langgestreckte Anbauten**

(1) Die Windkraftbeiwerte  $c_{f,A}$  von langgestreckten Anbauteilen, wie z. B. Steigleitern, Kabeltrassen und Kabelschächten einschließlich Wellenleitern, Antennenkabeln usw., sind innerhalb der Höhe eines Abschnitts folgendermaßen anzusetzen:

$$c_{f,A} = c_{f,A,0} K_A \sin^2 \psi \cdot \frac{A_A}{A_S} \quad (\text{NA.B.6})$$

Dabei ist

$c_{f,A,0}$  der Kraftbeiwert für ein Anbauteil unter Berücksichtigung seiner Reynoldszahl; Werte für übliche alleinstehende Einzelbauteile sind in Tabelle NA.B.1 angegeben;

$K_A$  der Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Abschattung des Anbauteils durch den Schaft, hier ist  $K_A = 0,8$ . Ansonsten gilt:

$K_A=1,0$  für Schafte aus kreisförmigen Profilen in überkritischer Strömung;

$K_A=1,0$  wenn das Anbauteil um mehr als 10 % über die Gesamtbreite  $b$  des Schaftes hinaus ragt;

$K_A=1,0$  wenn die Summe der Bezugsfläche aller Anbauten, die der betrachteten Ansichtsseite des Schaftes zugeordnet sind, größer ist als die Bezugsfläche  $A_S$  des Schaftes dieser Ansichtsseite;

$K_A=1,0$  wenn die Bezugsfläche eines einzelnen Anbauteils, das einer beliebigen Ansichtsseite des Tragwerks zugeordnet ist, größer ist als die halbe Bruttoansichtsseite  $A_u$  des Schaftes der betrachteten Ansichtsseite.

$\psi$  Winkel zwischen der Windrichtung und der Längsachse des Anbauteils, gemessen in der Ebene Windrichtung-Längsachse;  $\psi \leq 90^\circ$

$A_A$  die Projektionsfläche des bei Betrachtung in Windrichtung  $\theta$  sichtbaren Teils, einschließlich Vereisung, sofern zutreffend. Bei Zylindern mit Wendeln sollte der Wert  $A_A$  auf der Gesamtbreite einschließlich der zweifachen Wendelbreite basieren;

$A_S$  siehe NA.B.2.3.2.1 (2).

**ANMERKUNG** Wenn  $A_A$  größer als  $A_S$  ist, ist der Abminderungsbeiwert eher bei  $c_{f,S,0}$  zu berücksichtigen als bei  $c_{f,A}$ . In diesen Fällen gilt:

$$c_{f,S} = K_\theta c_{f,S,0} K_A$$

$$c_{f,A} = c_{f,A,0} \sin^2 \psi$$

(2) Wenn von Bedeutung, ist die Torsionskraft  $T_{AW}$  unter Verwendung des passenden Beiwerts und des maßgeblichen Hebelarms zu berechnen, der in Windkanaluntersuchungen zu bestimmen ist.

Tabelle NA.B.1 — Typische Kraftbeiwerte,  $c_{f,A,0}$  und  $c_{f,G,0}$ , für einzelne Bauteile

Bauteiltyp	Reynoldszahl $Re$ (siehe DIN EN 1991-1-4)	Kraftbeiwert $c_{f,A,0}$ oder $c_{f,G,0}$	
		eisfrei	vereist
(a) Kantige Profile und Bleche	alle Werte	2,0	2,0
(b) Kreisförmige Profile und glatte Drähte	$\leq 2 \times 10^5$	1,2	1,2
	$4 \times 10^5$	0,6	1,0
	$> 10 \times 10^5$	0,7	1,0
(c) Dünne Spiralseile, z. B. Aluminiumtragseile mit Stahlkern, vollverschlossene Spiralseile, Stahlschiralseile mit mehr als sieben Drähten	$\leq 6 \times 10^4$	1,2	–
	$\geq 10^5$	0,9	–
	$\leq 1 \times 10^5$	–	1,25
	$\geq 2 \times 10^5$	–	1,0
(d) Dicke Spiralseile, z. B. kleine Rundlitzenseile, Stahllitzenbündel, Spiralseile mit nur sieben Drähten (1 × 7)	$\leq 4 \times 10^4$	1,3	–
	$> 4 \times 10^4$	1,1	–
	$\leq 1 \times 10^5$	–	1,25
	$\geq 2 \times 10^5$	–	1,0
(e) Zylinder mit Wendeln mit einer Höhe bis zu $0,12D$	alle Werte	1,2	1,2

**Es bedeutet:**  
 $D$  Durchmesser des Zylinders  
Für Zwischenwerte von  $Re$  darf  $c_{f,A,0}$  linear interpoliert werden.  
Werte in Zeile (e) basieren auf der Gesamtbreite, in der die zweifache Wendelbreite berücksichtigt ist.  
Die Werte für vereiste Bauteile gelten für Klar- oder Glatteis; bei Raueis sind besondere Überlegungen erforderlich (siehe ISO 12494).  
Weitere Kraftbeiwerte und die zugehörigen Bezugsflächen dürfen DIN EN 1991-1-4 entnommen werden. Vereisung ist hierbei zu berücksichtigen, sofern zutreffend.

**NCI NA.B.2.3.4 Windkraftbeiwerte für einzelne kompakte Anbauten**

(1) Für alle einzelnen kompakten Anbauten, wie z. B. Parabolantennen, ist der Windkraftbeiwert  $c_{f,A}$  in Windrichtung folgendermaßen anzusetzen:

$$c_{f,A} = c_{f,A,0} K_A \frac{A_A}{A_S} \quad (\text{NA.B.7})$$

Dabei ist

$c_{f,A,0}$  der Kraftbeiwert für ein Anbauteil für die betrachtete Windrichtung und Windgeschwindigkeit; er ist mit Hilfe von Windkanalversuchen zu ermitteln, die üblicherweise vom Hersteller durchgeführt werden;

$K_A$  wie in NA.B.2.3.3 definiert;

$A_A$  die verwendete Bezugsfläche, auf die sich der vom Hersteller ermittelte Kraftbeiwert  $c_{f,A,0}$  bezieht;

$A_S$  siehe NA.B.2.3.2.1(2).

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11**

Für die Bestimmung des Abminderungsbeiwertes zur Berücksichtigung der Abschattung  $K_A$  ist stets die nach Abschnitt NA.B.2.2 definierte Bezugsfläche zu verwenden.

(2) Die Windkraftbeiwerte für Quertrieb und Auftrieb,  $c_{f,A,x}$  und  $c_{f,A,z}$ , sind analog zu  $c_{f,A}$  zu ermitteln; falls keine Windkraftbeiwerte für Quertrieb und Auftrieb vorliegen, ist hierzu  $c_{f,A}$  zu verwenden, wobei die jeweilige Richtung orthogonal zur mittleren Windrichtung anzunehmen ist.

(3) Wenn von Bedeutung, ist die Torsionskraft  $T_{AW}$  unter Verwendung des passenden Beiwertes und des maßgeblichen Hebelarms zu berechnen, der ggf. in Windkanaluntersuchungen zu bestimmen ist.

**NCI NA.B.2.3.5 Windbelastung für nicht symmetrische Türme und Maste oder Türme und Maste mit komplexen Anbauten**

(1) Bei nicht symmetrischen Türmen und Masten oder Türmen und Masten, die große, nicht symmetrisch angeordnete Anbauten und/oder Seile enthalten, die Torsionslasten und Windlasten quer zur Windrichtung hervorrufen, müssen die Gesamtkräfte infolge der Windlasten für die kombinierte Einwirkung von Wind auf einzelne Teile, gegebenenfalls in Windrichtung und quer zur Windrichtung, berücksichtigt werden.

(2) Turbulenz quer zur Windrichtung verursacht auch bei symmetrisch ausgebildeten Fachwerkstrukturen schwankende Windlasten quer zur Windrichtung; jedoch ist die Auswirkung dieser Lasten nicht relevant für die maßgeblich beanspruchten Bauteile, außer für Ermüdung.

**NCI NA.B.2.3.6 Windkraftbeiwerte für Abspannseile**

(1) Der Windkraftbeiwert  $c_{f,G}$  rechtwinklig zu den Abspannseilen, bezogen auf die Ebene, die durch das Seil und den Wind gebildet wird, ist wie folgt anzusetzen:

$$c_{f,G} = c_{f,G,0} \sin^2 \psi \quad (\text{NA.B.8})$$

Dabei ist

$c_{f,G,0}$  der Reynoldszahl-abhängige Kraftbeiwert; Werte dafür sind in Tabelle NA.B.1 sowohl ohne als auch mit Eisansatz angegeben;

$\psi$  der Winkel des Windeinfalls zur Sehne.

Der Windwiderstand der Isolatoren der Abspannseile ist ggf. zu berücksichtigen.

**NCI NA.B.2.3.7 Windkraftbeiwerte bei Vereisung**

(1) Bei der Ermittlung des Windwiderstandes eines Bauwerks und der Anbauten bei Eisansatz ist jedes Bauteil, Anbauteil und Abspannseil als allseitig mit Eis bedeckt anzusetzen.

(2) Falls die Spaltbreiten zwischen Elementen im eisfreien Zustand kleiner als 75 mm sind, ist anzunehmen, dass diese Spalten durch Eisansatz geschlossen werden.

(3) Kraftbeiwerte von einzelnen Bauteilen sind Tabelle NA.B.1 zu entnehmen.

(4) Ein nicht symmetrischer Eisansatz, bei dem einige Abspannseile vereist und andere eisfrei sind, ist zu berücksichtigen (siehe Anhang NA.C).

(5) Die durch den Eisansatz vergrößerte Windangriffsfläche ist zu berücksichtigen.

