Verschiedene Konstruktionen

Scholtz, Adolf

Leipzig, 1900

§ 12. Formveränderungen freistehender Schornsteine

urn:nbn:de:hbz:466:1-96800

Hiernach ergeben sich folgende Gewichte:

$$G_{I} = 10060 \,.\, 0{,}25 \,.\, 5{,}0 \,.\, 0{,}79 = 9934$$
$$G_{II} = 10060 \,.\, 0{,}38 \,.\, 10{,}0 \,.\, 0{,}91 = 34787$$
$$G_{III} = 10060 \,.\, 0{,}51 \,.\, 10{,}0 \,.\, 1{,}06 = 54384$$
$$G_{IV} = 10060 \,.\, 0{,}64 \,.\, 10{,}0 \,.\, 1{,}23 = 79192$$
$$G_{V} = 10060 \,.\, 0{,}77 \,.\, 10{,}0 \,.\, 1{,}39 = 107672$$
$$\Sigma G = 285969 \text{ kg}$$

Dem untersten Querschnitte entspricht der Kernabstand

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

Das Produkt W w (bezogen auf den gesamten Schornstein) ist

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

während das Produkt G e sich nur

$$G\,e = 285969 \,.\, 0{,}64 = 183020{,}16 \text{ kgm},$$

herausstellt.

Die Spannungen im untersten Querschnitte sind wegen

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

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

$$\mathfrak{S} = -3{,}93\,[1 \pm 1{,}8]$$

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

Die Druckspannung $\mathfrak{S} = -11$ 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

$$G\,R = 285969 \,.\, 1{,}89 = 540481 \text{ kgm}$$

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 Fabrikschornsteinen, 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 Feuergase berstet und sich in dem geschlossenen Baukörper Risse bilden, welche mehr oder weniger vertikal verlaufen, auch wohl der Richtung der Fugentreppung 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 Flacheisen 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 Schrotsäge mehrere Mörtelbänder etwa bis zur Schornsteinachse hin eingesägt. Hierauf bringt man unterhalb des Schornsteinkopfes vertikale Versteifungsschienen, die durch starke Eisenbänder gegürtet werden, an und befestigt die zum Geraderichten erforderlichen Taue an den hierzu angebrachten, starken eisernen Haken. Zu dem Ende sind in angemessener Entfernung vom Schornsteinpostament Windevorrichtungen 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 Fadenkreuz 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 Taue in seiner Lage festgehalten werden. Man darf aber zu dieser Arbeit niemals neue Taue 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 Mauerschichten 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.

Solche bedeutende Lageveränderungen hatte im Laufe von 20 Jahren ein zu Frankfurt a. O. errichteter, 43,82 m hoher Schornstein angenommen! Die Abweichung der Mittellinie desselben vom Lot betrug 1,10 m! Verfasser wurde (im Jahre 1891) damit betraut, festzustellen:

„Ob die Standfestigkeit des fraglichen Schornsteines noch ausreichend sei, um jede Gefährdung benachbarter Baulichkeiten und des darin beschäftigten Personales auszuschließen.“

Mit Hilfe einer älteren Bauzeichnung und — gestützt auf die an Ort und Stelle vorgenommenen genauen Messungen — sind die Grundrisse und ein Profil des Schornsteines aufgetragen und auf Tafel 4[a] zur Darstellung gebracht.

Nachstehend geben wir die zu diesem Zweck angestellten Stabilitätsuntersuchungen.

A. Gewichte der einzelnen Schornsteinabsätze. Dieselben werden in Tonnen ausgedrückt und das Kubikmeter Mauerwerk mit 1,6 t in Ansatz gebracht.

