

Schornsteine aus Stahl

Statische Berechnung und Ausführung

DIN
4133

Steel stacks; structural analysis and design

Entwurf, Berechnung und Ausführung von Schornsteinen aus Stahl erfordern eine gründliche Kenntnis dieser Bauten, der Eigenschaften der verwendeten Werkstoffe und der anerkannten Regeln der Herstellungstechnik. Deshalb dürfen nur solche Fachleute und Unternehmer diese Bauten herstellen, die die notwendigen Kenntnisse und Erfahrungen haben und eine einwandfreie Ausführung gewährleisten.

In dieser Norm sind die von außen auf eine Baukonstruktion einwirkenden Kräfte, z. B. Gewichtskräfte oder Windkräfte, auch als Lasten, Belastungen bezeichnet.

Nach der „Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen“ vom 26. Juni 1970 dürfen die bisher üblichen Krafteinheiten Kilopond (kp) und Megapond (Mp) nur noch bis zum 31. Dezember 1977 benutzt werden. Bei der Umstellung auf die gesetzliche Krafteinheit Newton (N) ($1 \text{ kp} = 9,80665 \text{ N}$) sind im Rahmen des Anwendungsbereichs dieser Norm für $1 \text{ kp} = 0,01 \text{ kN}$, für $1 \text{ Mp} = 10 \text{ kN}$, für $1 \text{ kp/mm}^2 = 10 \text{ MN/m}^2$ und für $1 \text{ kp/cm}^2 = 0,1 \text{ MN/m}^2$ zu setzen, wobei $1 \text{ MN/m}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$ ist. Diese Angaben sind im Text und in den Tabellen vorliegender Norm in Klammern hinzugefügt. Außerdem werden in dieser Norm die gesetzlichen Einheiten nach DIN 1301, Ausgabe November 1971, für die Temperaturdifferenz Kelvin (K) (bisher „grd“; $1 \text{ grd} = 1 \text{ K}$) verwendet.

Inhalt

	Seite		Seite
1. Geltungsbereich	2	4.3.4. Nachweis des aufnehmbaren inneren Überdrucks	10
2. Bauwerksklassen	2	4.3.5. Standsicherheitsnachweis	10
3. Bauvorlagen	2	4.3.6. Gründungsnachweis	10
4. Berechnungsgrundlagen	2	4.4. Besondere Bemessungsregeln	10
4.1. Werkstoffkenngrößen	2	4.5. Zulässige Spannungen	11
4.2. Lastannahmen	3	5. Bauliche Durchbildung	11
4.2.1. Haupt- und Sonderlasten	3	5.1. Bauwerk	11
4.2.2. Eigenlast	3	5.2. Stählerne Abspannseile	12
4.2.3. Verkehrslasten und Schneelast	3	5.3. Fundamente	13
4.2.4. Eislast	3	5.4. Blitzschutz	13
4.2.5. Windlast	3	5.5. Flugsicherung	13
4.2.6. Temperaturwirkung	4	5.6. Wärmedämmung	13
4.2.7. Vorspannkraft	6	5.7. Korrosionsschutz	14
4.2.8. Ungewollte Änderungen der Stützbedingungen	6	6. Überwachung	15
4.2.9. Lasten aus Bauzuständen	6	6.1. Schwingungsüberwachung	15
4.2.10. Sonstige Sonderlasten	6	6.2. Korrosionsüberwachung	16
4.3. Nachweise	6	7. Hinweise auf weitere Normen und Richtlinien	16
4.3.1. Allgemeiner Spannungsnachweis	6		
4.3.2. Stabilitätsnachweis	6		
4.3.3. Nachweis von Schwingungen und Gegenmaßnahmen	7		

Fortsetzung Seite 2 bis 16
Erläuterungen Seite 17 und 18

1. Geltungsbereich

Diese Norm gilt für die statische Berechnung und Ausführung aller baulichen Anlagen aus Stahl, die durch Rohre Verbrennungsgase, chemische Abgase oder Fortluft abführen oder die zum Verbrennen (Abfackeln) von Industrieabgasen dienen.

Schornsteine aus Stahl können frei stehend abgespannt, als Rauchrohre in Traggerüsten oder anderen Unterstützungskonstruktionen ausgeführt sein oder aus der Kombination mehrerer dieser Konstruktionstypen bestehen. Auch die stählernen Halbrohre in Massivkonstruktionen und deren stählerne Haltevorrichtungen gelten als Bauteile im Sinne dieser Norm.

