DIE BAUNORMUNG

MITTEILUNGEN DES DEUTSCHEN NORMENAUSSCHUSSES

BERLIN NW 7, DOROTHEEN-STRASSE 47 / FERNRUF: MERKUR 3925—3928

SCHRIFTLEITER: REGIERUNGSBAUMEISTER a. D. KARL SANDER

8. Jahrgang | 1. Februar 1929 | Nr. 1

INHALT

Bericht über die Sitzung des Arbeitsausschusses für Schornsteinbau am 23. November 1928 in Dresden . . . . . 1 bis 4

Bericht

über die Sitzung des Arbeitsausschusses für Schornsteinbau am 23. November 1928 in Dresden.

(Siehe auch Baunormung Nr. 11/12. Seite 44.)

1. Kippformel,
2. Aussprache über die Berücksichtigung der Wärmespannungen,
3. Einsprüche zu DIN 1058, Ausführungsbestimmungen,
4. Aussprache über einheitliche Berechnungsmethoden,
5. Verschiedenes.

Herr Professor Dr. Gehler begrüßt als Obmann die Ausschußmitglieder und gibt der Hoffnung Ausdruck, daß die Ausführungsbestimmungen in der heutigen Sitzung zum Abschluß gebracht werden.

Zu Punkt 1.: Als Beratungsunterlage war eine Ausarbeitung über die Kippformel und die Ermittelung der größten Randspannungen nach DIN 1056 von Herrn Professor Gehler und Herrn Dipl.-Ing. Karig ausgearbeitet und den Mitgliedern bereits vorher zur Verfügung gestellt worden. Unter Bezugnahme auf diese Ausarbeitung stellt Herr Professor Gehler fest, daß die Kippformel sich nicht mathematisch begründen läßt, sondern nur eine rein empirische Gebrauchsformel darstellt. Die Formel ist von Herrn Gewerberat Jahr auf Grund einer Nachrechnung einer großen Reihe ausgeführter Schornsteine aufgestellt worden. Da über diese einfachen Beziehungen oft Zweifel bestehen, mögen sie im folgenden nochmals kurz erläutert werden.

Standberechnung von Schornsteinen.

a) Kippformel von Jahr.

Es bezeichne: G = Gewicht des über der Schnittfläche t—t liegenden Schornsteinteiles;

h = Höhe des Schornsteines über Gelände;

w = wagerechter Winddruck in kg/m² gemäß Vorschriften. Zum Beispiel nach Din $w = 120 + 0{,}6h$ in kg/m²;

F_w = vom Wind getroffene Fläche oberhalb der Schnittfläche t—t unter Berücksichtigung des dem Querschnitt entsprechenden Abminderungskoeffizienten;

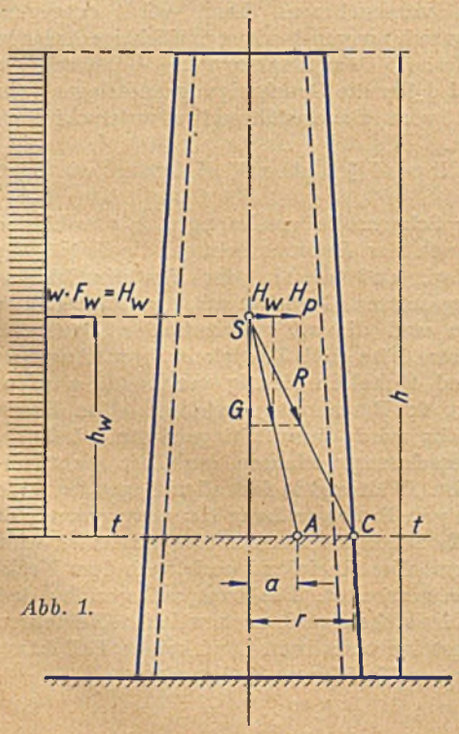

Abb. 1.

