



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verschiedene Konstruktionen

Scholtz, Adolf

Leipzig, 1900

§ 11. Stabilität freistehender Schornsteine

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96800](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96800)

dringenden Schornsteine mindestens 0,25 m über denselben hinaus; andere, seitlich vom Dachfirst mündende Schornsteine erhöhe man um 0,30 bis 0,60 m über First, und zwar nähere man sich dem letzten Werte desto mehr, je größer der Abstand des Schornsteines vom Dachfirst ist.

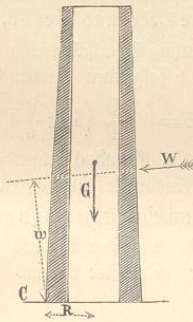
§ 11.

Stabilität freistehender Schornsteine.

1) Bedingungen der Stabilität.

Die Untersuchungen über die Stabilität hoher Schornsteine, die namentlich durch den Winddruck sehr gefährdet ist, werden in der Regel von ganz falschem Gesichtspunkte

Fig. 17.



aus durchgeführt. Es wird der Winddruck W sowie dessen Angriffspunkt ermittelt und das zur Sicherung der Stabilität erforderliche Gewicht G aus der auf den Drehpunkt C (Fig. 17) bezogenen Momentengleichung

$$GR = Ww$$

bestimmt, in welcher

R den Hebelarm von G
und w den Hebelarm von W

bedeutet.

Das theoretische

$$G = \frac{Ww}{R}$$

wird dann ebenfalls noch durch ein

$$G = c \frac{Ww}{R} \dots \dots \dots (1)$$

ersetzt, wo c einen Sicherheitskoeffizienten, den man Stabilitätskoeffizienten zu nennen pflegt, darstellt.

Daß eine derartige Betrachtung sich nicht verteidigen läßt, leuchtet ein. Zunächst fehlt der geeignete Anhalt für die Beurteilung des Wertes c, da eine Ermittlung desselben aus Vergleichen mit der Praxis insofern wenig rationell ist, als ausgeführte Konstruktionen nicht immer gleichzeitig zweckmäßige sein müssen. Weiter bietet die Berechnung der Schornsteindimensionen nach Formel I keine

Garantie gegen eine etwaige Überlastung des Materiales. Sie zieht nur die sogenannte Standsicherheit in Betracht, nicht aber die Festigkeit des Materiales und die Sicherheit gegen Gleiten auf der Lagerfuge.

Jeder mit den Lehren der Baumechanik Vertraute wird wissen, daß man in analoger Weise früher die Futtermauern zu berechnen pflegte, daß man aber in neuerer Zeit wesentlich andere Bedingungen für deren Stabilität aufstellt.

Der Verfasser hält sich deshalb um so mehr berechtigt, eine rationellere Berechnung in ausführlicherer Weise zur Darstellung zu bringen.

Die an jede Steinkonstruktion mit Zug und Recht zu stellende Forderung ist:

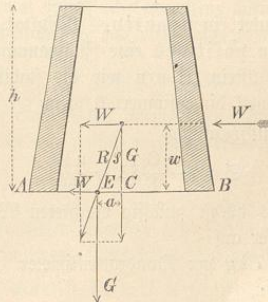
daß in keinem Teile derselben eine übermäßige Zugspannung, vielmehr nur eine so geringe Zugspannung auftritt, daß eine Gefährdung der Konstruktion nicht zu gewärtigen ist.

Diese größte zulässige Zugspannung dürfte hierbei auf 1 kg pro Quadratcentimeter bemessen werden dürfen, doch wird es ratham sein, selbst von dieser, eine Verringerung des Querschnittes gestattenden Annahme abzuweichen, wenn es sich um die Berechnung von hohen Schornsteinen handelt, da das Mauerwerk nicht allein unter dem Einflusse der Witterung, sondern auch durch die Hitze leidet.

Der Gang der Untersuchung ist folgender:

Es sei Fig. 18 AB ein Querschnitt im Abstände h von der Mündung, G sei das Gewicht des Schornsteinsegmentes,

Fig. 18.