Für frei stehende Schornsteine in Massivbauart siehe DIN 1056 Blatt 1 und DIN 1058.

2. Bauwerksklassen

Es ist zu unterscheiden zwischen Stahlschornsteinen der Bauwerksklasse 1 und Stahlschornsteinen der Bauwerksklasse 2.

Zu der Bauwerksklasse 2 gehören:

- alle Stahlschornsteine von mehr als 50 m Höhe, gerechnet zwischen der Schornsteinmündung und dem tiefsten Punkt der Auflagerung;
- frei stehende Stahlschornsteine von mehr als 30 m Höhe, gerechnet wie bei a), deren wesentliche Tragkonstruktion nur aus einem im Fundament eingespannten Rohr beliebigen — also auch polygonalen oder doppelwandigen — Querschnitts besteht;
- abgespannte Stahlschornsteine, deren steilste Abspannung steiler als unter 60° zur Waagerechten verläuft oder bei denen in irgendeinem Abspannseil die Vorspannkraft nach Abschnitt 4.2.7 mehr als die Hälfte oder weniger als ein Zehntel der für das gleiche Seil ermittelten maximalen Seilkraft erreicht.

Alle übrigen Stahlschornsteine gehören zur Bauwerksklasse 1. In Bauwerksklasse 2 werden höhere Beanspruchungen zugelassen, aber auch genauere Festigkeitsnachweise gefordert als in Bauwerksklasse 1. Es bleibt deshalb freigestellt, einen an sich der Bauwerksklasse 1 zugehörigen Stahlschornstein in Bauwerksklasse 2 einzuordnen, hingegen müssen Stahlschornsteine der Bauwerksklasse 2 stets dieser Klasse zugewiesen werden.

3. Bauvorlagen

3.1. Erläuterungsbericht über chemische und thermische Betriebsverhältnisse

Grundlage für die Bemessung und Ausführung von Stahlschornsteinen sind Angaben über die zu erwartenden chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse (siehe Abschnitt 4.2.6.1), über die Art und Menge der Abgase und der Betriebsweise der zugehörigen Kessel- bzw. Ofen- oder sonstigen Anlagen (siehe DIN 1056 Blatt 1 und DIN 1058), die unter Berücksichtigung der möglichen Schwankungen hinreichend genau festgelegt werden müssen, um die baulichen Maßnahmen danach einrichten zu können. Die chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse sind in einem Erläuterungsbericht der statischen Berechnung voranzustellen. Hierzu gehört auch eine Beschreibung des vorgesehenen Korrosionsschutzes mit der Festlegung der maximal zulässigen Zeitabstände für Revisionen (siehe Abschnitt 6.2).

3.2. Konstruktionszeichnungen

Hierzu gehören:

- die Übersichtszeichnungen mit Angaben über die Systemmaße des Bauwerks und alle tragenden Querschnitte, die Verbände, die Anordnung und Lagerung der Steigleitungen, die Grenztemperaturen, für die das Bauwerk

ausgelegt ist (siehe Abschnitte 3.1 und 4.2.6.1), den Durchhang der Abspannseile (siehe Abschnitt 4.2.7), die Ausnutzung des Erdwiderstandes und der Erdauflast bei der Gründung (siehe Abschnitt 4.3.5);

- die Fundamentzeichnungen mit Lageplan;
- die Werkstattzeichnungen mit allen erforderlichen Angaben über Baustoffe und Verbindungsmittel sowie mit Hinweisen auf zugehörige Zeichnungen usw.

3.3. Statische Berechnung

In der statischen Berechnung ist die Bauwerksklasse anzugeben. Für alle tragenden Bauteile sind die erforderlichen Nachweise entsprechend Abschnitt 4.3 übersichtlich (vorangestelltes Inhaltsverzeichnis) und in prüfbarer Form mit einer ergänzenden Beschreibung zu erbringen und die für die einzelnen Bauteile vorgesehenen Baustoffe anzugeben. Erforderlichenfalls gehört hierzu ein geologisch-bodenmechanisches Baugrundgutachten sowie ein meteorologisches Gutachten über die voraussichtlichen Wind- (siehe Abschnitt 4.2.5.2) und Eisverhältnisse (siehe Abschnitt 4.2.4) und u. U. Ergebnisse von Windkanaluntersuchungen (siehe Abschnitte 4.2.5.3 und 4.3.3.5).