Absatz I

$$\pi \, \frac{2{,}32 + 1{,}62}{2} \, . \, 0{,}15 \, . \, 5{,}84 \, . \, 1{,}6 \text{ t} \qquad = \quad 8{,}67 \text{ t}$$

Absatz II

$$\pi \, \frac{2{,}64 + 1{,}82}{2} \, . \, 0{,}25 \, . \, 4{,}72 \, . \, 1{,}6 \text{ t} \qquad = \quad 13{,}23 \text{ t}$$

Absatz III

$$\left.\begin{array}{ll} \pi \, \dfrac{3{,}17 + 2{,}14}{2} \, . \, 0{,}25 \, . \, 7{,}84 \, . \, 1{,}6 \text{ t} & = 30{,}10 \\ \pi \, . \, 2{,}01 \, . \, 0{,}15 \, . \, 7{,}84 \, . \, 1{,}6 \text{ t} & = 11{,}88 \end{array}\right\} = \quad 41{,}98 \text{ t}$$

Absatz IV

$$\left.\begin{array}{ll} \pi \, \dfrac{4{,}15 + 2{,}67}{2} \, . \, 0{,}25 \, . \, 15{,}70 \, . \, 1{,}6 \text{ t} & = 67{,}27 \\ \pi \, . \, 2{,}11 \, . \, 0{,}25 \, . \, 15{,}70 \, . \, 1{,}6 \text{ t} & = 41{,}63 \end{array}\right\} = \quad 108{,}90 \text{ t}$$

Absatz IV[a]

$$\left.\begin{array}{ll} \pi \, . \, 3{,}95 \, . \, 0{,}30 \, . \, 0{,}48 \, . \, 1{,}6 \text{ t} & = 2{,}86 \\ \pi \, . \, 2{,}11 \, . \, 0{,}25 \, . \, 0{,}48 \, . \, 1{,}6 \text{ t} & = 1{,}27 \end{array}\right\} = \quad 4{,}13 \text{ t}$$

Absatz V

$$\left[4{,}4^2 - \frac{\pi}{4} \left(2{,}96^2 - 2{,}36^2 + 1{,}86^2\right)\right] . \, 7{,}50 \, . \, 1{,}6 \text{ t} \qquad = \quad 169{,}63 \text{ t}$$

Absatz VI

$$\left[4{,}55^2 - \frac{\pi}{4} \left(2{,}96^2 - 2{,}36^2 + 1{,}86^2\right)\right] . \, 1{,}74 \, . \, 1{,}6 \text{ t} \qquad = \quad 43{,}09 \text{ t}$$

Absatz VII

$$\left[4{,}86^2 - \frac{\pi}{4} \left(2{,}96^2 - 2{,}36^2 + 1{,}86^2\right)\right] . \, 1{,}0 \, . \, 1{,}6 \text{ t} \qquad = \quad 29{,}43 \text{ t}$$

Absatz VIII

$$5{,}50^2 \, . \, 3{,}0 \, . \, 1{,}6 \text{ t} \qquad = \quad 145{,}20 \text{ t}$$

Hieraus Summenbelastungen:

$\Sigma\, G^{I}$	$= 8{,}67$ t	$\Sigma\, G^{V}$	$= 346{,}54$ t
$\Sigma\, G^{II}$	$= 21{,}90$ „	$\Sigma\, G^{VI}$	$= 389{,}63$ „
$\Sigma\, G^{III}$	$= 63{,}88$ „	$\Sigma\, G^{VII}$	$= 419{,}06$ „
$\Sigma\, G^{IV}$	$= 172{,}78$ „	$\Sigma\, G^{VIII}$	$= 564{,}26$ „
$\Sigma\, G^{IVa}$	$= 176{,}91$ „		

In dieser Gewichtsermittelung sind zu Gunsten der Standsicherheit vernachlässigt die Gewichte der horizontalen und radialen Bindeglieder.

B. Um die Wirkung der Ausweichung aus dem Lot beurteilen zu können, ist die Bestimmung der Schwerpunkte der Massen erforderlich.

In I berechnet sich

$$\frac{2{,}17 + 2\sqrt{2{,}17 \, . \, 1{,}77} + 3 \, . \, 1{,}77}{4\left(2{,}17 + \sqrt{2{,}17 \, . \, 1{,}77} + 1{,}77\right)} \, . \, 5{,}84 = \frac{11{,}40}{23{,}60} \, . \, 5{,}84 \qquad = 2{,}87 \text{ m}$$

in II

$$\frac{2{,}3. + 2\sqrt{2{,}39 \, . \, 2{,}07} + 3 \, . \, 2{,}07}{4\left(2{,}39 + \sqrt{2{,}39 \, . \, 2{,}07} + 2{,}07\right)} \, . \, 4{,}72 = \frac{13{,}048}{23{,}736} \, . \, 4{,}72 = 2{,}304 \text{ m}$$