W der Winddruck auf dieses, nach Lage und Größe gegeben und horizontal wirkend vorausgesetzt. Weiter sei R die Resultante aus W und G, sie schneide AB in E und bilde mit der Normalen zu AB den Winkel phi.

Die Horizontalkomponente von R, welche gleich W ist, wird ein Gleiten auf der Lagerfuge erstreben und wird, wenn von der Festigkeit des Mörtels abgesehen wird, kleiner

als der Reibungswiderstand sein müssen. Diese Bedingung wird erfüllt, wenn

$$\varphi \leq \varrho$$

ist, wo ϱ den Reibungswinkel bedeutet, welcher = 33° anzunehmen ist.

Die Stabilität gegen Gleiten erfordert daher, daß

$$W \geq G \operatorname{tg} 33^\circ,$$

d. i.

$$W \geq 0,65 G$$

ist. 1)

Die Vertikalkomponente von R, d. i. die in E angreifende Kraft G, beansprucht den Querschnitt AB excentrischen Druck.

Nennt man

a den Abstand des Punktes E von dem Schwerpunkte C des Querschnittes, so entsteht das Biegemoment

$$M = G a,$$

welchem in den Fasern B und A die Spannungen

$$\mathcal{E}_1 = \pm \frac{G a}{W}$$

entsprechen, unter

W das Widerstandsmoment (den Querschnittsmodul) des Schornsteinquerschnittes verstanden.

Dem Drucke G entspricht die Normalspannung

$$\mathcal{E}_2 = - \frac{G}{F}$$

wo F der Inhalt des Querschnittes ist.

Die Gesamtspannung wird

$$\mathcal{E} = - \frac{G}{F} \left[1 \pm \frac{a F}{W} \right]$$

und zwar bedeutet ein negatives Resultat eine Druckspannung, ein positives eine Zugspannung.

Den Schornstein erklären wir als stabil und gleichzeitig als rationell dimensioniert, 2) wenn

1) die Druckspannung

$$\mathcal{E} = - \frac{G}{F} \left(1 + \frac{a F}{W} \right)$$

gerade den als höchst zulässig erachteten Wert annimmt und dürfte dieser auf

7 kg pro Quadratcentimeter

zu bemessen sein,

2) wenn die Zugspannung gleich oder kleiner als Null ist.

Der aus Bedingung 2 sich ergebende Grenzwert a folgt aus der Gleichung

1) Diese Bedingung ist stets erfüllt; man hat deshalb nicht nötig, die bezügliche Gleichung zu untersuchen.

2) Wir fassen hierbei selbstverständlich nur die Festigkeit ins Auge, sehen also von den an die Esse als guten Zugerzeuger zu stellenden Forderungen ab.

$$1 = \frac{a F}{W}$$

und möge mit e bezeichnet werden. Es ist dann

$$e = \frac{W}{F}.$$

Den geometrischen Ort der Punkte, welche im Abstände e von C liegen, nennen wir die Kernfläche, den von dieser und den Endquerschnitten des Schornsteines eingeschlossenen Raum den Kern; weiter bezeichnen wir den geometrischen Ort der Punkte C mit dem Namen Stützlinie und sprechen nun die Bedingungen 2 wie folgt aus:

Soll in der Schornsteinwandung keine Zugspannung auftreten, so müssen sämtliche Punkte der Stützlinie innerhalb des Kernes liegen.

Für die Spannung \mathcal{E} erhalten wir unter Berücksichtigung des Wertes e folgenden Ausdruck:

$$\mathcal{E} = - \frac{G}{F} \left(1 \pm \frac{a}{e} \right)$$

und zwar sind für W, F und e folgende aus der Festigkeitslehre bekannte Ausdrücke einzuführen:

a) für den Schornstein mit Kreisquerschnitt, Fig. 19:

R = großer Radius

r = kleiner Radius

Fig. 19.