4. Berechnungsgrundlagen

4.1. Werkstoffkenngrößen

4.1.1. Baustahl

Für die allgemeinen Werkstoffkenngrößen der Stähle, die Art der Berechnungsverfahren und die Verwendung von Formeln bzw. von Daten aus anderen Berechnungen gilt DIN 1050.

Für Werkstoffkenngrößen von Stählen, die in DIN 1050 nicht erfaßt sind, gelten die einschlägigen Normen (siehe Abschnitt 5.1.1) bzw. die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.

4.1.2. Stählerne Abspannseile

Die Bruchspannung des Einzeldrahtes, die für den Nachweis der rechnerischen Bruchkraft nach Abschnitt 4.4.1 benötigt wird, ist vom Hersteller durch Werkzeugzeugnisse oder Abnahmezeugnisse nach DIN 50 049 zu belegen. Für die im Abschnitt 5.2 aufgeführten Stahlseilarten kann näherungsweise der Elastizitätsmodul nach Tabelle 1 in die statische Berechnung eingesetzt werden. Wird der Elastizitätsmodul durch Prüfungen des zum Einbau bestimmten Seiles festgestellt, so sind Abweichungen zwischen diesem Elastizitätsmodul und dem in die statische Berechnung auf Grund der Tabelle 1 eingeführten Elastizitätsmodul bis zu $\pm 10\%$ zulässig, ohne daß eine Korrektur der statischen Berechnung vorgenommen zu werden braucht.

Tabelle 1. Elastizitätsmodul der Stahlseilarten

Seilart	Anzahl der um den Kerndraht herum angeordneten Drahtlagen je Litze	Elastizitätsmodul 10^4 kp/cm^2 (10^5 MN/m^2)
paralleldrähtige Seile	beliebig	2,0
verschlossene Seile (eine Litze)	beliebig	1,6
Spiralseile (eine Litze)	beliebig	1,5
Drahtseile ohne Fasereinlage mit $6 + 1 = 7$ Litzen	1	1,3
	2	1,2
	3	1,1
	4	1,0

Die Temperaturdehnzahl darf für alle Stahlseile mit

$$\alpha_T = 0,000012 \text{ K}^{-1} \text{)}$$

angesetzt werden.



Documents

Document Sharing Hub

4.2. Lastannahmen

4.2.1. Haupt- und Sonderlasten

Für die Berechnung von Stahlschornsteinen sind Haupt- und Sonderlasten zu berücksichtigen.

Zu den Hauptlasten gehören:

- Eigenlast
- Verkehrslasten und Schneelast
- Eislast
- Windlast
- Temperaturwirkung
- Vorspannkraft

Zu den Sonderlasten gehören:

- Lasten aus ungewollten Änderungen der Stützbedingungen, z. B. Bergsenkungen
- Lasten aus Bauzuständen
- Ersatzlasten für Erdbeben
- sonstige Beanspruchungen, die sich aus der örtlichen Lage und den betrieblichen Verhältnissen ergeben können.

Eine Unterscheidung nach Haupt- und Zusatzlasten wird nicht getroffen, da bei Schornsteinen der Windlast ein wesentlicher Einfluß zukommt. Bei Anwendung anderer Normen entspricht der Lastfall Hauptlasten dieser Norm dem Lastfall Haupt- und Zusatzlasten, soweit dort eine derartige Aufteilung vorgenommen ist.

4.2.2. Eigenlast

Die Eigenlast des Bauwerks, der Podeste, Laufstege und Leitern kann nach der Übersichtszeichnung ermittelt werden.

4.2.3. Verkehrslasten und Schneelast

Auf Podesten und Laufstegen ist eine gleichmäßige verteilte Verkehrslast von 200 kp/m² (2 kN/m²) einschließlich Schneelast anzunehmen.

Die Konstruktionsteile des Haupttragwerks, der Podeste und der Laufstege sind für eine Einzellast von 300 kp (3 kN) an ungünstigster Stelle zu bemessen, wenn dies ungünstiger ist als die vorgenannte Flächenlast.