in III

$$\frac{2{,}92 + 2\sqrt{2{,}92 \, . \, 2{,}39} + 3 \, . \, 2{,}39}{4\left(2{,}92 + \sqrt{2{,}92 \, . \, 2{,}39} + 2{,}39\right)} \, . \, 7{,}84 = \frac{15{,}374}{31{,}808} \, . \, 7{,}84 = 3{,}79 \text{ m}$$

in IV

$$\frac{3{,}90 + 2\sqrt{3{,}90 \, . \, 2{,}92} + 3 \, . \, 2{,}92}{4\left(3{,}90 + \sqrt{3{,}90 \, . \, 2{,}92} + 2{,}92\right)} \, 15{,}70 = \frac{19{,}41}{40{,}78} \, . \, 15{,}70 = 7{,}473 \text{ m}$$

Hieraus findet man die Schwerpunkthöhe über:

a^{I} für $\Sigma\, G^{I}$

$$= 2{,}87 \text{ m}$$

a^{II} für $\Sigma\, G^{II}$

$$\frac{(4{,}72 + 2{,}87)\, 8{,}67 + 2{,}304 \, . \, 13{,}23}{21{,}90} = 4{,}279 \text{ m}$$

a^{III} für $\Sigma\, G^{III}$

$$\frac{(7{,}84 + 4{,}279)\, 21{,}90 + 3{,}79 \, . \, 30{,}10 + 30{,}92 \, . \, 11{,}88}{63{,}88} = 6{,}67 \text{ m}$$

a^{IV} für $\Sigma\, G^{IV}$

$$\frac{(15{,}7 + 6{,}67)\, 63{,}88 + 7{,}473 \, . \, 67{,}27 + 7{,}85 \, . \, 41{,}63}{172{,}78} = 13{,}072 \text{ m}$$

a^{V} für $\Sigma\, G^{V}$

$$\frac{(7{,}98 + 13{,}072)\, 172{,}78 + 7{,}74 \, . \, 4{,}13 + 3{,}75 \, . \, 169{,}63}{346{,}54} = 12{,}424 \text{ m}$$

a^{VI} für $\Sigma\, G^{VI}$

$$\frac{(1{,}74 + 12{,}424)\, 346{,}54 + 0{,}87 \, . \, 43{,}02}{389{,}63} = 12{,}694 \text{ m}$$

a^{VII} für $\Sigma\, G^{VII}$

$$\frac{(1{,}00 + 12{,}694)\, 389{,}63 + 0{,}50 \, . \, 29{,}43}{419{,}06} = 12{,}767 \text{ m}$$

a^{VIII} für $\Sigma\, G^{VIII}$

$$\frac{(3{,}00 + 12{,}767)\, 419{,}06 + 1{,}50 \, . \, 145{,}20}{564{,}26} = 12{,}105 \text{ m}$$

Hiernach ergeben sich, da eine Ausweichung von 1,10 m auf 47,83 m entfällt, folgende Momente aus der excentrischen Belastung:

$$\text{in } a^{I}: \quad 8{,}67 \,.\, 1{,}10 \,.\, \frac{2{,}87}{47{,}82} = 0{,}57 \text{ tm}$$

$$\text{„ } a^{II}: \quad 21{,}90 \,.\, 1{,}10 \,.\, \frac{4{,}279}{47{,}82} = 2{,}16 \text{ „}$$

$$\text{„ } a^{III}: \quad 63{,}88 \,.\, 1{,}10 \,.\, \frac{6{,}67}{47{,}82} = 9{,}80 \text{ „}$$

$$\text{„ } a^{IV}: \quad 172{,}78 \,.\, 1{,}10 \,.\, \frac{13{,}072}{47{,}82} = 51{,}95 \text{ „}$$

$$\text{„ } a^{V}: \quad 346{,}54 \,.\, 1{,}10 \,.\, \frac{12{,}424}{47{,}82} = 99{,}04 \text{ „}$$

$$\text{„ } a^{VI}: \quad 389{,}63 \,.\, 1{,}10 \,.\, \frac{12{,}694}{47{,}82} = 113{,}77 \text{ „}$$

$$\text{„ } a^{VII}: \quad 419{,}06 \,.\, 1{,}10 \,.\, \frac{12{,}767}{47{,}82} = 123{,}07 \text{ „}$$

$$\text{„ } a^{VIII}: \quad 564{,}26 \,.\, 1{,}10 \,.\, \frac{12{,}105}{47{,}82} = 157{,}12 \text{ „}$$

Die Wirkung dieser Momente ist vermöge der Widerstandsmomente in denselben zu beurteilen.