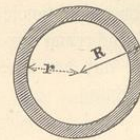
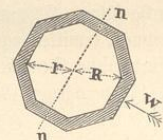


Fig. 20.



$$W = \frac{\pi}{4 R} (R^4 - r^4) = \frac{0,785}{R} (R^4 - r^4)$$

$$F = \pi (R^2 - r^2) = 3,142 (R^2 - r^2)$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{4 R};$$

b) für den Schornstein mit Rechteckquerschnitt, Fig. 20:

R) die Radien der bezüglichen umschriebenen

r) Kreise:

$$W = \frac{0,690}{R} (R^4 - r^4)$$

$$F = 2,828 (R^2 - r^2)$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{4,10 R} = \frac{0,244}{R} (R^2 + r^2);$$

(in Fig. 20 deutet der Pfeil an, daß der Winddruck normal zu einer Seite anzunehmen ist);

c) für den Schornstein mit Sechseckquerschnitt, Fig. 22:

Fig. 21.

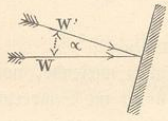
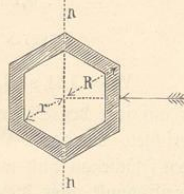


Fig. 22.



$$W = \frac{0,625}{R} (R^4 - r^4)$$

$$F = 2,598 (R^2 - r^2)$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{4,16 R} = \frac{0,240}{R} (R^2 + r^2);$$

d) für den Schornstein mit Quadratquerschnitt:

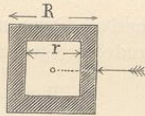
R = äußere Quadratseite
r = innere Quadratseite

$$W = \frac{1}{6 R} (R^4 - r^4)$$

$$F = R^2 - r^2$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{6 R}$$

Fig. 23.



Die Strecke a findet man, wenn der Abstand w des Winddruckes von C gegeben ist, aus der Proportion:

$$a : w = W : G,$$

woraus

$$a = \frac{W w}{G},$$

so daß die Spannung:

$$S = - \frac{G}{F} \left[1 \pm \frac{W w}{G e} \right] \dots (x)$$

wird. Mit Hilfe dieser Formel läßt sich die Aufgabe lösen, sobald der Winddruck W und dessen Hebelarm w in Bezug auf den Querschnitt AB gegeben ist.

2) Bestimmung des Winddruckes.

Wie die Aerodynamik lehrt, ist der Druck, welchen der Wind auf eine ruhende, zu seiner Bewegungsrichtung normale Fläche ausübt:

$$W' = c \gamma \frac{F v^2}{2g},$$

unter:

- F den Inhalt der Fläche in Quadratmetern,
- γ das Gewicht pro Kubikmeter Luft (= 1,292 kg bei 13° C. und 1 Atmosphäre Spannung),
- g die Beschleunigung der Schwere (= 9,81),
- c einen Erfahrungscoeffizienten, der bei kleinen Flächen 1,86 ist,
- v die Geschwindigkeit des Windes in Metern pro Sekunde

verstanden. Der Ausdruck geht nach Einführung der für γ , g und c angegebenen Werte über in

$$W' = 0,12 F v^2,$$

wonach für verschiedene beobachtete Geschwindigkeiten sich folgende Drucke pro Quadratmeter ergeben.

	v	W' pro qm
		kg
Lebhafter Wind	5	3
Sehr lebhafter Wind	10	12
Starker "	15	27
Sehr starker "	20	48
Leichter Sturm	25	75
Starker "	30	108
Orkan	40	192
Stärkster befannter Orkan	48	278

Welcher dieser Werte der Berechnung der Schornsteinabmessungen zu Grunde zu legen ist, hängt von der Örtlichkeit ab. Geraten dürfte es sein, den Druck pro Quadratmeter auf mindestens 200 kg festzusetzen, ihn jedoch bei sehr dem Winde preisgegebenen Anlagen auf 300 zu erhöhen. Zu die folgenden Untersuchungen möge der erstgenannte Wert eingeführt und demnach

$$W' = 200 F$$

geschrieben werden. Der zweiten Annahme entsprechende Resultate erhält man, indem man die nachstehend für Ww entwickelten und in Formel (x) einzusetzenden Ausdrücke mit 1,5 multipliziert.