Alle Stäbe, mit Ausnahme von Leitersprossen, die nicht nach dem vorhergehenden Absatz unmittelbar durch 300 kp (3 kN) belastet wurden und die nicht mehr als 30° zur Waagerechten geneigt sind, sind auch für einen Lastfall nachzuweisen, bei dem an ungünstigster Stelle des Stabes eine Vertikallast von 100 kp (1 kN) angreift, der Staudruck auf $q = 30 \text{ kp/m}^2$ (0,3 kN/m²) ermäßigt wird und alle übrigen Belastungen gleichzeitig wirken, wenn sie die Beanspruchungen erhöhen.

Für das Bemessen der Geländer ist eine waagerechte, nach außen oder innen wirkende, am Geländerholm angreifende Last von 50 kp/m (0,5 kN/m) anzunehmen.

4.2.4. Eislast

Die Vereisung der Bauwerke hängt von den durch Geländeform und Seehöhe erheblich beeinflussten meteorologischen Verhältnissen (Lufttemperatur, relative und absolute Luftfeuchte sowie Wind) ab. Wesentlich sind ferner die Exposition des Geländes zur Hauptrichtung der die Vereisung bewirkenden Winde und die spezifischen Bauwerkseigenschaften, wie Werkstoff, Oberflächenbeschaffenheit und Form. Allgemeingültige Angaben über das Auftreten von Vereisung können deshalb nicht gemacht werden.

Vereisung bildet sich bevorzugt im Gebirge, im Bereich feuchter Aufwinde oder in der Nähe großer Gewässer, deshalb auch in Küstennähe und an Flußläufen. Im Flachland oder in Tallagen kann ein geringerer oder sogar rechnerisch vernachlässigbarer Eisansatz auftreten. Der Eisansatz

an starren Bauteilen wächst im wesentlichen in Richtung gegen den Wind; an Seilen bilden sich bei langen Ablagerungszeiten umhüllende Eiswalzen mit elliptischem Querschnitt.

Ob und gegebenenfalls in welchem Maße Eisansatz zu berücksichtigen ist, wird von der zuständigen Baugenehmigungsbehörde im Benehmen mit dem Bauherrn festgelegt. Dazu sollen die Dienststellen des Deutschen Wetterdienstes (Zentralamt, Wetterämter) befragt werden und — soweit vorhanden — die Erfahrungen bei ähnlichen benachbarten Bauten ausgewertet werden.

Muß Eisansatz berücksichtigt werden (siehe Abschnitt 4.2.5.4) und sind genaue Angaben nicht erhältlich, so darf in nicht außergewöhnlich gefährdeten Lagen bei Konstruktionsteilen und Seilen vereinfachend ein allseitiger Eisansatz von 3 cm Dicke angenommen werden. Diese Angabe gilt im allgemeinen in deutschen Gebirgen bis zu Höhen von etwa 600 m über NN, sie schließt aber nicht aus, daß an einzelnen Stellen örtlich auch wesentlich höherer Eisansatz auftreten kann. Das Berechnungsgewicht des Eisansatzes ist mit 0,7 Mp/m³ (7 kN/m³) einzusetzen.

4.2.5. Windlast

4.2.5.1. Windwirkung

Die Windrichtung ist im allgemeinen waagrecht, die Windlast auf Einzelflächen ist rechtwinklig zu der vom Wind getroffenen Fläche anzunehmen.

Die Windlast ergibt sich zu

$$W = c_W \cdot q \cdot F \cdot \sin \alpha \text{ in kp (kN)}$$

Hierin bedeuten:

- q Staudruck (Geschwindigkeitsdruck) in kp/m² (kN/m²) siehe Abschnitt 4.2.5.2),
- c_W Formbeiwert für Windlast in Windrichtung (siehe Abschnitt 4.2.5.3),
- F die vom Wind getroffene Fläche in m² nach den Festlegungen der folgenden Absätze; bei Abspannseilen ist $F = d \cdot l$, wobei d der Seildurchmesser in m und l die Seillänge in m ($\approx$ Sehnenlänge des Seilbogens) bedeuten,
- α Winkel zwischen der Windrichtung und der Fläche; bei Abspannseilen ist α der Winkel zwischen der Seilsehne und der Windrichtung in derjenigen Ebene, die durch die Seilsehne und die Windrichtung gebildet wird; W ist in dieser Ebene rechtwinklig zur Seilsehne wirkend anzunehmen.

Für Stahlschornsteine mit kreisförmigem Querschnitt ist F die Achsenschnittfläche in m². Schornsteine mit gegliederten Stützkonstruktionen erfordern unter Umständen eingehendere Untersuchungen.