(6) Die Kraftbeiwerte  $c_{f,0,f}$ ,  $c_{f,0,c}$  und  $c_{f,0,c,sup}$  für vereiste Fachwerkstrukturen dürfen gemäß NA.B.2.3.2.2 bestimmt werden, wobei diese im Falle der Vereisung mit dem Faktor

1,0 für Fachwerkstrukturen mit quadratischem oder dreieckigem Querschnitt mit kantigen Bauteilen

1,0 für dreieckige und quadratische Fachwerkstrukturen mit kreisförmigen Bauteilen bei  $Re \leq 2 \times 10^5$

1,6 für dreieckige und quadratische Fachwerkstrukturen mit kreisförmigen Bauteilen bei  $Re = 4 \times 10^5$

1,4 für dreieckige und quadratische Fachwerkstrukturen mit kreisförmigen Bauteilen bei  $Re \geq 10 \times 10^5$

zu multiplizieren sind. Für Zwischenwerte von  $Re$  darf linear interpoliert werden.

### NCI NA.B.3 Böenreaktion von Gittertürmen

#### NCI NA.B.3.1 Bedingungen für die Anwendung statischer Verfahren

(1) Das statische Ersatzlastverfahren, siehe NA.B.3.2, darf angewendet werden, wenn die Bedingungen in NA.B.3.1(3) erfüllt sind, ansonsten sind genauere Verfahren wie z. B. das Spektralverfahren, ausgehend von DIN EN 1991-1-4, anzuwenden.

(2) Das statische Ersatzlastverfahren berücksichtigt eine dynamische Überhöhung der Bauwerksantwort.

(3) Das statische Ersatzlastverfahren darf angewendet werden, wenn die Bedingung in (NA.B.12) erfüllt ist.

$$\frac{7m_T}{\rho_s c_{f,T} A_T \sqrt{d_B \tau_o}} \left( \frac{5}{6} - \frac{h_T}{H} \right)^2 < 1 \quad (\text{NA.B.12})$$

Dabei ist

$c_{f,T} A_T$  die Summe des Windwiderstandes (einschließlich Außenanbauteile) der einzelnen Abschnitte, beginnend von der Turmspitze, so dass  $c_{f,T} A_T$  gerade kleiner ist als ein Drittel von  $\Sigma c_{f,T} A_T$  für den gesamten Mast (in  $m^2$ );

$\rho_s$  die Dichte des Werkstoffes der Konstruktion (in  $kg/m^3$ );

$m_T$  die Gesamtmasse der Abschnitte im Bereich von  $c_{f,T}$  (in kg);

$H$  die Turmhöhe (in m);

$h_T$  die Höhe der Abschnitte im Bereich von  $c_{f,T}$ , jedoch nicht größer als  $H/3$  (in m);

$\tau_o$  die Volumen-/Widerstandskonstante, anzusetzen mit 0,001 m;

$d_B$  die Tiefe in Windrichtung, anzusetzen mit:

- Seitenlänge des Grundrisses des Schafffußes für quadratische Gittertürme (in m);
- $0,75 \times$  Seitenlänge des Grundrisses des Schafffußes für dreigurtige Türme (in m).

#### NCI NA.B.3.2 Statisches Ersatzlastverfahren

##### NCI NA.B.3.2.1 Allgemeines

(1) Bei symmetrischen Türmen, die mit Gurtstäben mit dreieckigen Ausfachungen konstruiert sind, mit oder ohne Anbauten, für die die Windkraft nach NA.B.2 berechnet worden ist, ist die maximale Schnittkraft im Bauteil nach NA.B.3.2.2.1 bis NA.B.3.2.2.3 zu bestimmen.

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11**

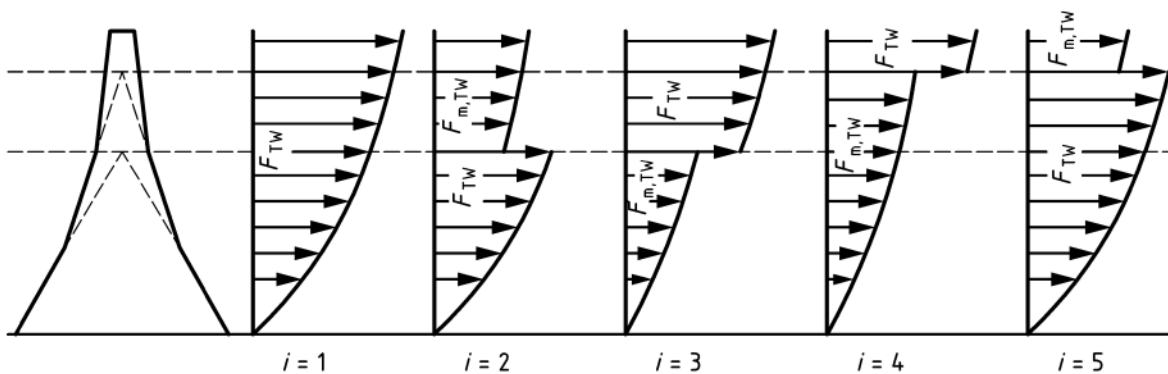
Bei symmetrischen, dreieckigen und quadratischen Türmen sind die Windlasten quer zur Windrichtung nicht maßgebend für die Bemessung und dürfen folglich vernachlässigt werden. Bei unsymmetrischen Gittertürmen sind diese Lasten zu berücksichtigen.

**NCI NA.B.3.2.2 Windkraft****NCI NA.B.3.2.2.1 Allgemeines**

(1) Die maximale Windkraft auf den Gitterturm in Windrichtung ist nach DIN EN 1991-1-4:2010-12, 5.3 zu bestimmen unter Verwendung der in diesem Anhang in NA.B.2 angegebenen Windkraftbeiwerte.

(2) Der Einfluss böenerregter Schwingungen darf bei freistehenden Türmen mit einer statischen Ersatzlast erfasst werden. Die statische Ersatzlast ist bei Türmen mit konstanten Eckstielneigungen nach Bild NA.B.4 Lastfall 1 anzusetzen.

(3) Bei Türmen mit veränderlicher Eckstielneigung können durch örtlich begrenzte Böen ungünstigere Beanspruchungen als unter Volllast auftreten. Diese werden durch die Lastfälle  $i = 2$  bis  $n$  nach Bild NA.B.4 erfasst.



**Bild NA.B.4 — Lastfälle für Gittertürme**

(4) Die mittlere Windlast in Windrichtung auf den Gitterturm  $F_{m,W}(z)$  ist in der Regel folgendermaßen anzusetzen:

$$F_{m,TW}(z) = q_m(z) \cdot c_f \cdot A_S \quad (\text{NA.B.13a})$$

(5) Die äquivalente Böenwindkraft in Windrichtung auf den Gitterturm  $F_{TW}(z)$  ist in der Regel zu ermitteln aus:

$$F_{TW}(z) = q_p(z) \cdot c_f \cdot A_S \cdot c_s c_d \quad (\text{NA.B.13b})$$

Dabei ist

$q_m(z)$  mittlerer Geschwindigkeitsdruck in der Höhe  $z$  über Grund,  $q_m(z) = \frac{\rho}{2} \cdot v_m^2(z)$ ;

$q_p(z)$  Böengeschwindigkeitsdruck in der Höhe  $z$  über Grund nach DIN EN 1991-1-4;

$c_s c_d$  der Strukturbeiwert nach DIN EN 1991-1-4:2010-12, 6.3; Die Bezugshöhe zur Bestimmung des Strukturbeiwertes darf zu  $z_s = 0,6 h$  angesetzt werden, wobei  $h$  die Gesamthöhe des Gitterturmes ist.



(6) Für die Bemessung der Eckstiele ist die Beanspruchung  $S$  in einem Bauteil mit einem Faktor zu erhöhen.

$$S_{\max}(z_m) = S(z_m) \cdot \left[ 1 + 0,1 \cdot (z_m / h)^2 \right] \quad (\text{NA.B.13d})$$

Dabei ist

$z_m$  die Höhe der Schnittfläche über Grund, für die die Beanspruchung ermittelt wird;

$h$  die Gesamthöhe des Gitterturms.

(7) Die laterale Turbulenz bedeutet auch für symmetrisch ausgebildete Gittertürme schwankende Windlasten quer zur Windrichtung; jedoch ist die Auswirkung dieser Lasten üblicherweise nicht relevant für die maßgebend beanspruchten Bauteile, außer für Ermüdung.

#### NCI NA.B.3.2.2.2 Belastung von Seilen, die vom Turm gestützt werden

(1) Die maximale Windkraft  $F_{c/GW}(z)$  auf Seile in Windrichtung ist wie folgt anzusetzen:

$$F_{c/GW}(z) = q_p(z) \cdot c_{f,G} \cdot A_G \cdot c_{s,c_d} \quad (\text{NA.B.14a})$$

Dabei ist

$c_{f,G}$  der Windkraftbeiwert des Seils in Windrichtung, ermittelt nach NA.B.2.3.6;

$A_G$  die Ansichtsseite des Seils;

$c_{s,c_d}$  der Strukturbeiwert nach DIN EN 1991-1-4.

#### NCI NA.B.3.2.2.3 Belastung zur Bestimmung von Durchbiegungen und Verdrehungen

(1) Verformungen und Verdrehungen brauchen in der Regel nur den Anforderungen für die Gebrauchstauglichkeit zu genügen. Die Gebrauchstauglichkeitskriterien sind vom Kunden in der Bauausschreibung festzulegen (siehe DIN EN 1993-3-1:2010-12, 7.2.2).

#### NCI NA.B.3.3 Wirbelerregte Schwingungen quer zur Windrichtung

(1) Falls Gittertürme große zylindrische Körper tragen oder sich durch starken Eisansatz derart zusetzen können, dass wirbelerregte Querschwingungen möglich sind, so sind diese nach DIN EN 1991-1-4 zu berechnen.

### NCI NA.B.4 Dynamische Antwort abgespannter Masten

#### NCI NA.B.4.1 Allgemeines

(1) Die maximalen Kräfte für die Bemessung von Mastbauteilen und -fundamenten sind unter Berücksichtigung der Bauwerksantwort auf die Turbulenz des natürlichen Windes zu berechnen.

(2) Diese Kräfte sollten die Auswirkungen auf eine äquivalente, statische Belastung durch einen Wind, der mit der mittleren 10-Minuten-Windgeschwindigkeit und nur aus der Windrichtung weht, und die schwankenden Lastanteile infolge Böen in Windrichtung und wenn maßgebend quer zur Windrichtung, erfassen.