Aus der Aerodynamik ist ferner bekannt, daß der auf eine ruhende Fläche, deren Normale mit der Windrichtung den Winkel α (Fig. 21) einschließt, sich äußernde, in der Richtung normal zur Fläche gemessene Winddruck — und zwar unter Einführung des oben angegebenen spezifischen Druckes —

$$W' = 200 F \cos^2 \alpha$$

ist (da die Geschwindigkeit normal zur Fläche = $v \cos \alpha$), woraus sich der horizontal wirkende Winddruck

$$W = 200 F \cos^3 \alpha$$

ergibt.

Mit Hilfe dieser Angaben läßt sich nun das Produkt Ww leicht bestimmen. Wir betrachten zunächst:

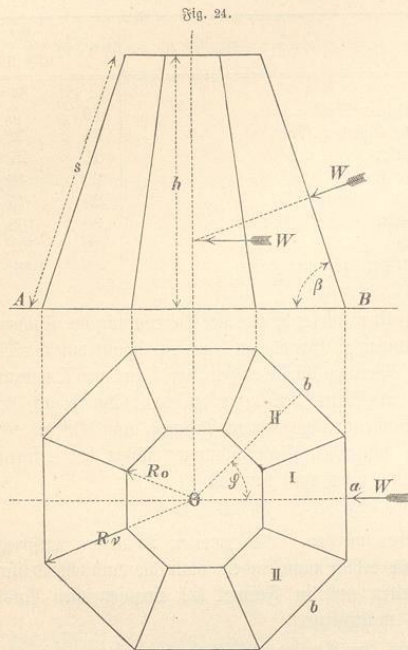
a) den Schornstein mit Achteckquerschnitt.

Der Mantel des Schornsteines ist in Fig. 24 im Grundriß und Aufriß dargestellt. Der Neigungswinkel der Seitenfläche gegen den Horizont sei β ; dann ist der Winkel α zwischen der Windrichtung und der Normalen auf die Fläche I gleich $90^\circ - \beta$, und der horizontale Winddruck auf Fläche I:

$$W_I = 200 F \cos^3 (90^\circ - \beta)$$

$$= 200 F \sin^3 \beta.$$

Die Normale zur Fläche II bildet mit der Windrichtung einen Winkel γ , der sich durch den Winkel β und den Winkel φ , welchen die im Grundriß vom Mittelpunkte o



auf die Kanten a und b gefällten Lote miteinander einschließen, ausdrücken läßt, und zwar lautet die bezügliche Relation:

$$\cos \gamma = \sin \beta \cos \varphi.$$

Es wird hiernach der Winddruck auf Fläche II

$$W_{II} = 200 F \sin^3 \beta \cos^3 \varphi$$

und wegen

$$\varphi = 45^\circ; \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$W_{II} = 71 F \sin^3 \beta.$$

Der gesamte auf den Pyramidenstumpf-Mantel sich äußernde horizontale Winddruck ist also:

$$W = 200 F \sin^3 \beta + 2 \cdot 71 F \sin^3 \beta$$

$$W = 342 F \sin^3 \beta.$$

Ist nun

R_o der umschriebene Radius des oberen Achtecks,

R_u " " " " unteren "

so sind die entsprechenden Achteckseiten

$$0,7654 R_o \text{ resp. } 0,7654 R_u.$$

Wird dann weiter mit

s die Höhe des Trapezes I bzw. II

bezeichnet, dann ergibt sich

$$F = \frac{s}{2} \cdot 0,7654 (R_o + R_u) \\ = 0,3827 s (R_o + R_u),$$

weshalb

$$W = 131 s (R_o + R_u) \sin^3 \beta.$$

Der auf jede der Seitenflächen wirkende, normal zu diesen gerichtete Winddruck W' greift im Schwerpunkt der bezüglichen Fläche an und wird hiernach der gemeinschaftliche Angriffspunkt aller dieser Kräfte W' als der Schnittpunkt der nun nach Lage bestimmten W' mit der Achse der Pyramide gefunden. Dieser Angriffspunkt kann aber als mit dem Schwerpunkte eines durch die Achse gelegten Längenprofils zusammenzufallen angenommen werden, so daß sich für seinen Abstand w von der Grundfläche der Ausdruck