h_w = Abstand des Schwerpunktes S der Windfläche F_w von der Schnittfläche t—t;

a = Abstand des Druckmittelpunktes A vom Schwerpunkt der Schnittfläche t—t bei dem Winddruck w;

p = kritischer Winddruck in kg/m², bei dem die Richtung der Resultierenden R aus Eigengewicht G und Windlast $H_p = p \cdot F_w$ durch den Randpunkt C der Schnittfläche t—t geht, bei dem also der Kippfall eintritt. Dieser Wert p ist auch aufzufassen als der jeweils rechnerisch zu ermittelnde Kippwiderstand des betrachteten Schornsteines.

r = Abstand des Druckmittelpunktes C vom Schwerpunkt der Schnittfläche t—t bei dem Winddruck p;

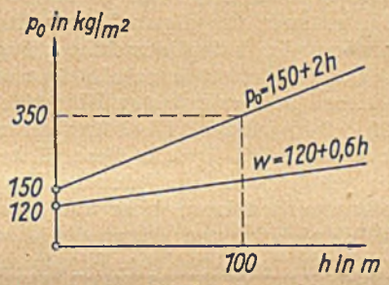

Abb. 2.

$p_0 = (150 + 2\,h)$ kg/m² = größter Winddruck, der nachweislich auftreten kann, dargestellt als Funktion der Schornsteinhöhe h, unabhängig von der Form des Schornsteines. Ermittelt auf Grund von Nachrechnungen an Schornsteinen bis zu 140 m Höhe (vgl. Abb. 2). Dieser Wert ist auch aufzufassen als der erfahrungsgemäß bei eingestürzten Schornsteinen ermittelte Kippwiderstand.

Mit diesen Bezeichnungen ergibt sich nach Abb. 1:

(1) $$G \cdot a = w \cdot F_w \cdot h_w$$

und

(2) $$G \cdot r = p \cdot F_w \cdot h_w .$$

Ferner aus Gl. (1) und (2) oder aus Abb. 1:

(3) $$p = w \frac{r}{a} .$$

Bedingung:

(4) $$\boxed{p > p_0} \quad \text{(Kippformel)} .$$

In Worten:

Der rechnerisch zu ermittelnde Kippwiderstand $p = w \frac{r}{a}$ muß stets größer sein als der erfahrungsgemäß bei eingestürzten Schornsteinen ermittelte Kippwiderstand $p_0 = 150 + 2\,h$, damit der Kippfall sicher verhütet wird.

Die Standsicherheit ist dann:

(5) $$\boxed{\nu = \frac{p}{p_0} > 1}$$

Beispiel: Gegeben sei die Höhe h = 100 m, ferner in einem bestimmten Schnitt r = 2,5 m und a = 1,10 m.

Dann ist:

$$w = 115 + 0{,}6 \cdot 100 = 175 \text{ kg/m}^2$$

$$p = 175 \cdot \frac{2{,}5}{1{,}1} = 398 \text{ kg/m}^2$$

$$p_0 = 150 + 2 \cdot 100 = 350 \text{ kg/m}^2:$$

Also $p > p_0$

und $\nu = \frac{398}{350} = \backsim 1{,}14.$

In der Aussprache betont Herr Gewerberat Jahr, daß die von ihm in Vorschlag gebrachte Kippformel nicht als Berechnungs- oder Konstruktionsunterlage, sondern lediglich als Kontrollformel gedacht ist, daß sie infolge ihrer einfachen Handhabung dem Gewerbeaufsichtsbeamten in einfacher Weise die Möglichkeit bietet, sich einen Überblick über die Richtigkeit der durchgeführten Berechnung zu verschaffen, zumal sie stets kleinere Werte ergibt wie die Berechnungsmethode nach DIN 1056. Diese Behauptung wird von den Herren der Industrie bestritten und durch folgende von Herrn Weishaar durchgeführten Untersuchungen an vier Schornsteinen von 27, 45, 70 und 100 m Höhe widerlegt. Wie diese Untersuchungen zeigen, sind nach den Grundlagen DIN 1056 infolge des höheren Winddruckes der Vorschrift des Klaffens bis zur Mitte und der Spannungsvorschrift $0{,}4\,\sigma_{zul} + 0{,}15\,h$ so strenge Bestimmungen getroffen worden, daß sämtliche Schornsteine rund 15 bis 25% stärker gebaut werden müssen, um diesen Vorschriften zu genügen. Trotzdem liegt der in der betrachteten Fuge vorhandene Kippwiderstand sehr oft unterhalb des nach der Kippformel von Herrn Jahr geforderten Kippwiderstandes von $P_0 = 150 + 2\,h$, wäre also bei Anwendung der Kippformel nicht zulässig. Durch diese Untersuchungen wurde festgestellt, daß die Jahrsche Kippformel zwar eingehalten werden kann, aber nur, wenn der Anlauf bzw. die Wanddicke und damit die Masse verstärkt wird. Hierzu kommt, daß nach der Kippformel Winddrücke bei hohen Schornsteinen, z. B. bei $h = 100$ m, von $p_0 = 150 + 2 \cdot 100 = 350$ kg/m² vorgeschrieben würden, also so hohe Werte, wie sie erfahrungsgemäß nicht vorkommen. Dies würde aber bedeuten, daß man außer dem auf wissenschaftlicher Grundlage beruhenden Rechnungsverfahren der DIN 1056 eine über die darin enthaltenen Forderungen hinausgehende neue verschärfende Vorschrift durch eine Faustformel einführen würde. Vom Obmann wird festgestellt, daß gegen das Berechnungsverfahren der Grundlagen von keiner Seite Beanstandungen erhoben worden sind. Eine Kippformel als Gebrauchsformel habe aber nur dann ihren Wert, wenn sie sich mit dem wissenschaftlichen Verfahren deckt. Die Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß dies nicht der Fall ist, sondern entgegen der bisherigen Annahme der Ausschußmitglieder zu einer Materialverschwendung und Konstruktionsbeschränkung führen würde.

Auf Grund der eingehenden Aussprache wird beschlossen, den Antrag Jahr abzulehnen und die Berücksichtigung der Kippformel bis auf weiteres fallen zu lassen, zumal zum mindesten die Forderung bestehen muß, daß Kippformel und wissenschaftliches Rechnungsverfahren die gleichen Ergebnisse haben müssen. Wenn man dies erreichen wolle, so müsse die Kippformel umgebaut werden. Damit entfallen jedoch die statistischen Grundlagen, auf die sich die Kippformel bisher stützt.

Zu Punkt 2: Berücksichtigung der Wärmespannungen. Wie Professor Gehler berichtet, ist auf der letzten Hauptversammlung des Deutschen Beton-Vereins in München die Berechnungsgrundlage DIN 1056 von Herrn Professor Kleinlogel einer Kritik dahin unterzogen worden, daß in den Berechnungsverfahren für Ziegelschornsteine eine Berücksichtigung der Wärmespannungen fehlt. Er erinnert daran, daß der Ausschuß seinerzeit sich auf den Standpunkt gestellt hat, Bestimmungen über Wärmespannungen erst dann aufzunehmen, wenn einwandfreie Grundlagen für die Berechnungsweise vorliegen. Zur Zeit laufen in München unter Leitung von Professor Knoblauch und in Stuttgart unter Leitung der Professoren Mörsch und Graf Versuche, die für dieses neue Gebiet die ersten zuverlässigen Grundlagen schaffen sollen. Professor Gehler hält die damalige Auffassung des Ausschusses auch heute noch für zutreffend. Beschlossen wird, die Auffassung des Ausschusses dahin festzulegen: Die Berücksichtigung von Wärmespannungen bei der Berechnung der Standfestigkeit hoher freistehender gemauerter und Eisenbetonschornsteine in den Grundlagen DIN 1056 soll erst dann gefordert werden, wenn aus den im Gange befindlichen Versuchen einwandfreie Folgerungen für die Berechnung der Schornsteine gezogen werden können.