#### NCI NA.B.4.2 Bedingungen für statische Verfahren

(1) Im Allgemeinen können statische Verfahren zur Ermittlung der maximalen Beanspruchungen der Bauteile eines Mastes verwendet werden (siehe NA.B.4.3). Nur bei Masten, die zu ausgeprägten dynamischen Reaktionen neigen, ist es notwendig, dynamische Antwortberechnungen durchzuführen (siehe NA.B.4.4).

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11**

(2) Die Bemessung von Masten, deren Versagen sehr schwere Folgen hätte (Zuverlässigkeitsklasse 3), sollte immer mit dynamischen Antwort-Berechnungen überprüft werden.

(3) Die folgenden Kriterien sind zu erfüllen, damit statische Verfahren angewendet werden können:

a) für den Parameter  $\beta_s$  gilt:

$$\beta_s = \frac{4 \left( \frac{E_m I_m}{L_s^2} \right)}{\left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_{Gi} H_{Gi} \right)} \leq 1 \quad (\text{NA.B.18a})$$

mit:

$$K_{Gi} = 0,5 N_i A_{Gi} E_{Gi} \cos^2 \alpha_{Gi} / L_{Gi} \quad (\text{NA.B.18b})$$

Dabei ist

- $N$  die Anzahl der Abspannebenen;
- $A_{Gi}$  die Querschnittsfläche des Seils auf Abspannebene  $i$ ;
- $E_{Gi}$  der Elastizitätsmodul des Seils auf Abspannebene  $i$ ;
- $L_{Gi}$  die Länge des Seils auf Abspannebene  $i$ ;
- $N_i$  Anzahl der Seile auf Abspannebene  $i$ ;
- $H_{Gi}$  Höhe der Abspannebene  $i$  über dem Mastfuß;
- $\alpha_{Gi}$  Winkel der Sehne der Seile auf Abspannebene  $i$  mit der Horizontalen;
- $E_m$  Elastizitätsmodul des Mastes;
- $I_m$  durchschnittliches Trägheitsmoment des Mastes;
- $L_s$  durchschnittliche Spannweite des Mastes zwischen den Abspannebenen.

b) für den Parameter  $Q$  gilt:

$$Q = \frac{1}{30} \sqrt[3]{\frac{H V_H}{D_o}} \sqrt{\frac{m_o}{H R}} \leq 1 \quad (\text{NA.B.18c})$$

Dabei ist

- $m_o$  die durchschnittliche Masse je Längeneinheit des Mastes einschließlich Anbauten in kg/m;
- $D_o$  die durchschnittliche Breite der Ansichtsseite des Mastes in m;
- $V_H$  die mittlere Windgeschwindigkeit  $V_e$  auf Höhe der Mastspitze in m/s;
- $H$  die Höhe des Mastes einschließlich des Kragarms, falls vorhanden, in m.
- $R$  der durchschnittliche Wert des Produkts aus dem Gesamtwindkraftbeiwert  $c_f$  und der Bezugsfläche  $A_S$  nach NA.B.2.3.2.1 (2) in  $\text{m}^2/\text{m}$ ;

(4) Falls eines der Kriterien in (3) nicht erfüllt ist, ist das Spektralverfahren (siehe NA.B.4.4) anzuwenden.

## NCI NA.B.4.3 Statische Ersatzlast-Verfahren

### NCI NA.B.4.3.1 Allgemeines

(1) Um die dynamische Antwort von Masten auf Windbelastung zu berücksichtigen, muss der Mast für eine Reihe von statischen Windlastfällen mit ungleichmäßigen Feldbelastungen untersucht werden; dies geschieht auf der Grundlage der mittleren Windlast, die um zusätzliche Feldbelastungen vergrößert wird. Diese Vorgehensweise erfordert für jede betrachtete Windrichtung zahlreiche statische Windberechnungen, wobei die Ergebnisse kombiniert werden müssen, um die Maximalantwort zu bestimmen.

(2) Bei Masten mit symmetrischem Querschnitt mit dreieckiger Ausfachung, sowohl ohne Anbauten als auch mit symmetrisch zur betrachteten Windrichtung angeordneten Anbauten, die vermutlich nicht dynamisch anfällig sind, sind die maximalen Kräfte nach NA.B.4.3.2 zu ermitteln.

### NCI NA.B.4.3.2 Zu berücksichtigende Lastfälle

#### NCI NA.B.4.3.2.1 Mittlere Windbelastung

(1) Die Windlast  $F_{m,W}$  auf den Mastschaft in Windrichtung infolge der mittleren Windgeschwindigkeit ist wie folgt anzusetzen:

$$F_{m,W}(z) = q_m(z) \cdot c_f(z) \cdot A_S(z) \quad (\text{NA.B.19})$$

Dabei ist

$c_f(z)$  der Gesamtwindkraftbeiwert des Bauwerks über das betrachtete Segment in Windrichtung in Höhe  $z$  in m über Grund innerhalb des betrachteten Abschnitts, ermittelt nach NA.B.2.3.

(2) Diese Lasten sollten in der Mitte der Ansichtsseite des jeweiligen Abschnittes (einschließlich vorhandener Anbauten) wirkend angesetzt werden.

(3) Die Windbelastung  $F_{m,WG}(z)$  auf Abspannseile infolge der mittleren Windgeschwindigkeit ist in der Seil-Wind-Ebene normal zum Abspannseil wie folgt anzusetzen:

$$F_{m,WG}(z) = q_m(z) \cdot c_{f,G}(z) \cdot A_G \quad (\text{NA.B.20})$$

Dabei ist

$c_{f,G}(z)$  der Windwiderstandsbeiwert des betrachteten Abspannseils, ermittelt nach NA.B.2.3.6;

$A_G$  die Ansichtsseite des Seils.

(4) Es darf eine konstante Streckenbelastung verwendet, wenn  $q_m(z)$  auf der Windgeschwindigkeit in 2/3 der Höhe des jeweiligen Seilanschlusses am Mast basiert.

(5) Die Beanspruchung  $S_m$  infolge des mittleren Windes ist für jedes Bauteil des Mastes durch eine nicht-lineare statische Berechnung unter der mittleren Belastung  $F_{m,W}$  und  $F_{GW}$  zu ermitteln.

#### NCI NA.B.4.3.2.2 abschnittsweise Böenwindlasten

(1) Zusätzlich zu der mittleren Belastung nach NA.B.4.3.2.1 sind nacheinander verschiedene zusätzliche Lastfälle mit den abschnittswisen Böenwindlasten wie folgt anzusetzen:

- in jedem Feld des Mastschaftes zwischen benachbarten Abspannebenen (und in dem Feld zwischen Mastfuß und der ersten Abspannebene);
- gegebenenfalls über dem Kragarm;

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11**

- von Mittelpunkt zu Mittelpunkt benachbarter „Felder“;
- von der Mitte des Feldes zwischen der vorletzten und der obersten Abspannebene, falls darüber kein auskragender Teil vorhanden ist, ansonsten gegebenenfalls einschließlich des Kragteils.

(2) Diese Lastfälle  $i \geq 2$  sind in Bild NA.B.5 dargestellt. Die feldweise Belastung ist wie folgt zu berechnen:

$$F_w(z) = q_p(z) c_f(z) A_S(z) \quad (\text{NA.B.21})$$

für die Böenwindlast auf dem Kragarm im Lastfall  $i = 5$  gilt:

$$F_{w,c_s c_d}(z) = q_p(z) c_f(z) A_S(z) c_s c_d \quad (\text{NA.B.22})$$

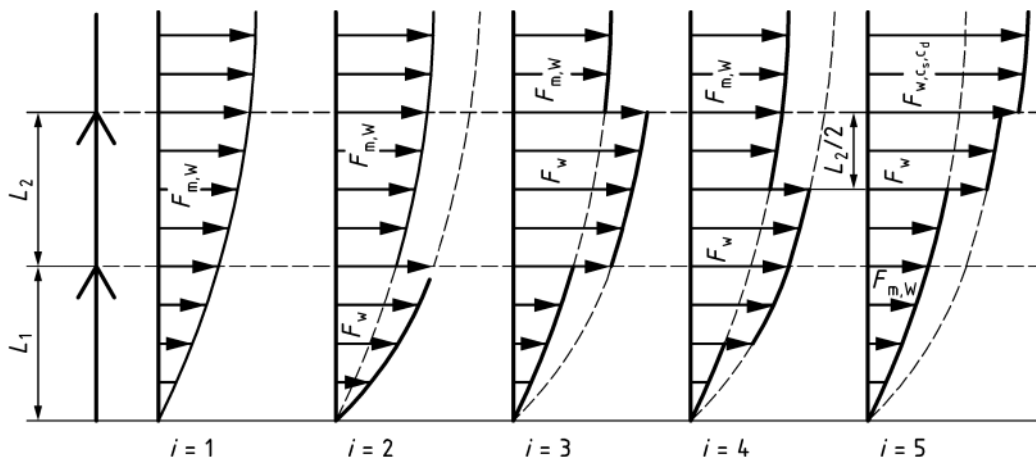
Dabei ist

$c_f(z)$  nach NA.B.4.3.2.1;

$c_s c_d$  Strukturbeiwert nach DIN EN 1991-1-4:2010-12. Als Bezugshöhe  $z_s$  ist die Höhe bis zur obersten Abspannebene zuzüglich dem 0,6-fachen der Kragarmlänge anzusetzen.

Zur Vereinfachung dürfen konstante feldweise Belastungen verwendet werden, indem als Bezugshöhe  $z$  das obere Ende der feldweisen Belastung zur Ermittlung von  $I_V(z)$  und  $q_p(z)$  benutzt wird.

Die Berechnung der für den Strukturbeiwert  $c_s c_d$  erforderlichen Eigenfrequenz  $n_1$  des Kragarmes kann näherungsweise nach Abschnitt NA.B.4.8 erfolgen.