Die Widerstandsmomente sind:

$$\text{in } a^{I} \quad \mathfrak{W}^{I} = \frac{\pi\,(2{,}32^4 - 2{,}02^4)}{32 \,.\, 3{,}32} = 0{,}521$$

$$\text{„ } a^{II} \quad \mathfrak{W}^{II} = \frac{\pi\,(2{,}64^4 - 2{,}14^4)}{32 \,.\, 2{,}64} = 1{,}022$$

$$\text{„ } a^{III} \quad \mathfrak{W}^{III} = \frac{\pi\,(3{,}17^4 - 2{,}67^4 + 2{,}16^4 - 1{,}86^4)}{32 \,.\, 3{,}17} = 1{,}857$$

$$\text{„ } a^{IV} \quad \mathfrak{W}^{IV} = \frac{\pi\,(4{,}15^4 - 3{,}65^4 + 2{,}36^4 - 1{,}86^4)}{32 \,.\, 4{,}15} = 3{,}269$$

$$\text{„ } a^{V} \quad \mathfrak{W}^{V} = \frac{4{,}40^3}{6} - \frac{\pi\,(2{,}96^4 - 2{,}36^4 + 1{,}86^4)}{32 \,.\, 4{,}46} = 13{,}960$$

$$\text{„ } a^{VI} \quad \mathfrak{W}^{VI} = \frac{4{,}55^3}{6} - \frac{\pi\,(2{,}96^4 - 2{,}36^4 + 1{,}86^4)}{32 \,.\, 4{,}55} = 14{,}458$$

$$\text{„ } a^{VII} \quad \mathfrak{W}^{VII} = \frac{4{,}86^3}{6} - \frac{\pi\,(2{,}96^4 - 2{,}36^4 + 1{,}86^4)}{32 \,.\, 4{,}86} = 17{,}970$$

$$\text{„ } a^{VIII} \quad \mathfrak{W}^{VIII} = \frac{5{,}5^3}{6} = 27{,}729$$

Die Druckfläche der Fugen beträgt:

$$\text{in } a^{I} \quad F^{I} = \frac{\pi}{4}\,(2{,}32^2 - 2{,}02^2) = 1{,}023 \text{ qm}$$

$$\text{„ } a^{II} \quad F^{II} = \frac{\pi}{4}\,(2{,}64^2 - 2{,}14^2) = 1{,}877 \text{ „}$$

$$\text{„ } a^{III} \quad F^{III} = \frac{\pi}{4}\,(3{,}17^2 - 2{,}67^2 + 2{,}16^2 - 1{,}86^2) = 3{,}241 \text{ „}$$

$$\text{„ } a^{IV} \quad F^{IV} = \frac{\pi}{4}\,(4{,}15^2 - 3{,}65^2 + 2{,}36^2 - 1{,}86^2) = 4{,}720 \text{ „}$$

$$\text{„ } a^{V} \quad F^{V} = 4{,}4^2 - \frac{\pi}{4}\,(2{,}96^2 - 2{,}36^2 + 1{,}86^2) = 14{,}136 \text{ „}$$

$$\text{in } a^{VI} \quad F^{VI} = 4{,}55^2 - \frac{\pi}{4}\,(2{,}96^2 - 2{,}36^2 + 1{,}86^2) = 15{,}478 \text{ qm}$$

$$\text{„ } a^{VII} \quad F^{VII} = 4{,}86^2 - \frac{\pi}{4}\,(2{,}96^2 - 2{,}36^2 - 1{,}86^2) = 18{,}395 \text{ „}$$