$$w = \frac{h}{3} \frac{2 R_o + R_u}{R_o + R_u}$$

ergibt. Dann wird das gesuchte Moment des Winddruckes bezogen auf den Schwerpunkt der Grundfläche

$$W w = \frac{131}{3} s h (2 R_o + R_u) \sin^3 \beta$$

und wenn

$$\sin \beta = \frac{h}{s}$$

gesetzt wird,

$$W w = \frac{131 h^4 (2 R_o + R_u)}{3 s^2}.$$

Nun kann man sich leicht durch Rechnung die Überzeugung verschaffen, daß bei den für Schornsteine üblichen Verjüngungsverhältnissen

$$s = h$$

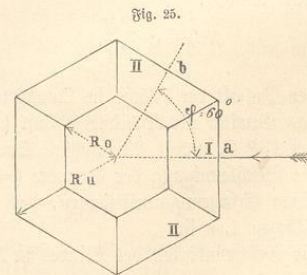
gesetzt werden kann, so daß obiger Ausdruck durch

$$W w = 44 h^2 (2 R_o + R_u)$$

ersetzt werden darf.

b) Der Schornstein mit Sechseckquerschnitt.

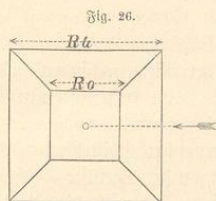
Wir führen hier sofort die vereinfachende Annahme ein, bei Ermittlung des Wertes W die Pyramide durch



ein Prisma zu ersetzen, dessen Querschnitt der umschriebene Radius

entspricht.

$$R_1 = \frac{R_o + R_u}{2}$$



Der Winddruck auf die Seitenfläche I ist
 $W_I = 200 F$,
 der auf Seitenfläche II:

$$W_{II} = 200 F \cos^3 60^\circ = 200 F \left(\frac{1}{2}\right)^3$$

$$W_{II} = 25 F$$

mithin der gesamte horizontale Winddruck:
 $W = 250 F$,

worin

$$F = R_1 h = \frac{h}{2} (R_o + R_u).$$

Da ferner

$$w = \frac{h}{3} \frac{2 R_o + R_u}{R_o + R_u}$$

so folgt:

$$W w = 42 h^2 (2 R_o + R_u).$$

c) Der Schornstein mit Quadratquerschnitt

$$W = 200 F = 200 R_1 h$$

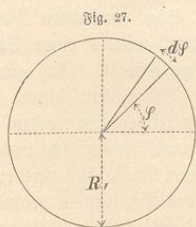
$$w = \frac{h}{3} \frac{2 R_o + R_u}{2 R_1}$$

$$W w = 33 h^2 (2 R_o + R_u).$$

d) Der Schornstein mit Kreisquerschnitt.

Für das dem Winkel φ (Grundriß Fig. 27) entsprechende Element ist:

$$d W = 200 \cos^3 \varphi d F,$$



worin

$$d F = h R_1 d \varphi.$$

Demnach wird

$$W = 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} d W = 400 h R_1 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 \varphi d \varphi$$

$$= 400 h R_1 \int_0^{\frac{\pi}{2}} (1 - \sin^2 \alpha) d(\sin \alpha)$$

$$= 400 h R_1 \left[\sin \alpha - \frac{\sin^3 \alpha}{3} \right]_0^{\frac{\pi}{2}}$$

$$= 400 h R_1 \cdot \frac{2}{3}.$$

Ferner ist:

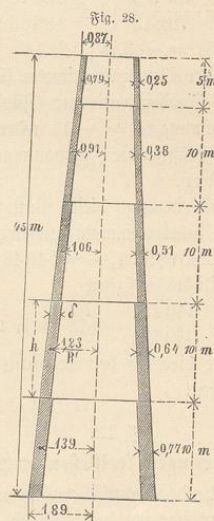
$$w = \frac{h}{3} \frac{2 R_o + R_1}{2 R_1}$$

mithin:

$$W w = 400 h^2 (2 R_o + R_1) \frac{1}{9}$$

$$W w = 45 h^2 (2 R_o + R_1).$$

Es erübrigt noch, den Gang der Rechnung durch ein Beispiel zu erläutern, und wählen wir hierzu die Untersuchung der Stabilität des in Fig. 28 dargestellten Schornsteines, der einen kreisförmigen Querschnitt habe.



Die Gewichte der einzelnen in der Wandung gleichstarken Abfälle berechnen wir nach dem für Rotationskörper geltenden Gesetze.

Nennen wir

h die Höhe des Segmentes,

$F = \delta h$ den Inhalt der rotierenden Fläche,

R' den Abstand des Schwerpunktes dieser Fläche

von der Achse des Schornsteines, so ist

$$G = \gamma \cdot 2 \pi R' \cdot \delta h,$$

wo γ das Gewicht pro Kubikeinheit des Mauerwerkes.

Wird $\gamma = 1600$ kg pro Kubikmeter angenommen, so ist

$$G = 1600 \cdot 2 \cdot \pi R' \delta h = 10060 \delta h R'.$$

Hiernach ergeben sich folgende Gewichte:

$$G_I = 10060 \cdot 0,25 \cdot 5,0 \cdot 0,79 = 9934$$

$$G_{II} = 10060 \cdot 0,38 \cdot 10,0 \cdot 0,91 = 34787$$

$$G_{III} = 10060 \cdot 0,51 \cdot 10,0 \cdot 1,06 = 54384$$

$$G_{IV} = 10060 \cdot 0,64 \cdot 10,0 \cdot 1,23 = 79192$$

$$G_V = 10060 \cdot 0,77 \cdot 10,0 \cdot 1,39 = 107672$$

$$\Sigma G = 285969 \text{ kg}$$

Dem untersten Querschnitte entspricht der Kernabstand

$$e = \frac{1,89^2 + 1,12^2}{4 \cdot 1,89} = 0,64.$$

Das Produkt Ww (bezogen auf den gesamten Schornstein) ist

$$Ww = 45 \cdot 45^2 (2 \cdot 0,87 + 1,89) = 330783,75 \text{ kgm}$$

während das Produkt Ge sich nur

$$Ge = 285969 \cdot 0,64 = 183020,16 \text{ kgm},$$

herausstellt.

Die Spannungen im untersten Querschnitte sind wegen

$$F = \pi (189^2 - 112^2) = 72813 \text{ qcm}$$

$$\sigma = -\frac{285969}{72813} \left[1 \pm \frac{330784}{183020} \right] =$$

$$\sigma = -3,93 [1 \pm 1,8]$$

$$\sigma = -11 \text{ kg pro Quadratcentimeter (Druckspannung)} \\ + 3 \text{ kg pro Quadratcentimeter (Zugspannung).}$$

Die Druckspannung $\sigma = -11$ wäre bei gutem Materiale allenfalls zulässig, die Zugspannung 3 aber unter keinen Umständen.

Hätte man die eingangs dieses Paragraphen getadelte Methode der Stabilitätsbestimmung angewendet, so hätte, da

$$GR = 285969 \cdot 1,89 = 540481 \text{ kgm}$$

ist, sich ein Stabilitätskoeffizient

$$c = \frac{540481}{330784} = \frac{54}{33} = 1,64$$

ergeben und hätte hiernach der Schornstein für stabil erklärt werden müssen.

§ 12.

Formveränderungen freistehender Schornsteine.