**Bild NA.B.5 — Ansatz der feldweisen Belastung**

(3) Für Maste mit einer Höhe bis zu 50 m braucht nur der Fall mit einer den ganzen Mast einhüllenden Böenwindlast berücksichtigt zu werden.

In diesen Fällen ist die Querkraftausfachung in jedem Feld für die maximale Querkraft (und die zugehörige Torsion) in dem Feld zu bemessen.

In diesen Fällen sind die Stiele und die Anschlüsse in den Feldern für die maximale (und minimale) Belastung des Stiels in diesem Feld zu bemessen.

Falls in diesen Fällen der Mast einen Kragarm besitzt, dann sind

- (i) Böenwindlast auf den Kragarm und mittlere Windbelastung auf den Mast und
- (ii) mittlere Windbelastung auf den Kragarm und Böenwindlast auf den Mast zu berücksichtigen.

**NCI NA.B.4.3.2.3 Beanspruchung der Abspannseile**

(1) Die Abspannseile dürfen für alle Lastfälle  $i$  nur mit der mittleren Windlast beaufschlagt werden. Diese darf konstant über die Seillänge angenommen werden. Hierbei ist die mittlere Windgeschwindigkeit in  $2/3$  der Höhe der Abspannebene zu verwenden.

(2) Für die Bemessung der Abspannseile und der Anschlusskonstruktion sind die Beanspruchungen wie folgt zu bestimmen:

$$S_d = S_\gamma - S_0 + 1,3 \cdot S_0 = S_\gamma + 0,3 \cdot S_0 \quad (\text{NA.B.24})$$

Mit  $S_\gamma$ : Beanspruchung infolge äußerer Last und Vorspannung;

$S_0$ : Beanspruchung nur infolge Vorspannung und Eigengewicht.

**NCI NA.B.4.3.2.4 Bestimmung der Bauwerksbeanspruchung**

Zur Bestimmung der Beanspruchung unter Böenbelastung sind die Schnittgrößen  $S$  aus den Lastfällen nach Bild NA.B.5 wie folgt zu bestimmen.

$$S = S_m \pm S_p \quad (\text{NA.B.25})$$

Mit  $S_m$ : Schnittkräfte unter mittlerer Windlast (Lastfall 1);

$S_p$ : Schnittkräfte infolge der fluktuierenden Windlastanteile.

$$S_p = \sqrt{\sum_{i=2}^N (S_i - S_m)^2} \quad (\text{NA.B.26})$$

Dabei sind:

$S_i$  Beanspruchungen aus den Lastfällen  $i > 1$  nach Bild NA.B.5;

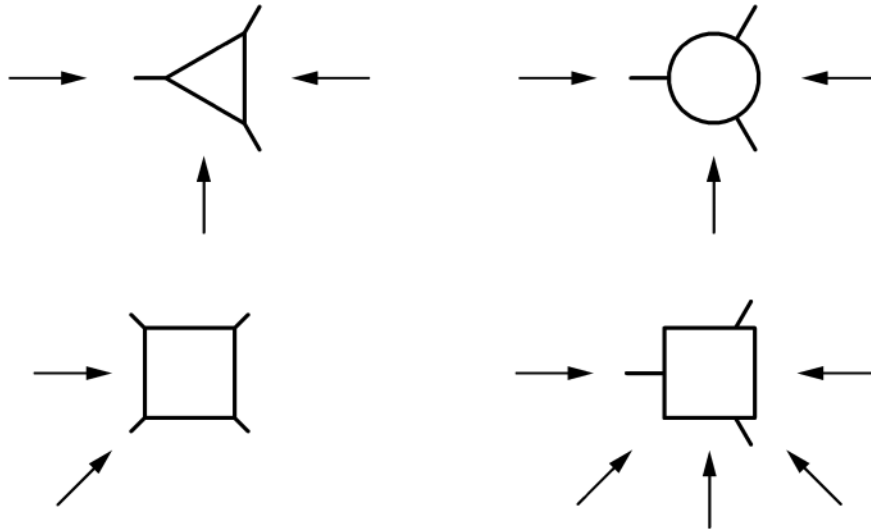
$N$  Gesamtzahl der erforderlichen Lastfälle.

Für die Bemessung ist mindestens der Größtwert der in den äußeren Viertelpunkten des betrachteten Feldes zwischen zwei Abspannebenen wirkenden Querkräfte anzusetzen.

**NCI NA.B.4.3.2.5 Zu berücksichtigende Windrichtungen**

(1) Für jedes Bauteil des Mastes ist die Windrichtung zu berücksichtigen, die zu der ungünstigsten Überlagerung der Beanspruchungen führt. Das bedeutet in der Praxis, dass mehrere Windrichtungen zu untersuchen sind.

(2) Falls der Mast nahezu symmetrisch in Geometrie und Belastung ist, sollten bei in drei Richtungen abgespannten dreieckigen Masten mindestens drei Windrichtungen untersucht werden, d. h. die Richtungen  $90^\circ$ ,  $60^\circ$  und  $30^\circ$  zu einer Fachwerkwand. Bei einem Mast mit quadratischem Querschnitt, der in vier Richtungen abgespannt ist, sollten mindestens zwei Richtungen betrachtet werden: nämlich die Richtungen  $90^\circ$  und  $45^\circ$  zu einer Fachwerkwand. Beispiele sind in Bild NA.B.6 dargestellt.

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11****Bild NA.B.6 — Typische zu berücksichtigende Windrichtungen****NCI NA.B.4.3.2.6 Belastung zur Berechnung der Verformungen und Verdrehungen**

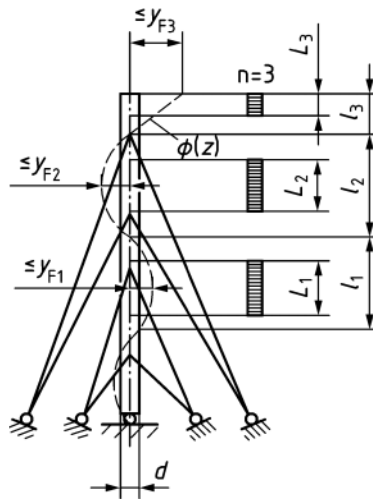
(1) Verformungen brauchen in der Regel nur den Gebrauchstauglichkeitsanforderungen zu genügen. Die Gebrauchstauglichkeitskriterien sind vom Kunden in der Projektausschreibung zu definieren (siehe DIN EN 1993-3-1:2010-12, 7.2.2).

**NCI NA.B.4.4 Spektralverfahren**

- (1) Die Berechnung der Antwort darf mittels des Spektralverfahrens auf Basis von DIN EN 1991-1-4 erfolgen.
- (2) Der Hintergrundanteil darf auch bestimmt werden, indem die statische Vorgehensweise (siehe NA.B.4.3.2) angewendet wird. Es sollte  $k_s = 2,95$  angewendet werden.
- (3) Die Antwort sollte für alle Schwingungsformen, die Eigenfrequenzen von weniger als 2 Hz aufweisen, berechnet werden.

**NCI NA.B.4.5 Wirbelerregte Querschwingungen****NCI NA.B.4.5.1 Allgemeines**

- (1) Falls abgespannte Maste große zylindrische Körper tragen oder sich Gitterstrukturen durch starken Eisansatz derart zusetzen können, dass wirbelerregte Querschwingungen möglich sind, so sind diese nach DIN EN 1991-1-4 zu berechnen.
- (2) Bei abgespannten Masten darf die Anzahl der gleichzeitig zu berücksichtigenden Bereiche phasengleicher Wirbelerregung auf ungünstige  $n = 3$  begrenzt werden (siehe Bild NA.B.7).



**Bild NA.B.7 — Beispiel für die Wirklänge  $L_j$  bei angespannten Masten**

(3) Bei abgesetzten Kreiszyllindern gibt es der Anzahl  $n$  der Durchmesserabstufungen entsprechend  $n$  kritische Windgeschwindigkeiten. Mit nur einer kritischen Windgeschwindigkeit darf gerechnet werden, wenn die Änderung der Durchmesser benachbarter Schüsse kleiner als 20 % und die Schusslänge mit konstantem Durchmesser größer als  $4 \cdot d$  ist. Dabei ist als maßgebender Durchmesser der Durchmesser in  $5/6$  der Bauwerkshöhe anzunehmen.

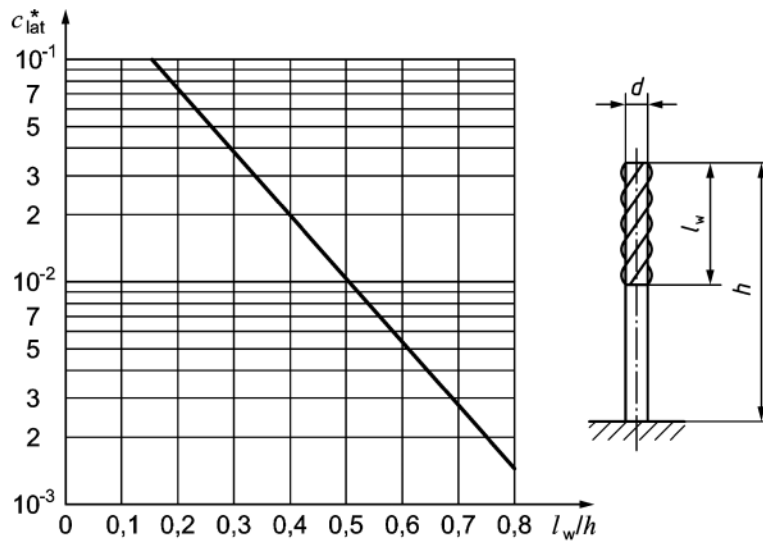
#### **NCI NA.B.4.5.2 aerodynamische Maßnahmen gegen wirbelerregte Querschwingungen**

(1) Schraubenwendeln bewirken eine Störung der regelmäßig sich ablösenden Wirbel, wodurch die Erregerkräfte verringert werden. Am wirksamsten sind die Wendeln, wenn sie wie folgt ausgeführt werden:

- Dreigängig,
- Ganghöhe  $h_w = 4,5 \cdot d$  bis  $5 \cdot d$ ,
- Wendeltiefe  $t = 0,10 \cdot d$  bis  $0,12 \cdot d$ .