$$\text{„ } a^{VIII} \quad F^{VIII} = 5{,}50 = 30{,}250 \text{ „}$$

Hieraus ergiebt sich ohne Hinzutritt von Winddruck eine Fugenpressung

$$\text{in } a^{I}: \quad \frac{8{,}67}{1{,}023} \pm \frac{0{,}57}{0{,}521} = 8{,}475 \pm 1{,}094 = \begin{cases} 9{,}569 \text{ t/q} \\ 7{,}381 \text{ „} \end{cases}$$

$$\text{„ } a^{II}: \quad \frac{21{,}90}{1{,}877} \pm \frac{2{,}16}{1{,}022} = 11{,}668 \pm 2{,}113 = \begin{cases} 13{,}781 \text{ „} \\ 9{,}555 \text{ „} \end{cases}$$

$$\text{„ } a^{III}: \quad \frac{63{,}88}{3{,}241} \pm \frac{9{,}80}{1{,}857} = 19{,}710 \pm 5{,}277 = \begin{cases} 24{,}987 \text{ „} \\ 14{,}433 \text{ „} \end{cases}$$

$$\text{„ } a^{IV}: \quad \frac{172{,}78}{4{,}720} \pm \frac{51{,}95}{3{,}269} = 36{,}606 \pm 15{,}892 = \begin{cases} 52{,}498 \text{ „} \\ 20{,}714 \text{ „} \end{cases}$$

$$\text{„ } a^{V}: \quad \frac{346{,}54}{14{,}136} \pm \frac{99{,}04}{13{,}690} = 24{,}689 \pm 7{,}234 = \begin{cases} 31{,}923 \text{ „} \\ 17{,}455 \text{ „} \end{cases}$$

$$\text{„ } a^{VI}: \quad \frac{389{,}63}{15{,}478} \pm \frac{113{,}77}{14{,}458} = 25{,}173 \pm 7{,}869 = \begin{cases} 33{,}042 \text{ „} \\ 17{,}304 \text{ „} \end{cases}$$

$$\text{„ } a^{VII}: \quad \frac{419{,}06}{18{,}395} \pm \frac{123{,}07}{17{,}970} = 22{,}781 \pm 6{,}849 = \begin{cases} 29{,}630 \text{ „} \\ 15{,}932 \text{ „} \end{cases}$$

$$\text{„ } a^{VIII}: \quad \frac{564{,}26}{30{,}25} \pm \frac{157{,}12}{27{,}729} = 18{,}653 \pm 5{,}666 = \begin{cases} 24{,}319 \text{ „} \\ 12{,}987 \text{ „} \end{cases}$$

In diesen Resultaten beziehen sich die Werte des größeren Druckes (bis zu 52,5 t/qm = 5,25 kg/qcm) auf diejenige Kante, gegen welche der Schornstein geneigt ist, diejenigen des kleineren Druckes auf die entgegengesetzte Kante.

C. Der „Winddruck" auf einen Cylinder ist gleich dem geraden Druck auf den Vertikalschnitt durch den Cylindermittelpunkt, multipliziert mit einem Faktor, dessen theoretische Größe sich aus dem Integral ergiebt

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^3 \varphi \, d\varphi = \frac{2}{3}$$

wobei von der geringen Neigung durch Dossierung abgesehen wird.

Betrüge der Winddruck auf ein Quadratmeter senkrecht getroffener Fläche 1 t, so ist der Druck auf eine Trapezfläche, die oben eine Breite a, unten solche von A und eine Höhe h hat:

$$W = a\,h + (A - a)\,\frac{h}{2}$$

und das Moment, bezogen auf die untere Fuge, ist

$$M\,W = a\,h\,\frac{h}{2} + (A - a)\,\frac{h}{2} \cdot \frac{h}{3}$$

$$= \frac{h^2}{6}\,(A - 2a).$$

Daraus würden sich, immer bei 1 t Winddruck pro Quadratmeter, die folgenden Momente ergeben:

in a^{I}: $\frac{2}{3} \cdot \frac{5{,}84^2}{6} (2{,}32 + 2 \,.\, 1{,}93) = 23{,}39$ tm

in a^{II}: $\frac{2}{3} \cdot \frac{10{,}56^2}{6} (2{,}64 + 2 \,.\, 1{,}93) = 80{,}54$ „