1) Bei freistehenden Fabricschornsteinen, die einer starken Beanspruchung unterworfen sind, werden nicht selten nach einer gewissen Nutzungsdauer Deformationen des Schornsteingemäuers resp. Lageveränderungen an dem Baukörper wahrgenommen. Am häufigsten tritt der Fall ein, daß das Schornsteinmauerwerk infolge Einwirkung der Feuer gasen berstet und sich in dem geschlossenen Baukörper Risse bilden, welche mehr oder weniger vertikal verlaufen, auch wohl der Richtung der Fugentreppe folgen. Diese Sprünge beginnen in der Regel über dem Postamentmauerwerk und ziehen sich in die oberen Schornstein-Etagen hinauf, ohne jedoch einen fortlaufenden Riß zu bilden.

Um den Fortschritt dieser, die Stabilität des Bauwerkes beeinträchtigenden Deformationen zu hindern, muß

der Schornstein bis zu derjenigen Höhe, in welcher Risse wahrnehmbar sind, äußerlich berüstet werden. Es werden sodann in vertikalen Abständen von 1 bis 1,25 m 6 bis 8 cm hohe Bänder von Flachisen umgelegt und deren Enden durch Schrauben kräftig zusammengezogen. Hierdurch wird die Erweiterung der Risse verhindert und der deformierte Schornstein kann, wenn dessen Konstruktion keine fehlerhafte ist, noch Jahre hinaus benutzt werden.

2) Bei neuerbauten freistehenden Schornsteinen — namentlich solchen an der Seeküste — die dauernd starkem Winddruck ausgesetzt sind, ist die Beobachtung gemacht worden, daß die noch nicht erhärteten Lagerfugen der oberen Schornstein-Etagen — namentlich wenn Kalkmörtel verwendet wurde — unter dem Einfluß heftiger Stürme zusammengepreßt wurden. Dieser obere Teil des Schornsteines bildet dann auf der dem Winde zugewendeten Seite eine konvexe, auf der entgegengesetzten Seite eine konkave Linie. Der Fugenmörtel an der konkaven Seite ist komprimiert, an der konvexen Seite dagegen haben sich die Fugen geöffnet. Abhilfe geschieht in diesem Fall wie folgt: der Schornstein ist in ganzer Höhe äußerlich zu berüsten, sodann werden nach Bedarf an der konvexen Seite in vertikalen Abständen mittels einer Schrottsäge mehrere Mörtelbänder etwa bis zur Schornsteinachse hin eingefügt. Hierauf bringt man unterhalb des Schornsteinkopfes vertikale Versteifungsschienen, die durch starke Eisenbänder gegürtet werden, an und befestigt die zum Geraderichten erforderlichen Tauen an den hierzu angebrachten, starken eisernen Haken. Zu dem Ende sind in angemessener Entfernung vom Schornsteinpostament Windvorrichtungen aufgestellt und mit dem Erdboden fest verbunden: mittels dieser wird der Schornstein leicht in die ursprüngliche, normale Lage zurückgezogen. Die Kontrolle erfolgt durch ein im Innern des Schornsteines aufgehängtes Lot, welches an einem über der Schornsteinmündung angebrachten Fadenzug befestigt ist. Als Ersatz für den durch die Säge entfernten Mörtel wird dünnflüssiger Cementmörtel mittels einer Spritze in die betreffenden Fugen eingebracht. Bis zur Erhärtung des Letzteren muß der Schornstein durch die angespannten Tauen in seiner Lage festgehalten werden. Man darf aber zu dieser Arbeit niemals neue Tauen verwenden, weil dieselben bei eintretendem Regen sich verkürzen und somit die normale Richtung des Baukörpers verändern würden.

3) Seltener ist endlich der Fall, daß sich die Fundamentsohle des Schornsteines — etwa infolge ungeeigneten Baugrundes — gesenkt hat, die Mauer-schichten demzufolge nicht horizontale, sondern geneigte Ebenen bilden und die Schornsteinachse eine Abweichung von der Vertikalen erleidet, welche bei hohen Schornsteinen 1,0 m und darüber betragen kann.