(2) Die Abnahme des Grundwertes  $c_{lat,0}$  mit zunehmender Wendellänge  $l_w$  ist aus Bild NA.B.8 zu ersehen und ist unabhängig von der Reynoldszahl. Für den Wirklängenfaktor ist dabei  $K_w = 1$  anzunehmen. Die Wendel beginnt an der Bauwerksspitze. Es ist zulässig, die Wendel auch um das Maß  $1,0 \cdot d$  bis  $1,5 \cdot d$  unterhalb der Bauwerksspitze beginnen zu lassen. Sie muss mindestens über einem Bereich  $l_w = 0,15 \cdot h$  angeordnet werden. Die Wirkung der Wendel nimmt mit kleiner werdender Scrutonzahl ab. Bild NA.B.8 ist gültig für  $Sc \geq 8$ .

## DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11



**Bild NA.B.8 — Grundwert  $c_{lat,0}$  des aerodynamischen Erregerkraftbeiwertes in Abhängigkeit von der Wendellänge  $l_w$  (gültig für  $Sc \geq 8$ )**

(3) Für andere aerodynamische Maßnahmen ist ein gesonderter Nachweis zu führen (z. B. Windkanalversuch).

#### NCI NA.B.4.6 Seilschwingungen

(1) Die Abspannseile des Mastes sollten für hochfrequente, wirbelerregte Querschwingungen und Galloping, insbesondere wenn sich an den Abspannseilen Eisansatz gebildet hat, wie folgt nachgewiesen werden:

##### a) Wirbelerregung

Abspannseile können bei niedrigen Windgeschwindigkeiten Resonanzschwingungen mit kleiner Amplitude vollführen, die durch Wirbelablösung mit hohen Frequenzen verursacht werden.

Da eine Anregung höherer Schwingungsformen auftreten kann, können allgemeine Regeln nicht festgelegt werden. Jedoch treten solche Schwingungen erfahrungsgemäß dann auf, wenn die Vorspannkraft in den Abspannseilen bei Windstille mehr als 10 % der Bruchlast überschreiten.

##### b) Galloping (einschließlich Regen-Wind-induzierter Schwingungen)

Abspannseile können Galloping-Schwingungen vollführen, wenn sie mit Eis oder dickem Schmierfett bedeckt sind. Eis- oder Schmiermittelansatz kann eine aerodynamische Form erzeugen, die Instabilitäten hervorruft. Dies führt zu Schwingungen mit großen Amplituden bei kleinen Frequenzen. Das Auftreten ähnlicher Schwingungen bei Regen ist bekannt.

Auch hier können keine allgemein gültigen Regeln angegeben werden, da das Auftreten von Galloping-Schwingungen stark von der Eisbildung oder vom Schmierfettprofil abhängt. Im Allgemeinen tritt Galloping bei Seilen mit großen Durchmessern auf und ist relativ unempfindlich gegenüber Vorspannung, siehe DIN EN 1993-1-11:2010-12, 8.3.

(2) Falls Schwingungen beobachtet werden, sind Schwingungsdämpfer oder Spoiler anzuordnen, um die Spannungsspiele auf das geforderte Maß zu beschränken, siehe DIN EN 1993-3-1:2010-12, D.2.

(3) Ermüdungsnachweise der Seilverankerungen sind durchzuführen, wenn derartige Schwingungen aufgetreten sind und keine Gegenmaßnahmen getroffen wurden. In solchen Fällen sollte der Rat von Experten gesucht werden.



**NCI NA.B.4.7 Eigenfrequenz freistehender Türme**

(1) Die Eigenfrequenz  $n_{1,x}$  der Grundschiwingung in Windrichtung von freistehenden Tragkonstruktionen darf dabei wie folgt ermittelt werden:

$$n_{1,x} = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{\sum_i G_i \cdot y_i^2}{g \cdot \sum_i G_i \cdot y_i}}} \quad (\text{NA.B.27})$$

Hierin bedeuten:

- $G_i$  die in den Punkten  $i$  zusammengefassten ständigen Lasten des Systems;
- $y_i$  die horizontalen Auslenkungen des Systems in den Punkten  $i$  infolge der horizontal wirkend angenommenen Lasten  $G_i$ , ggf. unter Berücksichtigung einer elastischen Lagerung;
- $g$  Fallbeschleunigung (9,81 m/s<sup>2</sup>);
- $T$  Schwingungsdauer.

(2) Bei starr eingespannten Kragträgern mit annähernd konstanten Querschnitten darf die Eigenfrequenz  $n_{1,x}$  der Grundschiwingung auch nach folgender Gleichung abgeschätzt werden:

$$n_{1,x} = \frac{1}{T} \approx \frac{1}{\frac{h_F^2}{1000 b} \cdot \sqrt{\frac{G_E}{G_T}}} \quad (\text{NA.B.28})$$

Hierin bedeuten:

- $h_F$  Höhe des Bauwerks über der Einspannstelle;
- $b$  Breite des Bauwerks, gemessen in Schwingungsrichtung in m;
- $G_E$  Eigenlast des schwingenden Bauwerks einschließlich aller Einbauten;
- $G_T$  Eigenlast der tragenden Konstruktion.

**NCI NA.B.4.8 Eigenfrequenz für Kragarme abgespannter Masten**

(1) Zur Berechnung der für den Strukturbeiwert  $c_{s,c_d}$  erforderlichen Eigenfrequenz  $n_{1,x}$  des Kragarmes darf näherungsweise davon ausgegangen werden, dass dieser Teil in Höhe der obersten Abspannung verschiebungs- und drehfederelastisch eingespannt ist.

(2) Die Verschiebungsfederkonstante  $c$  und die Drehfederkonstante  $c_\phi$  dürfen als entkoppelt angesetzt werden, d. h. die Verschiebungsfederkonstante  $c$  darf als Kehrwert der Verschiebung infolge einer horizontal wirkenden Einheitskraft  $H = 1$  und die Drehfederkonstante  $c_\phi$  als Kehrwert der Verdrehung infolge eines Einheitsmomentes  $M = 1$ , jeweils in Höhe der obersten Abspannung, bestimmt werden.

(3) Bei der Berechnung der Drehfederkonstanten  $c_\phi$  darf das dem Kragarm benachbarte Feld als beidseitig unverschieblich und gelenkig gelagert angesehen werden.

## DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11

(4) Die Eigenfrequenz  $n_{1,x}$  der Grundschwingung eines verschiebungs- und drehfederelastisch gelagerten Kragarms mit gleichmäßig verteilter Masse und Steifigkeit ergibt sich zu:

$$n_{1,x} = \frac{\lambda^2}{2\pi} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m \cdot l^4}} \quad (\text{NA.B.29})$$

Dabei ist

$m$  Masse je Längeneinheit des Kragträgers,

$E \cdot I$  Biegesteifigkeit des Querschnitts,

$l$  Länge des Kragträgers,

$\lambda$  Beiwert nach Bild NA.B.9.

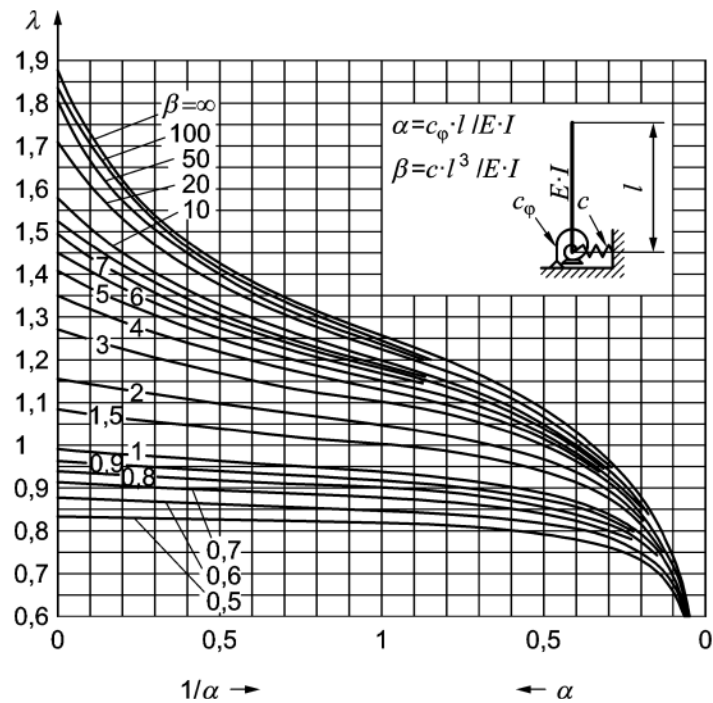


Bild NA.B.9 — Beiwerte  $\lambda$  zur Ermittlung der Eigenfrequenz nach Gleichung (NA.B.29)

**NCI****Anhang NA.C**  
(normativ)**Eislast und kombinierte Einwirkungen aus Eis und Wind****NCI NA.C.1 Allgemeines**

(1) Für den Ansatz der Eislasten gelten die Vorgaben nach diesem Anhang NA.C.

(2) Der Eisansatz an Türmen und Masten kann an bestimmten Standorten erheblich sein. Bei gleichzeitiger Windwirkung kann der infolge des Eisansatzes vergrößerte Windwiderstand bemessungsrelevant sein.

(3) Das Ausmaß des Eisansatzes an Bauwerken hängt ebenso wie die Dichte, die Verteilung und die Form des Eisansatzes im Wesentlichen vom Werkstoff, Oberflächenbeschaffenheit und Form des Bauwerks sowie von der Topographie und den meteorologischen Verhältnissen ab.

Vereisung bildet sich bevorzugt im Gebirge, im Bereich feuchter Aufwinde oder in der Nähe großer Gewässer, daher auch in Küstennähe und an Flussläufen.

Ob und in welchem Maße Eisansatz zu berücksichtigen ist, ist bereits bei der Planung von Bauherren im Benehmen mit den zuständigen Bauaufsichtsbehörden festzulegen.