„ a^{III}: $\frac{2}{3} \cdot \frac{18{,}40^2}{6} (3{,}17 + 2 \,.\, 1{,}93) = 264{,}45$ „

„ a^{IV}: $\frac{2}{3} \cdot \frac{34{,}10^2}{6} (4{,}15 + 2 \,.\, 1{,}93) = 1034{,}90$ „

Ferner erhält man, da der Winddruck auf den Körper $\Sigma\ G^{IV}$ betragen würde

$$\frac{2}{3} \,.\, 34{,}10 \,.\, \frac{4{,}15 \,.\, 1{,}93}{2} = 69{,}11 \text{ t}$$

auf G^{IVa} $\frac{2}{3} \,.\, 0{,}48 \,.\, 4{,}35 \quad = \underline{1{,}39}$ „

$70{,}50$ t

das Moment

in a^{IVa}: $1034{,}90 + 0{,}48 \left(69{,}11 + \frac{1{,}39}{2}\right) = 1068{,}41$ tm

„ a^{V}: $1068{,}71 + 7{,}50 \left(70{,}50 + \frac{1}{2} \,.\, 4{,}40 \,.\, 7{,}50\right)$

$= 1068{,}41 + 7{,}50 \left(70{,}50 + \frac{1}{2}\, 33\right) = 1720{,}91$ tm

bei einem Gesamtwinddruck von

$$70{,}50 + 30 = 103{,}50 \text{ t}$$

in a^{VI}: $1720{,}91 + 1{,}74 \left(103{,}50 + \frac{1}{2}\, 1{,}74 \,.\, 4{,}55\right)$

$= 1720{,}91 + 1{,}74 \left(103{,}50 + \frac{1}{2}\, 7{,}92\right) = 1907{,}89$ tm

bei einem Gesamtwinddruck von

$$103{,}50 + 7{,}92 = 111{,}42 \text{ t}$$

in a^{VII}: $1907{,}89 + 1{,}0 \,.\, 111{,}42 = 2019{,}31$ tm

„ a^{VIII}: $2019{,}31 + 3{,}0 \,.\, 111{,}42 = 2353{,}57$ „

Beträgt aber der Winddruck auf das Quadratmeter senkrecht getroffener Fläche nicht 1 t, sondern den Bruchteil c dieser Einheit, so resultiert nach dem Vorstehenden aus dem Winddruck eine Fugenbeanspruchung

in a^{I}: $\frac{23{,}39\, c}{0{,}521} = \pm\ 44{,}894\, c$ t/qm

„ a^{II}: $\frac{80{,}54\, c}{1{,}022} = \pm\ 78{,}806\, c$ „

„ a^{III}: $\frac{264{,}45\, c}{1{,}857} = \pm\ 142{,}407\, c$ „

„ a^{IV}: $\frac{1034{,}90\, c}{3{,}269} = \pm\ 316{,}580\, c$ „

„ a^{V}: $\frac{1720{,}91\, c}{13{,}690} = \pm\ 127{,}706\, c$ „

„ a^{VI}: $\frac{1907{,}89\, c}{14{,}458} = \pm\ 131{,}968\, c$ „

„ a^{VII}: $\frac{2019{,}31\, c}{17{,}970} = \pm\ 112{,}371\, c$ „

„ a^{VIII}: $\frac{2353{,}57\, c}{27{,}729} = \pm\ 84{,}877\, c$ „

also die Gesamtbeanspruchung

in a^{I} $\begin{cases} 9{,}569 \\ 7{,}381 \end{cases} \pm\ 44{,}898\, c$ tqm

„ a^{II} $\begin{cases} 13{,}781 \\ 9{,}555 \end{cases} \pm\ 78{,}806\, c$ „

„ a^{III} $\begin{cases} 24{,}987 \\ 14{,}433 \end{cases} \pm\ 142{,}407\, c$ „

„ a^{IV} $\begin{cases} 52{,}498 \\ 20{,}714 \end{cases} \pm\ 316{,}580\, c$ „

„ a^{V} $\begin{cases} 31{,}923 \\ 17{,}455 \end{cases} \pm\ 127{,}706\, c$ „

„ a^{VI} $\begin{cases} 33{,}042 \\ 17{,}304 \end{cases} \pm\ 131{,}968\, c$ „

„ a^{VII} $\begin{cases} 29{,}630 \\ 15{,}932 \end{cases} \pm\ 112{,}371\, c$ „

„ a^{VIII} $\begin{cases} 24{,}319 \\ 12{,}987 \end{cases} \pm\ 84{,}877\, c$ „

Soll die Forderung gestellt werden, daß niemals Zugspannung in den Fugen entstehe, so ergiebt sich als Grenzwert für die Windstärke c