Zu Punkt 3: Einspruch der Bayerischen Landesgewerbe-Anstalt. Die Bayerische Landesgewerbe-Anstalt erblickt in den Ausführungsbestimmungen bis auf § 5: „Abnahme der Schornsteine vor ihrer Ingebrauchnahme" keine Vorteile und schlägt für die Durchführung der Abnahme entweder die Herbeiziehung geeigneter vereidigter Schornsteinmaurer vor, oder, da dies in den wenigsten Fällen möglich ist, die Anordnung einer Meßeinrichtung, mit deren Hilfe der innere und der äußere Durchmesser des Schornsteines festgestellt werden kann. Nach eingehender Aussprache wird beschlossen, die Ausführungsbestimmungen aufrechtzuerhalten und von der Meßeinrichtung Abstand zu nehmen. Der Verband für Feuerungstechnik beabsichtigt, sämtlichen deutschen Behörden Vertrauenspersonen (Fachleute, die geeignet zur Besteigung von Schornsteinen sind) zur Kontrolle vorzuschlagen und wird dieserhalb auch mit dem Bayerischen Landesgewerbe-Amt Fühlung nehmen. Das Badische Landesgewerbeamt wendet sich gegen die in § 2 aufgestellte Forderung, daß auch der Bauherr neben dem Bauunternehmer die volle Gewähr dafür zu übernehmen hat, daß die in der Standfestigkeitsberechnung eingesetzten Gewichte mit der Wirklichkeit übereinstimmen und die zu verwendenden Baustoffe hinsichtlich ihrer Güte und Festigkeit ihren Angaben entsprechen und technisch richtig verwendet werden, da der Bauherr kaum in der Lage ist, die Nachprüfung der verlangten Gewichte und die Beurteilung der Baustoffe vorzunehmen. Dem wird entgegengehalten, daß es sich um genehmigungspflichtige Anlagen handelt und deshalb dem Bauherrn die Genehmigung erteilt wird und daher die Genehmigungsunterlagen vom Bauherrn und vom Bauausführenden unterschrieben werden müssen.

Redaktionell wird § 2, Abs. 1, einleitend wie folgt geändert:

„Zu jeder Schornsteinberechnung hat sowohl der Bauherr wie auch der Bauunternehmer die Erklärung dafür abzugeben, daß die in der Standfestigkeitsberechnung eingesetzten Gewichte mit der Wirklichkeit übereinstimmen und die zu verwendenden Baustoffe hinsichtlich ihrer Güte und Festigkeit ihren Angaben entsprechen und technisch richtig verwendet werden.

Zu Punkt 4: Berechnungsverfahren. Von Herrn Gewerberat Jahr wird darauf hingewiesen, daß ein bestimmtes Berechnungsverfahren zur Zeit nicht allgemein üblich ist. Während in fast allen Gegenden nach dem Verfahren von Professor Lang-Hannover gerechnet wird, das für alle Schornsteinformen anwendbar ist, wird von einigen Firmen im Rheinland noch nach dem Keckschen Verfahren gearbeitet. Die Aussprache ergibt, daß es jeder Firma freistehen muß, nach welchem Verfahren sie ihre Schornsteine berechnet. Auf keinen Fall käme die Normung eines Verfahrens in Frage.

Zur Erläuterung der in Din 1056 angegebenen Bestimmung über das Klaffen der Querschnittsfugen bis zur Schwerlinie mögen folgende statische Herleitungen angeführt werden.

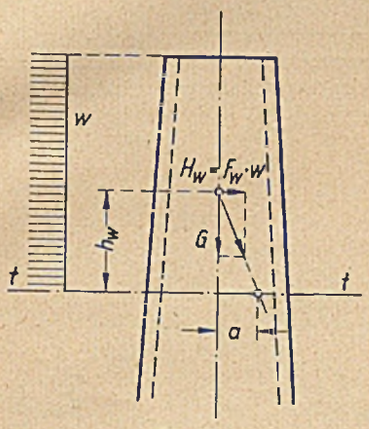

Abb. 1.

