

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	81/82 (1923)
Heft:	25
Artikel:	Einflüsse der Meereshöhe und der Witterung auf die Zugstärke eines Kamins
Autor:	Höhn, E.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-38929

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 19.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

erschwerenden Zeitumständen (Grippe-Epidemie) war der Maschinensaal bis Mitte November desselben Jahres fertig eingedeckt, worauf mit der Montage des Laufkranes begonnen werden konnte. Die übrigen Gebäudeteile waren bis Anfang März 1919 eingedeckt. Der Innenausbau, der parallel mit den Installationsarbeiten durchgeführt wurde, war in der Hauptsache bis Ende 1919 beendet.

Westlich vom Maschinensaal, am untern Ende der Seilbahn neben der Druckleitung wurde noch ein kleines *Stationsgebäude* für den Seilbahnbetrieb erstellt, enthaltend Räume für die Seilwinde, einen besonderen Transformatorenraum, ein kleines Stationsbureau mit offener Wartehalle für die Reisenden (vergl. Abbildung 38 links). Ebenso wurden die Haltestellen Sanatorio und Altanca mit einfachen Wartehäuschen versehen. Die obere Endstation der Seilbahn (Abbildung 30 auf Seite 296) ist wie schon erwähnt mit der Apparatenkammer der Druckleitung zusammengebaut und enthält noch drei Räume für den hier stationierten Apparatenwächter.

Für das Betriebspersonal des Kraftwerkes in Piotta sind etwas abstehtend vom Werke in zwei Neubauten sowie einem umgebauten alten Tessinerhause 15 *Wohnungen* mit drei bis fünf Zimmer und Wohnküche erstellt worden. Zu jeder Wohnung gehört noch reichlich Gartenland.

III. Mechanisch-elektrischer Teil.

Von dipl. Ing. H. Habich, S. B. B., Bern.

Die Turbinen.

Konstruktion. An jedem der vier Rohrstränge ist über ein im Rohrleitungshaus (Abbildung 44) befindliches, gleichzeitig als Rohrkrümmer von 90° ausgebildetes Absperrventil eine Peltonturbine von 12200 PS bei einem mittleren Nettogefälle von 810 m und 333 $\frac{1}{3}$ Uml/min angeschlossen (Abb. 46, auf Tafel 15, und 47). Die Maschinengruppen sind mit Rücksicht auf die Führung der Unterwasserkanäle paarweise symmetrisch angeordnet (vergl. den Grundriss Abb. 39).

Die 3,1 t wiegende *Turbinenwelle* ist in einem aussen seitigen, wassergekühlten Ringschmierlager gestützt, trägt fliegend die Riemenscheibe für den Oelpumpen-Antrieb und ist durch zehn 80 mm starke, mit versenkten Köpfen und Muttern in dem angeschmiedeten Kuppelflansch angeordnete Schraubenbolzen starr mit der Generatorwelle verbunden. Mit zwei Abdrückschrauben, die sich gegen den Kuppelflansch der Generatorwelle pressen lassen, kann die Turbinenwelle samt Laufrad, nach Lösen der Kupplungsschrauben, um etwa 25 mm in axialer Richtung verschoben werden, um den Generator allein zu Versuchszwecken als Motor betreiben zu können. Die Turbinenwelle wird in diesem Fall auf der Kupplungsseite durch eine besondere Schraubenwinde unterstützt (vergl. Abbildung 47).

Das als Scheibe gleicher Festigkeit ausgebildete, aus Stahlguss bestehende, 6,2 t schwere *Laufrad* trägt an seinem Umfang 30 Stahlguss-Schaufeln, von je 130 kg, die nach der bekannten, der Lieferfirma patentierten Ausführung an der Radscheibe verschraubt und verkeilt sind.