in Fuge a^{I} $c = \frac{7{,}381}{44{,}894} = 0{,}164$ (= 164 kg/qm)

in a^{II} $c = \frac{9{,}555}{78{,}806} = 0{,}121$ (= 121 „)

„ a^{III} $c = \frac{14{,}433}{142{,}407} = 0{,}101$ (= 101 „)

„ a^{IV} $c = \frac{20{,}714}{316{,}580} = 0{,}065$ (= 65 „)

„ a^{V} $c = \frac{17{,}455}{127{,}706} = 0{,}137$ (= 137 „)

„ a^{VI} $c = \frac{17{,}304}{131{,}968} = 0{,}131$ (= 131 „)

„ a^{VII} $c = \frac{15{,}932}{112{,}371} = 0{,}142$ (= 142 „)

„ a^{VIII} $c = \frac{12{,}987}{84{,}877} = 0{,}153$ (= 153 „)

Diese strengste aller Forderungen erfüllt also der Schornstein in seiner gegenwärtigen Verfassung bis zu einem Winddruck von 65 kg pro Quadratmeter in allen Fugen.

Solcher Winddruck entspricht einer Windgeschwindigkeit von

$$\sqrt{\frac{65}{0{,}12248}} = 23{,}1 \text{ m/Sekunde,}$$

d. i. ungefähr die $1\frac{1}{2}$ fache Kourierzug-Geschwindigkeit, wie sie auch einem starken Orkan entspricht.

Wird dagegen eine Zugspannung bis zu 10 t/qm = 1 kg/qcm als zulässig angesehen, so ergiebt sich in der Bruchfuge (a^{IV}):

Stabilität bis zum Winddruck von

$$c = \frac{20{,}714 + 10}{316{,}580} = 0{,}097 \text{ (= 97 kg/qm)}$$

Dies entspricht der Windgeschwindigkeit von

$$v = \sqrt{\frac{97}{0{,}12248}} = 28{,}1 \text{ m pro Sekunde,}$$

also einer Geschwindigkeit, wie sie nur in sehr seltenen Fällen beobachtet wird.

In Berlin wird von den Organen der Baupolizei gerechnet mit einem größten Winddruck von 125 kg/qm, also mit $c = \frac{1}{8}$.

In der Fuge a^{IV} giebt dies eine Beanspruchung mit:

$$\left\{\begin{matrix} 52{,}498 \\ 20{,}714 \end{matrix}\right. \pm \frac{316{,}580}{8},$$

$$= \left\{\begin{matrix} 52{,}498 \\ 20{,}714 \end{matrix}\right. \pm 39{,}573 = \left\{\begin{matrix} +\ 90{,}071 \text{ t/qm} \\ -\ 18{,}859 \quad \text{„} \end{matrix}\right.$$

demnach eine größte Pressung mit

9 kg/qcm

an der Druckseite

und eine größte Zugbeanspruchung mit

1,89 kg/qm

an der entgegengesetzten Seite.

Wenn diese Beanspruchungen bei einem neu zu erbauenden Schornsteine nicht ganz unbedenklich wären, so verschwinden die Bedenken doch füglich bei dem Alter des Schornsteines, und um so mehr, als eine Katastrophe, wie sie dem Winddruck von 125 kg/qm entspricht — wenn überhaupt innerhalb der Grenzen der Wahrscheinlichkeit liegend — doch immer nur einen sehr kleinen Zeitraum umfassen würde, währenddessen die Zerstörung des Schornsteines nicht zu erwarten ist, da dies eine innere Arbeit erfordert, die einer ungleich längeren Zeit zu ihrer Vollendung bedarf.