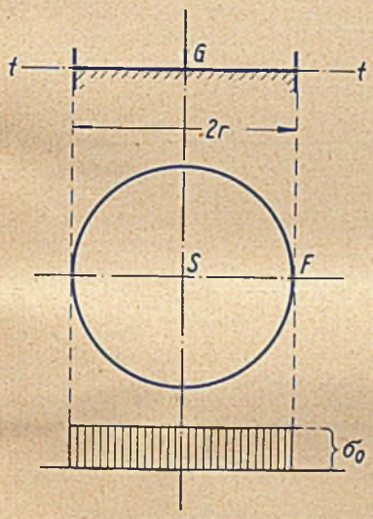

Abb. 2.

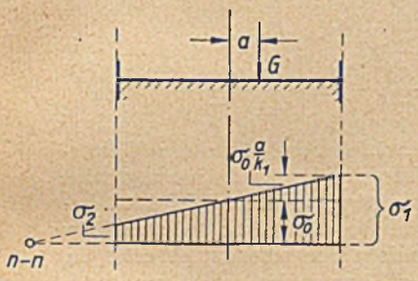

Abb. 3.

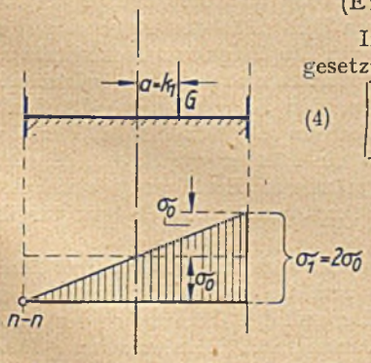

Abb. 4.

b) Ermittlung der größten Randspannung nach Din 1056.

Voraussetzung:

1. Symmetrischer Querschnitt,
2. Hooksches Proportionalitätsgesetz,
3. Versagende Zugzone bei Biegung.

Betrachtet man die beliebige Schnittfläche t—t des Schornsteines (vgl. Abb. 1), so gilt, wenn F der Querschnitt dieser Schnittfläche ist,

$$(1) \qquad \sigma_0 = \frac{G}{F},$$

wobei G das Gewicht des über der Schnittfläche t—t liegenden Schornsteinteiles ist (Abb. 2).

Bei außermittigem Kraftangriff (Abb. 3) mit einem Ausschlag a des Druckmittelpunktes, wobei (vgl. Abb. 1)

$$a = \frac{1}{G} \cdot w \cdot F_w \cdot h_w$$

ist, wird

$$(2) \qquad \sigma_{1\,2} = \frac{G}{F} \pm \frac{G \cdot a}{W} = \sigma_0 \cdot \left(1 \pm \frac{F \cdot a}{W}\right),$$

wenn $W = \frac{J}{r}$ das Widerstandsmoment des Querschnittes F ist.

Wenn die Nullinie n—n den Querschnitt F (Abb. 4) berührt, wird $\sigma_2 = 0$, also

$$\sigma_2 = 0 = \sigma_0 \cdot \left(1 - \frac{F \cdot a}{W}\right)$$

Daraus

$$(3) \qquad a = \boxed{\frac{W}{F} = k_1}$$

(Erste Kernweite)

In Gleichung 2 eingesetzt daher

$$(4) \qquad \boxed{\sigma_{1\,2} = \sigma_0 \left(1 \pm \frac{a}{k_1}\right)}$$

$(0 \leqq a \leqq k_1)$

Bei wachsendem Ausschlag a, also $a > k_1$, wobei die Zugzone gemäß Voraussetzung versagt, muß mit Abb. 5 sein:

Proj. Gleichung:

$$(5) \qquad G = \sigma_0 \cdot F = \int_0^w dF \cdot \sigma_a \frac{x}{w} = \frac{\sigma_a}{w} \int_0^w x \cdot dF = \frac{\sigma_a}{w} \cdot S_n,$$

Moment-Gleichung:

$$(6) \qquad G(w - r + a) = \int_0^w dF \cdot \sigma_a \frac{x}{w} \cdot x = \frac{\sigma_a}{w} \int_0^w x^2 \cdot dF = \frac{\sigma_a}{w} \cdot J_n,$$