4.2.5.2. Staudruck (Geschwindigkeitsdruck) q

Der durch den Wind in der Höhe h über Gelände erzeugte Staudruck ist anzunehmen mit

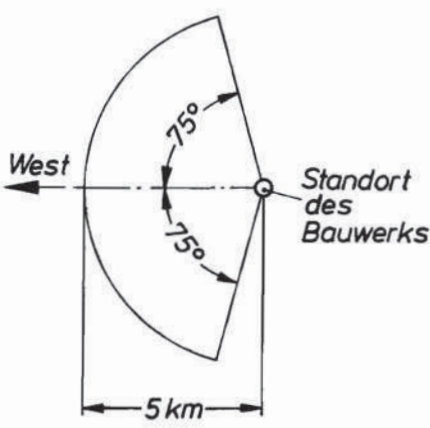
$$q = q_0 + 0,3 h \geq 100 \text{ kp/m}^2 \quad (q = q_0 + 0,003 h \geq 1 \text{ kN/m}^2), \text{ jedoch höchstens } 200 \text{ kp/m}^2 \text{ (2 kN/m}^2\text{)}.$$

Hierin bedeuten:

- q_0 Staudruck (Geschwindigkeitsdruck) in Geländehöhe in kp/m² (kN/m²),
- h Höhe in m über Gelände.

Sind zum Zeitpunkt der Entwurfsbearbeitung für den Standort hinreichende Meßwerte der Windgeschwindigkeit v aus einem genügend langen Meßzeitraum bekannt, so sind diese für die Staudruckermittlung zu Grunde gelegt werden;

Tabelle 2. Staudruck in Geländehöhe q_0 in kp/m^2 (kN/m^2)

Gelände im 150°-West-Sektor (Öffnungswinkel von der West-Achse je 75° nach Nord und nach Süd) im Bereich von etwa 5 km 		Standort des Bauwerks				
		im Flachland		im Bergland		
		in der Ebene	auf einer Anhöhe	im Tal	auf einer Hochebene	auf Anhöhen, Höhenrücken oder Bergen
höher als Standort		70 (0,7)	80 (0,8)	70 (0,7)	80 (0,8)	90 (0,9)
gleichhoch wie Standort		80 (0,8)	90 (0,9)	80 (0,8)	90 (0,9)	100 (1)
niedriger als Standort	flach abfallend	90 (0,9)	100 (1)	90 (0,9)	100 (1)	110 (1,1)
	steil abfallend	—	110 (1,1)	—	110 (1,1)	130 (1,3)

sie müssen zugrunde gelegt werden, wenn sich höhere Werte als nach der vorstehenden Gleichung und Höchstbegrenzung ergeben. Hierbei ist $q = v^2 : 16$ in kp/m^2 ($q = v^2 : 1600$ in kN/m^2) mit v in m/s einzusetzen.

Werden keine Meßwerte zugrunde gelegt, so sind für den Staudruck in Geländehöhe q_0 einzusetzen:

a) Im Nordsee-Küstengebiet

Zone I: $q_0 = 110 \text{ kp/m}^2$ (1,1 kN/m^2)

Zone II: $q_0 = 90 \text{ kp/m}^2$ (0,9 kN/m^2)

Bild 1 zeigt die Zugehörigkeit der Städte und Kreise zu den Staudruckzonen I und II. Die Grenze zwischen Zone II und dem übrigen Gebiet verläuft im Kreis Schleswig nordöstlich der Gemeinden Meggerdorf, Bergenhusen und Wohld und im Kreis Wesermarsch südlich der Gemeinden Brake, Ovelgönne und Jade.

b) Im übrigen Gebiet die Werte der Tabelle 2.

Der Staudruck in Geländehöhe q_0 ist zweckmäßig vor Beginn der Entwurfsbearbeitung von der Baugenehmigungsbehörde im Einvernehmen mit dem Bauherrn festzulegen.

Bei der Ermittlung der Windkräfte sind grundsätzlich die höhenabhängigen Veränderungen des Staudrucks sowie gegebenenfalls auch der vom Wind betroffenen Fläche und des Formbeiwerts zu berücksichtigen. Bei den Tragwerken sind vereinfachend Mittelungen über in der Höhe ausreichend unterteilte Abschnitte zulässig; bei den Abspannseilen darf die Mittelung über die gesamte Seillänge vorgenommen werden.