Ein in der Wellenaxe horizontal geteiltes Gussgehäuse umschliesst das Laufrad, ruht mit seinem Unterteil auf dem Fundament und dem Blechpanzer des Unterwasser-Kanales und trägt den Lagerfuss und die Befestigungs flanschen für den Einlaufapparat. Eingebaute Schikanen verringern Ventilations- und Spritzwasser-Verluste, Schau löcher ermöglichen die Besichtigung des Strahles, Mannlöcher den Zugang zu Revisionszwecken. Der Panzer aus 10 bis 14 mm dickem Eisenblech kleidet den Unterwasser Kanal bis zu seinem Austritt aus dem Gebäude auf eine Länge von rund 9 m aus. Ein in den Panzer eingebauter Flacheisenrost bricht den abgelenkten Wasserstrahl und dient gleichzeitig als Revisionsteg.

Der ganze *Einlaufapparat*, umfassend Düse mit aus wechselbarem Mündungsring aus Stahlbronze von 145 mm Durchmesser, Einsatzstück mit Führungsrippen für den

Wasserstrahl, Ablenker mit Traglager, Bronzenadel mit Führungstange und Handantrieb, Servomotor und Einlaufkrümmer (siehe Abbildung 46 und 47), kann nach Entfernen eines am Gehäuseunterteil befestigten, zweiteiligen Schildes und Lösen der Flanschenverbindungen mit der anschliessenden Rohrleitung leicht ausgebaut werden. Die Form des Einlaufkrümmers ist so gewählt, dass der freie Strahl unter einem Winkel von 20° gegen die Horizontale geneigt ist und dadurch sämtliche Teile der Nadelregulierung leicht zugänglich über dem Maschinensaalboden liegen.

Die stählerne Führungstange der Nadel gleitet in einem langen, mit Messingbüchse ausgefütterten Führungs Zylinder und ist zum Schutz gegen Verrostung auf die Länge der Gleitbahn mit einem Metallhemd überzogen. Die Gleit flächen werden mit einem Hochdruck Apparat geschmiert, der das Einpressen von Fett mit einem kleinen Handrad gegen den vollen Wasserdruk ermöglicht. An der mit Lederstulpen gedichteten Austrittstelle der Nadelstange aus dem Rohrkrümmer sind auf einer Brie des Krümmers der Handregulierapparat und der Servomotor der Nadel auf geschraubt. Das Handsteuerrad überträgt seine Bewegung über ein Schneckenrad, eine ausrückbare Klauenkupplung und eine auf Kugeln drehende Mutter auf ein steigängiges Flachgewinde des Nadelschaftes (Abbildung 47). Bei automatischer Regulierung und ausgerückter Kupplung dreht sich die nicht selbsthemmende Mutter, wenn die Nadel verschoben wird; der Servomotorkolben und der mit ihm verschraubte Nadelchaft werden durch Keil und Gleitbahn am Drehen verhindert. Der halbkreisförmige, durch zwei kräftige Hebel getragene *Ablenker* wird durch einen besondern Servomotor bewegt und von oben in den Strahl eingeführt, der bereits beim Einschneiden bis zur Strahlaxe vollständig von den Schaufeln abgelenkt wird. Der Ablenker ist außerdem mit einem Handantrieb ausgerüstet, der die Bedienung dieses wichtigen Organes unabhängig von Störungen in der Reguliereinrichtung jederzeit ermöglicht.

Die vollständige Turbine mit Eisenpanzer im Unterwasserkanal wiegt rd. 57 t.

Die *Ablauftkanäle* der drei bergseitigen Turbinen vereinigen sich in einem Sammelkanal, der das Wasser dem Tessin zuführt (vergl. Abb. 34 und 39). Durch Einbau eines Abschlusses in diesen Sammelkanal ist ein Becken geschaffen worden, das zur Eichung der Ueberfälle diente. Der vierte Ablauftkanal verläuft, ebenfalls gedeckt, südlich des Transformatoren- und Schalthauses. (Forts. folgt.)