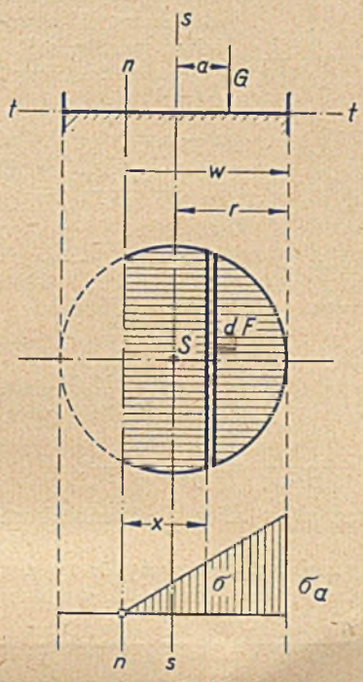

Abb. 5.

$(k_1 < a < k_2)$

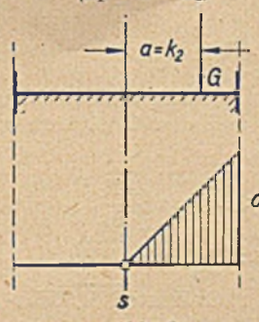

Abb. 6.

wenn S_n und J_n das statische und das Trägheitsmoment der wirksamen Querschnittsfläche, auf die Nullinie n — n bezogen, bedeuten.

Daraus

$$(7) \qquad (w - r + a) = \frac{J_n}{S_n}.$$

Vorschrift: Die Fugen dürfen bis zur Mitte klaffen. Dann ist $w = r$, daher der größte zulässige Ausschlag a für diesen Grenzfall, bei dem die Nullinie n—n in die Schwerachse s—s des Gesamtquerschnittes F fällt:

$$(8) \qquad a = \frac{J_n}{S_n} = \boxed{\frac{J_s}{S_s} = k_2}$$

(Zweite Kernweite).

Hierbei sind also S_s und J_s das statische Moment und das Trägheitsmoment der wirksamen, hier also der halben Querschnittsfläche, bezogen auf die Schwerachse s—s (Abb. 6).

Die Größe der Spannung σ_a im Bereich $k_1 \leqq a \leqq k_2$ ist durch die Gleichung 5 gegeben:

$$(5') \qquad \sigma_a = \frac{G \cdot w}{S_n}.$$

Diese Gleichung ist für die in der Praxis üblichen Schornsteinquerschnittsformen ungeeignet, da sie die Lage der Nullinie (gegeben durch w und S_n) als bekannt voraussetzt. Sie gibt lediglich die Grenzwerte σ'_1 und σ'_a für die Ausschläge $a = k_1$ und $a = k_2$, nämlich

$$(9) \qquad \sigma'_1 = \frac{G \cdot w}{S_n} = \frac{G \cdot 2r}{F \cdot r} = 2\,\sigma_0,$$

da für $a = k_1$: $w = 2r$ und $S_n = F \cdot r$ ist, ferner

$$(10) \qquad \sigma'_a = \frac{G \cdot w}{S_n} = \frac{G \cdot r}{S_s} = 2\,\frac{G}{F} \cdot \frac{F}{W} \cdot \frac{W \cdot r}{2\,S_s} = 2\,\sigma_0\,\frac{k_2}{k'_1}$$

da für $a = k_2$: $w = r$, $S_n = S_s$, $\frac{W \cdot r}{2} = \frac{J}{2} = J_s$ ist.