(4) Man unterscheidet bei Eisansatz je nach Entstehungsart:

- Raueis (Vereisung infolge von Luftfeuchte);
- Eisregen (Vereisung infolge von Niederschlag; sich ablagerndes Eis aus herabströmendem Wasser).

(5) Die Entstehungsart kann zu unterschiedlichen Erscheinungsformen von Eisansatz führen, wie weiches Raueis, hartes Raueis, Nassschnee oder glasiges Eis, mit jeweils unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften wie Dichte, Adhäsion, Kohäsion, Farbe und Form. Die Dichte kann z. B. zwischen  $200 \text{ kg/m}^3$  und  $900 \text{ kg/m}^3$  liegen; die Form des Eisansatzes kann von konzentrischem (glasigem Eis oder Nassschnee) bis stark exzentrischem Eisansatz auf der windzugewandten Seite bei weichem oder hartem Raueis variieren.

(6) Für die ingenieurmäßige Bemessung wird in der Regel angenommen, dass alle Bauteile eines Mastes oder Turmes mit einer Eisschicht einer bestimmten Dicke überzogen sind; aus der Dicke und der angenommenen Dichte können das Gewicht sowie der Windwiderstand berechnet werden. Diese Vorgehensweise ist in Gegenden gerechtfertigt, in denen der Eisansatz in Form von glasigem Eis oder Nassschnee bemessungsrelevant ist. Bei Raueis entspricht eine an allen Teilen des Mastes oder Turms gleich dicke Eisschicht jedoch nicht der Realität. Dennoch kann in Gegenden, wo der Eisansatz durch Luftfeuchte in Form von Raueis relativ selten ist, die Berechnung des Eisgewichtes und des Windwiderstands mit einem überall gleichförmigen Eisansatz praktikabel und zweckmäßig sein, sofern konservative Werte angenommen werden.

(7) Die folgenden Abschnitte geben eine Beschreibung, wie Eislasten und Eis in Kombination mit Wind auf Türme und Maste zu behandeln sind.

**NCI NA.C.2 Eislast**

(1) Es darf näherungsweise davon ausgegangen werden, dass der Eisansatz gleichmäßig an allen der Witterung ausgesetzten Teilen der Konstruktion auftritt.

## **DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11**

### **NCI NA.C.3 Eisgewicht**

(1) Bei der Abschätzung des Gewichts des Eises auf Tragwerke kann in der Regel angenommen werden, dass alle Bauteile, Steigleiterteile, Anbauten usw. mit einer Eisschicht überzogen sind, die über die gesamte Bauteiloberfläche die gleiche Dicke aufweist.

(2) Muss Eisansatz berücksichtigt werden und sind keine genauen Daten erhältlich, so darf in nicht besonders gefährdeten Standorten bis zu Höhen von 600 m über NN vereinfachend ein allseitiger Eisansatz von 3 cm Dicke für alle, der Witterung ausgesetzten Konstruktionsteile angenommen werden. Dieser Ansatz schließt nicht aus, dass an einzelnen Standorten auch wesentlich höherer Eisansatz auftreten kann.

(3) Die Eisrohichte darf mit  $7 \text{ kN/m}^3$  angesetzt werden.

### **NCI NA.C.4 Wind und Eis**

(1) Der Windwiderstand eines Turmes oder Mastes mit Eisansatz ist nach Anhang NA.B.2.3.7 abzuschätzen.

Für Raueis ist die Abschätzung des Windwiderstandes weit komplizierter und eine vollständig mit Eisansatz belegte Mastansicht sollte in die Betrachtung einbezogen werden.

(2) Bei der Kombination mit Wind ist Eis als die vorherrschende Einwirkung und Wind als Begleiteinwirkung anzusetzen. Es gelten die Kombinationsbeiwerte nach DIN EN 1990 mit  $\psi_0 = 0,6$  für die Windlast. Lastfallkombinationen mit Wind als vorherrschende Einwirkung und Eis als Begleiteinwirkung müssen nicht berücksichtigt werden.

**NCI****Anhang NA.F**  
(normativ)**Ausführung und Zustandsüberwachung****NCI NA.F.1 Ausführung**

Türme und Maste sind in der Regel nach DIN EN 1090-2 herzustellen und zu errichten.

Die Schweißnähte der gesamten Seilkrafteinleitungsstruktur sind bis zum Ort der vollständigen Einleitung der Seilkräfte in den Mastschaft zerstörungsfrei zu prüfen.

Die nachstehend genannten Toleranzen gelten als Richtwerte für die Ausführung und nicht als Imperfektionen für den statischen Nachweis.

Die vertikale Stellung des Tragwerkes darf nur bei Windstille oder leichtem Wind und geringer Sonneneinstrahlung überprüft werden. Verformungen aus planmäßigen Lasten (z. B. Antennenzügen) sind in den nachfolgenden Angaben nicht berücksichtigt.

- a) Abweichung der Abspannpunkte sowie der Mast- oder Turmspitzen von der Vertikalen durch den Fußpunkt (siehe Bild NA.F.1a):

$$f_1 = 0,01\sqrt{z} \text{ in m}$$

Dabei ist  $z$  die Höhe des betrachteten Punktes über dem Fußpunkt in m.

- b) Horizontale Abweichung der Abspannpunkte untereinander sowie der Mastspitze vom obersten Abspannpunkt (siehe Bild NA.F.1b):

$$f_2 = 0,01\sqrt{\Delta h} \text{ in m}$$

Dabei ist  $\Delta h$  der Abstand benachbarter Abspannpunkte oder Länge des überkragenden Endes in m.

- c) Abweichung der Mastachse von der Verbindungsgeraden durch die beiden benachbarten Abspannpunkte (siehe Bild NA.F.1c):

$$f_3 = 0,001 \Delta h$$

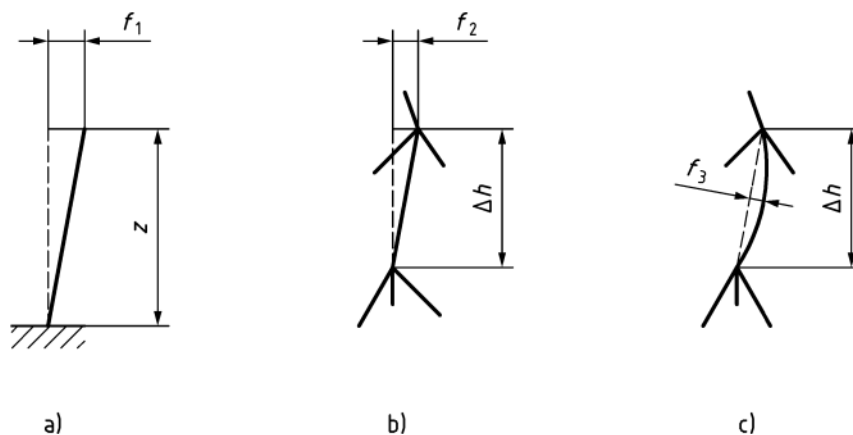
Dabei ist  $\Delta h$  der Abstand der beiden benachbarten Abspannpunkte.

- d) Abweichung des Durchmessers eines planmäßig kreisrunden Querschnitts:

$$f_4 = \max d - \min d \leq 0,01 \cdot \max d$$

Dabei ist  $\max d$ ,  $\min d$  der größte bzw. der kleinste ausgeführte Durchmesser einer Querschnittsebene.

- e) Für eng begrenzte Beulen in runden Querschnitten gelten die Angaben in DIN EN 1993-1-6.

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11****Bild NA.F.1 — Ausführungstoleranzen**

Um ein wirklich elastisches Verhalten zu erzielen, sollten Seile vorgereckt werden (siehe DIN EN 1993-1-11).

**NCI NA.F.2 Zustandsüberwachung**

Es sind regelmäßige Zustandsüberwachungen durchzuführen. Diese erstrecken sich auf visuell erkennbare Veränderungen am Tragwerk. Sie sollten im Allgemeinen stattfinden:

- einmal jährlich;
- nach schweren Stürmen;
- nach ungewöhnlich starker Vereisung;
- nach außergewöhnlichen Vorkommnissen.

Das Ergebnis ist in einem Bericht festzuhalten, Mängel sind zu beheben. Gegebenenfalls ist eine Hauptprüfung einzuleiten.

Mit den Zustandsüberwachungen ist ein Sachkundiger zu betrauen, der auch die statischen und konstruktiven Verhältnisse der Bauwerke beurteilen kann.

**NCI NA.F.3 Hauptprüfung**

Mindestens alle 6 Jahre sind alle Bauteile und Verbindungen, die für die Standsicherheit des Tragwerkes von Bedeutung sind, zu prüfen (Hauptprüfung).

In einem Bericht ist festzuhalten:

- Zeit, Art und Umfang der Prüfung;
- Zusammenstellung aller Mängel und Schäden;
- Beurteilung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit;
- erforderliche Instandsetzungen.

Mit der Hauptprüfung ist ein sachkundiger Ingenieur zu betrauen, der auch die statischen und konstruktiven Verhältnisse der Bauwerke beurteilen kann.

**NCI****Anhang NA.I  
(normativ)****Zusätzliche technische Regelungen****NCI NA.I.1 Absturz von Personen in Sicherungsgeschirre**

Sicherungseinrichtungen gegen Personenabsturz einschließlich ihrer Befestigungen und unterstützenden Konstruktionen sind mindestens mit einer charakteristischen statischen Ersatzlast von 7,5 kN für die erste Person und gegebenenfalls für jede weitere Person mit 1,25 kN zu bemessen. Diese Lasten sind als außergewöhnliche Lasten im Sinne von DIN EN 1990 anzusehen.

**NCI NA.I.2 Hinweise zur Berechnung von Fachwerken**

Der Einfluss der Formänderungen der Füllstäbe auf die Formänderungen des Gesamttragwerkes ist zu berücksichtigen. Zur Berücksichtigung des Schraubenschlupfes siehe NA.I.3.

Sofern druckschlaffe Diagonalen in Fachwerken verwendet werden, ist zu beachten, dass sie infolge von Eckstielstauchungen ausweichen können und dann größere Verformungen unter Zugkräften auftreten als bei drucksteifer Ausbildung.