4.2.5.3. Formbeiwerte c_w für zylindrische oder annähernd zylindrische Baukörper

Die Formbeiwerte c_w sind in Abhängigkeit von $d \cdot \sqrt{q}$ für q in kp/m^2 (für q in kN/m^2 ist c_w in Abhängigkeit von $10 d \cdot \sqrt{q}$ anzunehmen) dem Bild 2 zu entnehmen.

Hierin ist d Durchmesser in m.

Dabei sind Außenanbauten, z. B. Außenpodeste und Leitern, unabhängig von ihrem Abstand mit ihrem vollen rechnerischen Wert zusätzlich in Rechnung zu stellen.

Für Seile ist $c_w = 1,2$ unabhängig von $d \cdot \sqrt{q}$.

Für Bauwerksformen, für die vorstehend keine Angaben vorliegen, sind die Formbeiwerte und die zugehörigen Flächen erforderlichenfalls aus Versuchen im Windkanal zu ermitteln.

4.2.5.4. Windlast bei Eisansatz

Bei großen zylindrischen Stahlschornsteinen ist ein Nachweis der Windlast auf die durch Eisansatz vergrößerte Fläche in der Regel nicht erforderlich.

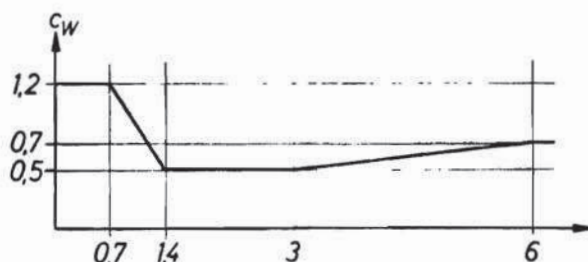
Die Berücksichtigung der durch Eisansatz vergrößerten Windangriffsfläche kann notwendig werden bei feingliedrigen Konstruktionen und Fachwerken.

Hierbei ist die Windlast auf die durch den Eisansatz vergrößerte Fläche des Tragwerks und der Abspannseile mit 75% des Staudrucks zu ermitteln. Bei Fachwerken sind die Formbeiwerte dem durch die Vereisung veränderten Volligkeitsgrad entsprechend anzusetzen.

4.2.6. Temperaturwirkung

4.2.6.1. Zulässige Temperaturen

Die Verwendbarkeit der Stähle ist von der Temperatur abhängig. Hierfür gelten die einschlägigen Werkstoffkennwerte, z. B. nach den Technischen Regeln für Dampfkessel TRD 107 Werkstoffe, „Verschiedene Kesselteile aus Stahl“ und nach DIN 17 155 Blatt 1, Blatt 2 und Blatt 2 Beiblatt. Die der Berechnung zugrunde gelegten höchsten und tiefsten Temperaturen sind in der Übersichtszeichnung anzugeben.



$d \cdot \sqrt{q}$ für q in kp/m^2 ($10 d \cdot \sqrt{q}$ für q in kN/m^2)

Bild 2. Darstellung des Formbeiwertes c_w für zylindrische Baukörper in Abhängigkeit von $d \cdot \sqrt{q}$ für q in kp/m^2 ($10 d \cdot \sqrt{q}$ für q in kN/m^2)



Bild 1. Karte der Staudruckzonen

Die Temperaturwirkung ist in der statischen Berechnung bei Bauwerkstemperaturen von mehr als $+50^{\circ}\text{C}$, in jedem Fall aber bei Bauwerksklasse 2, zu berücksichtigen.

Ist in der statischen Berechnung die Temperaturwirkung zu berücksichtigen und wird kein genauerer Nachweis über die durch das Wetter und die Temperatur der abzuführenden Stoffe bedingte Temperaturverteilung erbracht, so sind die Temperatureinflüsse nach den Abschnitten 4.2.6.2 und 4.2.6.3 anzusetzen.

4.2.6.2. Gleichmäßige Temperaturänderung

- Infolge meteorologischer Einflüsse ist mit einer Temperaturschwankung von $\pm 35\text{K}$ gegenüber einer Aufstelltemperatur von $+10^{\circ}\text{C}$ zu rechnen.
- Infolge der Temperatur der abzuführenden Stoffe ist bei den unmittelbar mit den abzuführenden Stoffen in Berührung kommenden Bauwerksteilen mit den Werten nach

Absatz a) zu rechnen, sofern die Temperatur des heißesten abzuführenden Stoffes am Ort des Eintritts in den Stahlschornstein nicht höher als $+50^{\circ}\text{C}$ und die Temperatur des kältesten abzuführenden Stoffes ebenfalls am Ort des Eintritts in den Stahlschornstein nicht tiefer liegt als -30°C .