Aus Gleichung 9 und 10 folgt:

$$(11) \qquad \sigma'_a : \sigma'_1 = k_2 : k_1$$

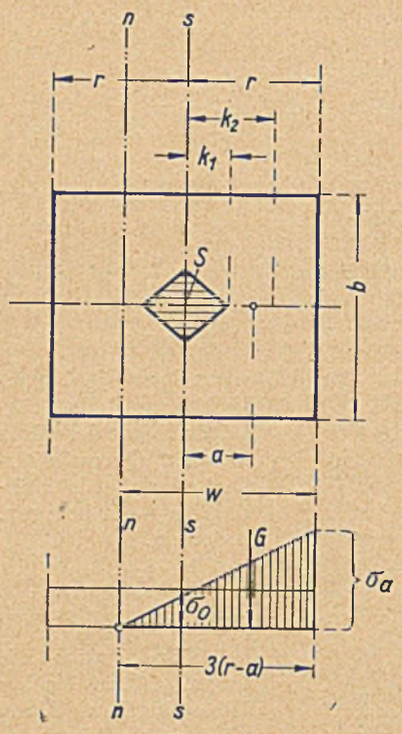

Abb. 7.

(Eine Ausnahme macht der bei Pfeilern übliche, für Schornsteine dagegen unbrauchbare Rechteckquerschnitt (Abb. 7), dessen Spannung σ_a nur zur Erläuterung der bisherigen Rechnung in diesem Bereich der versagenden Zugzone aus Gleichung 5′ abgeleitet werden soll.

Aus Gleichung 7 folgt:

$$r - a = w - \frac{J_n}{S_n} = w - \frac{2\,b \cdot w_2}{3\,b \cdot w_2} = \frac{w}{3}$$

und

$$w = 3\,(r - a).$$

Ferner ist:

$$S_n = \frac{b \cdot w^2}{2} = \frac{9\,b}{2}\,(r - a)^2.$$

Damit

$$\sigma_a = \frac{G \cdot w}{S_n} = \frac{2}{3}\,\frac{G}{b\,(r - a)} = \frac{4}{3}\,\sigma_0\,\frac{r}{r - a}.$$

Diese bekannte Gleichung ist in allen Taschenbüchern zu finden.)

Eine einfache und brauchbare Näherungslösung zur Ermittlung der Spannung σ_a im Bereich $k_1 \overline{<} a \leqq k_2$ ergibt sich, wie folgt:

Setzt man in Gleichung 4 $a = k_2$, so erhält man für diesen Grenzfall:

(12) $$\sigma''_{1,2} = \sigma_0 \left(1 \pm \frac{k_2}{k_1}\right)$$

und

(13) $$\sigma''_1 - \sigma''_2 = 2\,\sigma_0\,\frac{k_2}{k_1} = \sigma'_a.$$

Stellt man in einem rechtwinkligen Koordinatensystem mit den Abszissen a und den Ordinaten σ die Gleichungen

(4) $\sigma_{1,2} = \sigma_0 \left(1 \pm \frac{a}{k_1}\right)$: Gerade $\begin{cases}\overline{AB}\\ \overline{OB}\end{cases}$,

(9) $\sigma'_1 = 2\,\sigma_0$: Ordinate $\overline{MB}$,

(13) $\sigma'_a = 2\,\sigma_0\,\frac{k_2}{k_1} = \sigma''_1 - \sigma''_2$: Ordinate $\overline{NE}$, Hilfsgerade O—B—E,

dar, so schneidet die Verlängerung von $\overline{AB}$ die Ordinate $\overline{NE}$ in C. Dann ist (vgl. Abb. 8)

$\overline{NC} = \sigma_0 \left(1 + \frac{k_2}{k_1}\right) = \sigma''_1$ gemäß Glch. 12.

$\overline{CE} = \sigma'_a = \sigma''_1 = -\sigma''_2 = -\sigma_0 \left(1 - \frac{k_2}{k_1}\right)$ „ „ 13.

Der Spannungsverlauf zwischen $a = o$ und $a = k_1$ ist also gegeben durch die Gerade $\overline{AB}$. Für $a > k_1$ nimmt man mit hinreichender Genauigkeit an, daß die Spannungskurve parabelförmig zwischen den Festpunkten B und E mit Scheitel in B verläuft. Aus Abb. 8a ergibt sich:

$$x = \frac{y^3}{\lambda} = \sigma_0\,\frac{(a - k_1)^3}{k_1\,(k_2 - k_1)^2} = -\sigma_0 \left(1 - \frac{a}{k_1}\right)\left(\frac{a - k_1}{k_2 - k_1}\right)^2 = -\sigma_2 \left(\frac{a - k_1}{k_2 - k_1}\right)^2.$$

Damit endlich

$$\sigma_a = \sigma_1 + x,$$

also

(14) $$\boxed{\sigma_a = \sigma_1 + \sigma_2 \left(\frac{a - k_1}{k_2 - k_1}\right)^2},$$

worin σ_2 absolut genommen ist. (Das ist richtig, da $(-\sigma_2)$ im Bereich $a > k_1$ das gleiche Vorzeichen wie σ_1 hat.)