**NCI NA.I.3 Schraubenverbindungen**

Für rechtwinklig zur Schraubenachse beanspruchte Schraubenverbindungen sind Scher-/Lochleibungsverbindungen und gleitfeste Verbindungen nach DIN EN 1993-1-8 zu verwenden.

Scher-/Lochleibungsverbindungen dürfen unter folgenden Bedingungen verwendet werden:

- a) wenn diese mit einem Lochspiel von maximal 1,0 mm ausgeführt werden und voll vorgespannt sind oder
- b) wenn beim Nachweis der Standsicherheit der Schraubenschlupf berücksichtigt wird und die auftretenden Verformungen nicht die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigen oder
- c) bei untergeordneten Bauteilen (z. B. Leitern, Kabelbahnen und Geländern). Gestanzte Löcher müssen hierbei nicht aufgerieben werden.

Schrauben mit Gewinde kleiner M12 und deren Zubehör dürfen nur bei untergeordneten Bauteilen verwendet werden und müssen aus nichtrostendem Stahl bestehen.

In Schraubenverbindungen ohne planmäßige Vorspannung müssen Muttern und Schrauben gegen Lockern gesichert werden, z. B. durch Verstemmen oder geeignete Sicherungselemente. Bei Ankerschrauben sollte die Sicherung gegen Lösen durch eine Kontermutter erfolgen.

**NCI NA.I.4 Mindestdicke**

Die Mindestdicke tragender Konstruktionsteile muss 3 mm, bei Hohlprofilen und Rohren 2,5 mm betragen.

**NCI NA.I.5 Querschnittsaussteifungen**

Zur Erhaltung der Querschnittsform sind Aussteifungen vorzusehen.

Bei Fachwerkkonstruktionen mit vier und mehr Wänden sind z. B. horizontale Verbände oder biegesteife Rahmen, bei kreisrunden Schaftquerschnitten gegebenenfalls Ringaussteifungen vorzusehen.

Bei Masten sind solche Querschnittsaussteifungen mindestens an allen Abspannpunkten anzuordnen.

## **DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11**

### **NCI NA.I.6 Drahtseilklemmen**

Werden Drahtseilklemmen verwendet, so ist DIN EN 13411-5 zu beachten. Die Muttern sind nach Aufbringen der Vorspannkraft nochmals nachzuziehen. Hierbei sind die Anziehmomente gegenüber DIN EN 13411-5 um 10 % zu erhöhen.

### **NCI NA.I.7 Bolzen**

Sämtliche in den Abspannungen angeordneten Verbindungen sind gelenkig unter Verwendung von Bolzen auszuführen.

Auf exakte Fertigung der Bolzenlöcher ist zu achten, z. B. Rechtwinkligkeit zur Laschenebene und paarweises Bohren bei Doppellaschen. Die Bolzen sind gegen Herauswandern zu sichern, z. B. durch eine als Splint wirkende Schraube (Splintschraube) oder Sicherungsbleche. Drahtsplinte sind als alleinige Bolzensicherung nicht zulässig. Sie dürfen lediglich zur Sicherung der Muttern von Splintschrauben, z. B. bei Kronenmuttern, verwendet werden. Der Durchmesser der Splintschrauben sollte etwa 20 % bis 25 % des Bolzendurchmessers betragen. Die Muttern von Splintschrauben müssen gesichert werden. Federringe dürfen hierzu nicht verwendet werden.

### **NCI NA.I.8 Isolatoren und Schutzarmaturen**

#### **NCI NA.I.8.1 Allgemeines**

Die Isolatoren von Antennentragwerken müssen die Kräfte aus dem Bauwerk aufnehmen und den hochfrequenztechnischen Erfordernissen entsprechen. Die Isolation kann aus Fuß-, Zwischen- und Abspannisolatoren bestehen.

Die Halterungsarmaturen von Abspannisolatoren müssen konstruktiv so ausgebildet werden, dass beim Ausfall der Tragwirkung des Isolationsmaterials die Standsicherheit des Antennentragwerkes erhalten bleibt. Durch geeignete Maßnahmen ist ein Verschieben oder Herausfallen des Isolationsmaterials zu verhindern. Isolatoren sind nach Abstimmung mit dem Betreiber gegebenenfalls so mit Schutzarmaturen (z. B. Regenhauben, Koronaringen, Funkenstrecken) auszurüsten, dass elektrische Überschläge nur über die Schutzarmatur und nicht entlang der Oberfläche des Isolators erfolgen.

Bei Montage oder Demontage muss die Kraftereinbringung in die Isolatoren langsam und stoßfrei erfolgen. Eine Be- oder Entlastungsgeschwindigkeit von 5 % der aufzubringenden Kraft je Minute darf nicht überschritten werden.

Die Eignung des Seiles für den Anschluss an den Isolator (Biegeradius) ist nachzuweisen.

#### **NCI NA.I.8.2 Keramikisolatoren**

Bei den Isolatoren nach Tabelle NA.I.1 wird das Isolationsmaterial auf Druck beansprucht.

Punktförmige Beanspruchungen in den Isolatoren der Typen 1 bis 4 sind durch Bearbeitung der Berührungsflächen zwischen Keramik und Halterungsarmatur oder durch andere Maßnahmen zu vermeiden. Die Berührungsflächen der Keramikteile mit den Armaturen sind zu metallisieren. Die Metallisierung entfällt bei den Typen 5 und 6 nach Tabelle NA.I.1.

Bei Hohlkegelisolatoren sollte die Halterungsarmatur in Anpassung an den Keramikteil nachgeschliffen und beide Teile verspannt werden, damit ein gegenseitiges Verschieben vor dem Einbau in das Antennentragwerk vermieden wird.



Tabelle NA.I.1 — Keramikisolatoren

Typ		Übliche Verwendungsstelle	
Nr.	Benennung	Fuß- und Zwischenisolation	Abspannisolation
1	Hohlkegelisolator	X	
2	Tonnenisolator	X	
3	Stützerisolator	X	
4	Gurtbandisolator		X
5	Ei-Isolator		X
6	Sattelisolator		X
7	Kombinierte Isolatoren		X

### NCI NA.I.8.3 Sicherheiten und Stückprüfungen von Druckbeanspruchten Keramikisolatoren

Für jeden Isolator der Typen 1 bis 4 nach Tabelle NA.I.1 ist eine Stückprüfung mit dem 0,5-fachen Wert der vom Hersteller des Isolators angegebenen Mindestbruchlast durchzuführen. Bei den Isolatoren der Typen 5 und 6 darf die Stückprüfung entfallen. Bei der Stückprüfung dürfen sich keine Schäden am Isolationsmaterial zeigen. Bei der Stückprüfung der Hohlkegelisolatoren (Typ 1) dürfen in den zum Isolator gehörenden Stahlarmaturen keine bleibenden Verformungen auftreten. Für die Stückprüfung der Tonnen-, Stützer- und Gurtbandisolatoren (Typen 2 bis 4) dürfen besondere, stärkere Prüfarmaturen verwendet werden.

Die Be- und Entlastungsgeschwindigkeit bei der Stückprüfung darf 5 % der Prüflast je Minute nicht überschreiten.

### NCI NA.I.8.4 Andere Isolatoren

Isolatoren aus anderem Material und/oder für andere Beanspruchungen dürfen verwendet werden, wenn deren Eignung für den vorgesehenen Verwendungszweck nachgewiesen ist. Die notwendigen Sicherheiten und Prüfungen sind im Einzelfall mit der Genehmigungsbehörde festzulegen.

## NCI NA.I.9 Gründungen

### NCI NA.I.9.1 Betonfundamente

Die Austrittspunkte einbetonierter Stahlteile sollten mindestens 30 cm über Gelände liegen, andernfalls sind besondere Korrosionsschutzmaßnahmen zu treffen. Die Oberseiten der Betonfundamente sind zur Entwässerung mit einem Gefälle von mindestens 5 % zu versehen und glatt abzureiben.

Eine Unterspülung, z. B. bei Fundamenten an Hängen, ist durch geeignete Maßnahmen zu verhindern.

### NCI NA.I.9.2 Verankerung

Ankerstäbe sollten vorgespannt werden. Hierbei ist auf eine ausreichende, nicht durch den Betonverguss reduzierte Dehnlänge zu achten. Bei nicht vorgespannten Ankerstäben ist die erhöhte Ermüdungsanfälligkeit zu beachten.

Vorzugsweise sind die Ankerkräfte voll durch Barren in den Beton zu übertragen.

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11****NCI NA.I.9.3 Hilfsanker**

Bei Abspannfundamenten sind zusätzlich zum Hauptanker zwei Hilfsanker einzubauen. Jeder Hilfsanker muss in der Lage sein, das 0,8-Fache der größten Einzelseilkraft des betreffenden Fundamentes zu übernehmen. Beide Hilfsanker zusammen müssen mindestens das 0,8-Fache der Resultierenden aller am Fundament angreifenden Seilkräfte übernehmen können. Beide Hilfsanker sollten symmetrisch zu derjenigen Ebene angeordnet werden, die durch das Seil und die Mastachse gebildet wird, und in gleicher Höhe liegen. Bei Fundamenten mit nur einer Abspannung genügt die Anordnung eines Hilfsankers.

**NCI NA.I.10 Korrosionsschutz****NCI NA.I.10.1 Allgemeines**

Antennentragwerke einschließlich ihrer Verbindungsmittel müssen zuverlässig gegen Korrosion geschützt werden. Bei der konstruktiven Gestaltung des Bauwerks ist darauf zu achten, dass die einwandfreie Aufbringung des Korrosionsschutzes möglich ist.

Bei Hohlmasten und -türmen sollte auf eine ausreichende Durchlüftung geachtet werden, um Kondensatbildung zu vermindern.

**NCI NA.I.10.2 Beschichtungen und Überzüge****NCI NA.I.10.2.1 Allgemeines**

Für Beschichtungen und Überzüge von Stahlkonstruktionen gelten DIN 55928-8 und DIN EN ISO 12944.