Liegt die wirkliche Eintrittstemperatur höher als $+50^{\circ}\text{C}$ oder tiefer als -30°C , ist an Stelle der in a) genannten Temperaturschwankung die Differenz zwischen der wirklichen Eintrittstemperatur und der Aufstelltemperatur anzusetzen.

4.2.6.3. Ungleichmäßige Erwärmung des Bauwerksquerschnitts

Infolge meteorologischer Einflüsse ist bei allen Bauteilen, deren nach Abschnitt 4.2.6.2 anzusetzenden Temperaturen innerhalb des Bereichs von -30°C bis $+50^{\circ}\text{C}$

liegen, ein linear verlaufender Temperaturabfall von 15 K zu berücksichtigen.

Liegt die obere Grenztemperatur t höher als $+50^\circ\text{C}$, ist mit einem Temperaturabfall von

$$\Delta t = 10 + 0,1 \cdot t \text{ in K}$$

zu rechnen.

Es ist zu beachten, daß am Eintritt in das Bauwerk und an anderen exponierten Stellen infolge ungleichmäßiger Durchströmung des Schornsteinrohrs möglicherweise Temperaturunterschiede auftreten können.

4.2.6.4. Ungleichmäßige Erwärmung des Tragsystems

Bei abgespannten Stahlschornsteinen ist zu beachten, daß das Rauchrohr die Betriebstemperatur und die Abspannseile die Lufttemperatur annehmen.

4.2.7. Vorspannkraft

Als Vorspannkraft wird bei abgespannten Stahlschornsteinen diejenige Seilkraft bezeichnet, die im fertig abgespannten Zustand im Lastfall Eigenlast vorhanden sein soll.

In Bauwerksklasse 2 ist die Einhaltung der für die Abspannseile in der Berechnung festgelegten Vorspannkraft durch Kontrollmessungen nach Abschnitt 5.2.5 sicherzustellen.

In Bauwerksklasse 1 darf statt dessen näherungsweise zur Berücksichtigung der Vorspannwirkung in jedem Abspannseil ein Zuschlag von 25% zur größten ohne Vorspannung ermittelten Seilkraft angenommen werden. Im zugehörigen abgespannten Bauwerksteil muß dieser Zuschlag dann aber für jedes Seil der Seilgruppe berücksichtigt werden, und zwar auch dann, wenn die Berechnung unter der Annahme aufgestellt wird, daß sich nicht alle Seile der Seilgruppe an der Lastaufnahme beteiligen.

Der bei Windstille einzuregulierende Seildurchhang ist zu ermitteln und in der Zeichnung anzugeben.

4.2.8. Ungewollte Änderungen der Stützbedingungen

Wenn die Möglichkeit besteht, daß sich die planmäßigen Stützbedingungen ungewollt ändern (z. B. im Bergsenkungsgebiet), so ist darauf bereits beim Entwurf Rücksicht zu nehmen.

4.2.9. Lasten aus Bauzuständen

Als Bauzustand gilt z. B. das Anbringen provisorischer Abspannungen, von Gerüsten oder von Hebezeugen. Derartige Bauzustände sind, falls erforderlich, zu untersuchen.

4.2.10. Sonstige Sonderlasten

Wegen zusätzlicher Lasten aus Erdbeben siehe DIN 4149.

4.3. Nachweise

4.3.1. Allgemeiner Spannungsnachweis

Für das Bemessen und für den Spannungsnachweis ist diejenige Lastzusammenstellung maßgebend, die die größten Querschnitte ergibt. Um das mögliche ungünstigste Zusammenwirken der verschiedenen Belastungen erfassen zu können, dürfen immer dann, wenn eine lineare Überlagerung der Kraftgrößen möglich ist, diese Kraftgrößen aus den einzelnen Lasten nach Abschnitt 4.2 getrennt bestimmt werden. In den Fällen, in denen eine lineare Überlagerung der Kraftgrößen aus den einzelnen Lastfällen nicht möglich ist (z. B. bei abgespannten Stahlschornsteinen sowie bei Anwendung der Theorie II. Ordnung), sind die ungünstigsten Lastzusammenstellungen zu erfassen.