Es kann hiernach nicht als wahrscheinlich erachtet werden, daß den Schornstein, seiner schiefen Stellung ungeachtet, eine ernste Gefahr bedrohe.

Lediglich um ein höheres Maß von Zuversicht dieser etwaigen Gefahr wegen zu gewähren, wird noch kurz darauf hingewiesen, daß man sich — selbst bei Behörden — gewöhnlich mit einem viel einfacheren Stabilitätsnachweis begnügt, nämlich mit dem Nachweis, daß das Angriffsmoment aus dem Winddruck und (im vorliegenden Falle) der schiefen Stellung mindestens hinter dem Stabilitätsmoment zurückbleiben, wobei allerdings — behufs Korrektur dieser unzulänglichen Prüfung — ein viel bedeutenderer Winddruck, als er thatsächlich zu erwarten ist, der Prüfung unterstellt wird.

Wird das Stabilitätsmoment andererseits um die aus der Excentricität sich ergebende Beanspruchung gekürzt, so bleibt ein Widerstandsmoment von — und zwar in der Bruchfuge —

$$M = \frac{4{,}15}{2} \cdot 172{,}78 - 51{,}95 = 306{,}57 \text{ tm.}$$

Das Moment des Windes in derselben Fuge ist dagegen:

$$M = 1034{,}90\, c \text{ tm.}$$

Soll nun das erstere Moment stets das zweite übertreffen, so muß sein

$$c \leqq \frac{306{,}57}{1034{,}9} = 0{,}296$$

also ein Winddruck bis zu 296 kg/qm erfüllt diese Bedingung in der Bruchfuge und in allen übrigen Fugen würde nach derselben Anschauung sich ein noch viel größerer Winddruck als zulässig ergeben.

Es ist nunmehr der Druck auf den Baugrund zu prüfen.

Für $c = \frac{1}{8}$ (125 kg Winddruck pro Quadratmeter) resultiert nach dem Vorstehenden ein Druck auf den Baugrund von

$$\left\{\begin{matrix} 24{,}319 \\ 12{,}967 \end{matrix}\right. \pm \frac{84{,}877}{8} = \left\{\begin{matrix} 24{,}319 \\ 12{,}967 \end{matrix}\right. \pm 10{,}610 =$$

$$= \left\{\begin{matrix} +\ 34{,}919 \text{ t/qm.} \\ +\ \ 2{,}377 \quad \text{„} \end{matrix}\right.$$

Nach baupolizeilicher Vorschrift gilt hierorts ein Druck von 2,5 kg/qcm = 25 t/qm als zulässig und es darf auch wohl nicht mit Unrecht angenommen werden, daß bei Anlage der Fundamente des aus dem Lot gewichenen Schornsteines der Druck auf den Baugrund nicht gebührend berücksichtigt und die Fundamente demgemäß nicht entsprechend verbreitert worden sind. Vielleicht liegt darin die Hauptursache der eingetretenen schiefen Stellung.[1]) Wenn nun aber schon seit langer Zeit eine Vergrößerung der Neigung nicht wahrgenommen werden konnte, so ist die Annahme berechtigt, daß der Baugrund sich im Laufe der Zeit derart festgesetzt hat, daß — trotz der starken Belastung — ein weiteres Ausweichen nicht mehr zu befürchten ist und dies um so mehr, da Bedacht genommen worden ist, daß der Boden nicht unterwaschen werden kann.

Die Stabilität des Schornsteines läßt sich hiernach nicht bezweifeln, auch ist die für die Berechnung gewählte Windrichtung (von Norden nach Süden) die denkbar ungünstigste. In Wirklichkeit wird sich der Winddruck darum geringer herausstellen, weil der Wind meistens in einer gegen den Horizont geneigten Richtung, d. h. „schräg" einfällt.

1) Neuerdings ist der Schornstein abgetragen worden; das Fundament wurde ganz intakt vorgefunden. Dasselbe ruhte auf einer 1,0 m hohen Sandschüttung und unter dieser befand sich erdige Braunkohle. Die Sandschüttung hat aber die Fundamentsohle nur um ein geringes Maß überragt und demzufolge war die Druckverteilung auf die darunter gelagerte Braunkohle eine ungleichförmige.