**NCI NA.I.10.2.2 Feuerverzinkung**

Bei Feuerverzinkung gelten zusätzlich für Stahlbauteile DIN EN ISO 1461 sowie für Schrauben und Zubehör DIN EN ISO 10684.

Der Zinküberzug muss zusammenhängend und frei von Poren sein. Zinkbärte und Aschenreste sowie Zinkansammlungen im Bereich der Anschlüsse sind ohne Beschädigung der Zinkschicht zu entfernen. Das Haftvermögen der Zinkschicht ist nachzuweisen nach DIN 50978 oder durch leichte Schläge mit dem 250-g-Kugelhammer, die nicht auf die Kanten geführt werden dürfen.

Die Dicke des Zinküberzuges ist nach DIN EN ISO 2178 zerstörungsfrei nachzuweisen.

In stark aggressiver Atmosphäre (z. B. Industrie, Großstadt, Meeresküste) sollten zusätzliche Beschichtungen vorgesehen werden, die auf Zink gut haften.

**NCI NA.I.10.2.3 Thermisches Spritzen**

Werden Bauteile aus Stahl durch thermisches Spritzen mit Metallüberzügen (z. B. Spritzverzinkung) versehen, gilt zusätzlich DIN EN ISO 2063. Solche Teile müssen nach Aufbringung des Überzuges zusätzlich mit einem porenverschießenden Beschichtungsstoff nach DIN EN ISO 12944-5 versehen werden.

**NCI NA.I.10.2.4 Korrosionsschutz von Abspannseilen**

Wegen der Schwierigkeit der Wartung der Abspannseile sind besondere Anforderungen an den Korrosionsschutz zu stellen.

Alle Drähte müssen nach DIN EN 10264-1 bis DIN EN 10264-3 in der Klasse A Zink oder Zn95/Al5 feuerverzinkt oder gleichwertig geschützt sein.

Die Hohlräume der Seile müssen beim Verseilen mit geeigneten korrosionsschützenden Medien verfüllt werden. Werden Seile beschichtet, sind das Verfüllmaterial und die Beschichtung aufeinander abzustimmen. Verfüllmaterial und Beschichtung müssen säurefrei, elastisch, temperatur- und UV-beständig sein.

Die Verwendung heller Beschichtungen ist vorzuziehen, um eventuelle Korrosionserscheinungen leichter erkennen zu können und um die Temperaturbeanspruchung der Seile möglichst klein zu halten.

Wenn bei Rundlitzenseilen säurefreies Fett zum Füllen der Hohlräume verwendet wird, entfällt die Beschichtung. Da die Gefahr besteht, dass das Fett ausgewaschen wird, sind solche Seile besonders sorgsam zu warten und gegebenenfalls nachzufetten.

### **NCI NA.I.11 Blitzschutz und Erdungsanlagen**

Antennentragwerke müssen eine Blitzschutzanlage unter Beachtung von DIN EN 62305 nach den Angaben des Betreibers erhalten. Auf einen Potentialausgleich zwischen Tragwerk und gegebenenfalls angrenzenden Bauwerken ist zu achten.

Die Erdungsanlage besteht im Allgemeinen aus einem Ringerder. Jeder Ringerder ist an mindestens zwei einander gegenüberliegenden Stellen mit dem Antennentragwerk zu verbinden. Werden zusätzlich Strahlenerder eingesetzt, so ist jeder Strahlenerder mit dem Ringerder zu verbinden. Bei Fachwerktürmen muss jeder Eckstiel mit dem Ringerder verbunden sein.

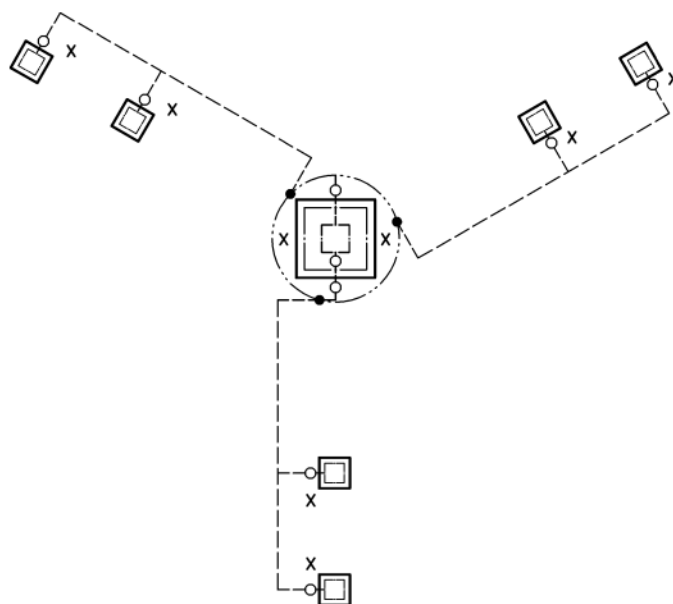
Bei der Blitzschutzerdung von Selbststrahlern ist das aus hochfrequenztechnischen Gründen erforderliche Erdnetz zu berücksichtigen. An jedem Fundament sind Fundamenterder anzuordnen und mit der Bewehrung zu verbinden. Einzelfundamente sind durch Erder miteinander zu verbinden, bei abgespannten Masten z. B. nach Bild NA.I.1.

An allen Verbindungsstellen zwischen Erdungsanlage und Stahlkonstruktion bzw. Fundamenterdern sind zu Messzwecken Trennstellen vorzusehen. Während der Bauzeit ist zumindest eine behelfsmäßige Erdung erforderlich.

Der Mastchaft darf nicht über die Fundamentbewehrung geerdet werden, sondern muss direkt mit dem Ringerder verbunden werden. Die unteren Teile von Funkenstrecken bei isolierten Bauwerken müssen ebenfalls direkt mit dem Erdnetz verbunden werden.

Der Einsatz von Tiefenerdern (siehe Bild NA.I.1) wird empfohlen.

Bei einem selbststrahlenden Mast sind die Bolzenverbindungen vom Mast bis zum obersten Isolator eines jeden Abspannseiles mit flexiblen Bondings zu überbrücken. Die Bondings müssen für den ggf. auftretenden Antennenstrom ausgelegt sein. Sie müssen aus nichtrostendem Stahl mit einem Mindestdurchmesser von 6 mm bestehen.

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11****Legende**

-----	Fundamenterder
-----	Strahlenerder
-----	Ringerder
o	Trennstelle
x	Tiefenerder

**Bild NA.I.1 — Beispiel für die Erdung eines abgespannten Mastes****NCI NA.I.12 Montagehilfen**

Die Belastbarkeit dauerhaft angebrachter Montagehilfen zum Befestigen von Hebezeugen und Gerüsten ist an geeigneter Stelle (z. B. am Bauwerk oder in der Zeichnung) anzugeben.

**NCI NA.I.13 Einrichtungen zum Begehen und Besichtigen des Bauwerks, Absturzsicherungen****NCI NA.I.13.1 Allgemeines**

Antennentragwerke von mehr als 20 m Höhe, die zu Inspektions-, Betriebs- oder sonstigen Zwecken bestiegen werden müssen, sind mit Steigleitern oder Steigeisengängen, erforderlichenfalls auch mit Absturzsicherungen, Ruhe- und Arbeitsbühnen sowie mit Laufstegen auszurüsten.

**NCI NA.I.13.2 Steigleitern**

Für Steigleitern gilt DIN 18799.

**NCI NA.I.13.3 Sicherheitseinrichtungen an Arbeitsbühnen und Laufstegen**

Für die Ausbildung von Geländern an Arbeitsbühnen und Laufstegen gilt DIN EN ISO 14122-3.

Das Geländer darf ganz oder teilweise durch Bauteile, Zwischenstäbe oder flächige Ausfachungen ersetzt werden. Werden keine Geländer angeordnet, sind entsprechende Vorrichtungen für den Einsatz von Sicherheitsgeschirren vorzusehen.

Durchstiegsöffnungen sind mit Klappen zu versehen. Der Steigschutz muss auch im Bereich von Durchstiegsöffnungen voll wirksam bleiben.

**ANMERKUNG** Selbsttätig wirkende Schließrichtungen von Klappen sind aus Gründen der Personenrettung nicht zu empfehlen.

#### **NCI NA.I.13.4 Befahreinrichtungen für Abspannseile**

Ein direktes Befahren der Abspannseile sollte vermieden werden. Vorzugsweise sind unabhängige Befahreinrichtungen zu verwenden. Hierfür sind entsprechende Anschlagkonstruktionen vorzusehen.

#### **NCI NA.I.14 Öffnungen in Hohlmasten**

In von innen besteigbaren Hohlmasten sind Öffnungen an geeigneten Stellen — z. B. am Mastfuß, in Höhe von Außenpodesten, am Mastkopf — mit einem Mindestmaß von 600 mm × 600 mm vorzusehen. Sofern die Öffnungen verschließbar sind, muss der Schließmechanismus von außen und innen bedienbar und gegen selbsttätiges Öffnen und Zuschlagen gesichert sein.

Hohlmaste, die innen nicht besteigbar sind, müssen Öffnungen besitzen, die eine Inspektion des Mastinnern ermöglichen. Hierauf darf auch dann nicht verzichtet werden, wenn der Hohlmast innen feuerverzinkt wird.

**DIN EN 1993-3-1/NA:2015-11**

**NCI**

**Literaturhinweise**

- [1] WtG-Merkblatt „Windkanalversuche in der Gebäudeaerodynamik“<sup>1)</sup>
- [2] Luftverkehrsgesetz (LuftVG)<sup>2)</sup>
- [3] Peil, U.: „Bauen mit Seilen“. In Stahlbau-Kalender 2000, Ernst & Sohn, Berlin. 689-755.
- [4] Peil, U.: „Maste und Türme“. In Stahlbau-Kalender 2004, Ernst & Sohn, Berlin. 493-602.

---

1) Zu beziehen bei: Windtechnologische Gesellschaft e. V., Teichstraße 8, 52074 Aachen, [www.wtg-dach.org](http://www.wtg-dach.org).

2) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.