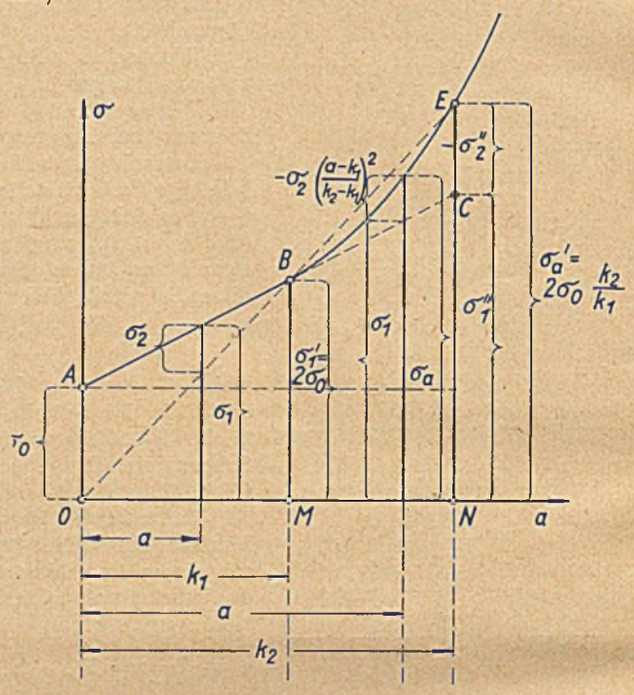

Abb. 8.

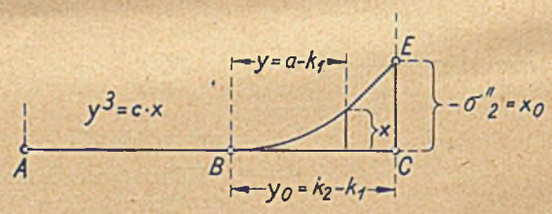

Abb. 8a.

$$\frac{x}{\sigma} = \frac{x_0}{y_0^3} = -\frac{\sigma''_2}{(k_2 - k_1)^3} = +\frac{\sigma_0}{k_1 (k_2 - k_1)^2}$$

Zu Punkt 5: Verschiedenes. Über die Weiterbehandlung der Ergebnisse der heutigen Sitzung wird beschlossen, die Ausführungsvorschriften DIN 1058 beschleunigt dem Präsidium des Normenausschusses zur Genehmigung zu unterbreiten und sofort nach erfolgter Genehmigung die beiden Normenblätter: Grundlagen für die Berechnung der Standfestigkeit hoher freistehender Schornsteine DIN 1056 und die zugehörigen Ausführungsbestimmungen DIN 1058 den Regierungen der Länder mit der Bitte um Einführung zu übermitteln und das Reichsarbeitsministerium und das Reichswirtschaftsministerium zu bitten, den Antrag an die Länder zu unterstützen. Der Obmann gibt zum Schluß der Hoffnung Ausdruck, daß die Länder die Arbeit des Ausschusses durch unveränderte Einführung anerkennen werden, und dankt den Ausschußmitgliedern für ihre Mitarbeit.

Seitens des Verbandes spricht Herr Ingenieur Dieckhoff dem Ausschuß und insbesondere dem Obmann, Herrn Professor Gehler, und den Obmännern der Unterausschüsse, Herrn Amtsbaurat Bulnheim und Herrn Ingenieur Forster, den Dank der Industrie aus.