Die räumliche Wirkung von Fachwerken ist bei der Ermittlung der Schnittkräfte zu berücksichtigen.

Die Anwendung der Theorie II. Ordnung führt zu einem genaueren Bild des Schnittgrößenverlaufs und im allgemeinen zu einer wirtschaftlicheren Bemessung. Sie kann aber

auch bei bestimmten Bauwerksformen, z. B. bei schlanken mehrfach abgespannten Bauwerken der Bauwerksklasse 2, im Interesse der Sicherheit notwendig sein.

Wird die Nachgiebigkeit der Abspannseile in der Berechnung berücksichtigt, sind außer den elastischen Formänderungen auch die Änderungen des Durchhangs einzu-beziehen.

Ein Nachweis der horizontalen Biegespannungen im Blechmantel des Schornsteines infolge des örtlichen Winddrucks auf die Flächeneinheit ist im allgemeinen erforderlich.

Bei einem Kreisrohrquerschnitt mit glatter Oberfläche dürfen Biegemoment und Normalkraft in Umfangsrichtung folgendermaßen angesetzt werden:

$$M = 0,503 \cdot q \cdot a \cdot r^2 \text{ in kp m (kN m)}$$

$$N = 1,16 \cdot q \cdot a \cdot r \text{ in kp (kN)}$$

Hierin bedeuten:

q Staudruck (Geschwindigkeitsdruck) nach Abschnitt 4.2.5.2 in kp/m^2 (kN/m^2)

a Einheitslänge in m in Richtung der Zylinderachse

r Rohrradius in m

Der Nachweis ist entbehrlich, wenn das Verhältnis Rohrradius zu Blechdicke

$$\frac{r}{t} \leq 160$$

ist oder Ringsteifen angeordnet werden. Diese sind nach denselben Zahlenwertgleichungen zu bemessen; a ist dann die Belastungsbreite der Ringsteifen.

Die Seilkräfte abgespannter Stahlschornsteine der Bauwerksklasse 1 dürfen unter der vereinfachenden Annahme ermittelt werden, daß das Schornsteinrohr an den Anschlußstellen der Abspannungen durchgehende Gelenke aufweist und daß sich nicht alle Seile einer Abspanngruppe an der Lastaufnahme beteiligen. Für die Biegemomente im Rohr derartiger Schornsteine darf weiterhin vereinfachend angenommen werden, daß das Rohr am Fuß starr eingespannt und an den Anschlußstellen der Abspannungen gelenkig gelagert ist. Wegen der elastischen Nachgiebigkeit der Abspannungen ist das so ermittelte Fußeinspannmoment mit dem Faktor 1,5 zu multiplizieren.

Zusätzlich sind in Bauwerksklasse 1 alle auftretenden Beanspruchungen vor dem Vergleich mit den zulässigen Beanspruchungen oder vor der Ermittlung der vorhandenen Sicherheiten mit dem Faktor 1,2 und bei den Seilkräften mit dem Faktor 1,5 zu multiplizieren.

Die maßgebenden Querschnittswerte sind nach DIN 1050 zu ermitteln. In den maßgebenden Querschnitten sind die größten Werte der Spannungen zu errechnen und den jeweils zulässigen Spannungen gegenüberzustellen (Ausnahmen siehe Abschnitt 4.4.1 und 4.4.2).

Die Schnittgrößen nach der Theorie II. Ordnung sind für die ν -fachen Lasten zu ermitteln, durch ν zu dividieren und dann für den Spannungsnachweis wie die Schnittgrößen I. Ordnung weiter zu verwenden; hierfür ist $\nu = 1,5$ zu setzen. Bei abgespannten Schornsteinen der Bauwerksklasse 2 ist in angemessener Weise zu berücksichtigen, daß wegen der Nichtlinearität der Seilcharakteristik die Druckkraft im Schornsteinschaft nicht proportional mit der Windlast zunimmt.

4.3.2. Stabilitätsnachweis

4.3.2.1. Allgemeines

Stabilitätsnachweise sind nach DIN 4114 Blatt 1 und Blatt 2 zu führen. Da in der vorliegenden Norm nicht nach Haupt- und Zusatzlasten unterschieden wird, ist die für den Knick-sicherheitsnachweis von einseitig angeschlossenen Einzelwinkeln (siehe DIN 4114 Blatt 1, Ausgabe 1973, Abschnitt 10.08) angeführte Erleichterung hier gegenstandslos.