Einflüsse der Meereshöhe und der Witterung auf die Zugstärke eines Kamins.¹⁾

Von E. Höhn, Oberingenieur des Schweizerischen Vereins von Dampfkesselbesitzern.

Man hat sich daran gewöhnt, Kamine, obwohl ihre Erstellung grosse Kosten verursacht, nach Faustregeln teilweise primitivster Art zu berechnen. Auch in Formeln, die an physikalische Gesetze anlehnen, werden nur die einflusshabenden Zustände grössten Ausmasses berücksichtigt. Wenn der Schornstein später nicht „zieht“, findet man sich dann einfach damit ab.

Wir können die massgebenden Einflüsse im einzelnen ohne grosse Schwierigkeit verfolgen. Dies sei hier in abgekürzter Weise versucht.

Die Zugstärke (z) eines Kamins ist bei gegebener Rauchgastemperatur (t_G) beeinflusst vom Luftdruck (b), von der Lufttemperatur (t_L) und ihrem Feuchtigkeitsgehalt ($\varphi \gamma_D$) (φ = Sättigungsgrad, γ_D = Feuchtigkeitsgehalt der gesättigten Luft = spezifisches Gewicht des Satt dampfes bei der Lufttemperatur t_L). Ein Kamin im Gebirge muss andere Abmessungen besitzen, als ein solches in Meereshöhe. Ferner übt die Witterung einen erheblichen Einfluss aus auf die Zugstärke. In der Schweiz gibt es Gegenden, in denen der Feuerungsbetrieb, bei knappen Kaminverhältnissen, durch die Einwirkung des Föhn geradezu lahmgelagert wird.

¹⁾ Manuskript erhalten im März 1923.

Die Zugstärke in einem Kamin ist gleich dem Auftrieb a der heissen Rauchgase in der kühleren Außenluft, vermindert um die Verluste $\Sigma(h)$, bestehend aus der Geschwindigkeitshöhe (h_w), der Reibung (h_r) und der Abkühlung an der Schornsteinwand (h_t)

$$z = a - \Sigma(h) \quad \dots \dots \quad (1)$$

Wir befassen uns zunächst mit dem Auftrieb a . Bekanntlich ist

$$a = H (\gamma_L - \gamma_G) \quad \dots \dots \quad (2)$$

in mm Wassersäule, wenn H die Kaminhöhe in m, γ_L und γ_G das spezifische Gewicht von Luft bzw. Rauchgas in kg/m^3 bedeuten. Dabei ist für Luft

$$\gamma_L = \varphi \gamma_D + 0,465 \frac{b - \varphi p_D}{273 + t_L} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (3)$$

worin p_D der der Lufttemperatur t_L entsprechende Sättigungsdruck der Feuchtigkeit ist. Der Formel (3) liegt ein spezifisches Gewicht der trockenen Luft ($\varphi=0$) von $1,293 \text{ kg/m}^3$ für $0^\circ 760 \text{ mm}$ zu Grunde. Für das Rauchgas ist:

$$\gamma_G = \gamma_0 \frac{p}{p_0} \frac{T_0}{T} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (4)$$

Darin bedeutet γ_0 (kg/m^3) das spezifische Gewicht trockener Rauchgase bei 0° ; es kann bei abgekürzter Rechnung im Mittel $= 1,33 \text{ kg/m}^3$ ($0^\circ/760 \text{ mm}$) gesetzt werden. (Die Abweichungen für verschiedenen CO_2 -Gehalt sind gering.) T_0 und T sind absolute Temperaturen, $= 273$ bzw. $(273 + t_G)^\circ\text{C}$.

p kann für einen und denselben Kamin durch den mittlern Barometerstand b ersetzt werden; $p_0 = 760 \text{ mm}$ und $p = b \text{ mm Hg}$. In Sonderfällen bedeutet b den augenblicklichen Barometerstand.

Somit ist

$$\gamma_G = 1,33 \frac{b}{760} \frac{273}{273 + t_G} \quad \dots \dots \quad (4a)$$

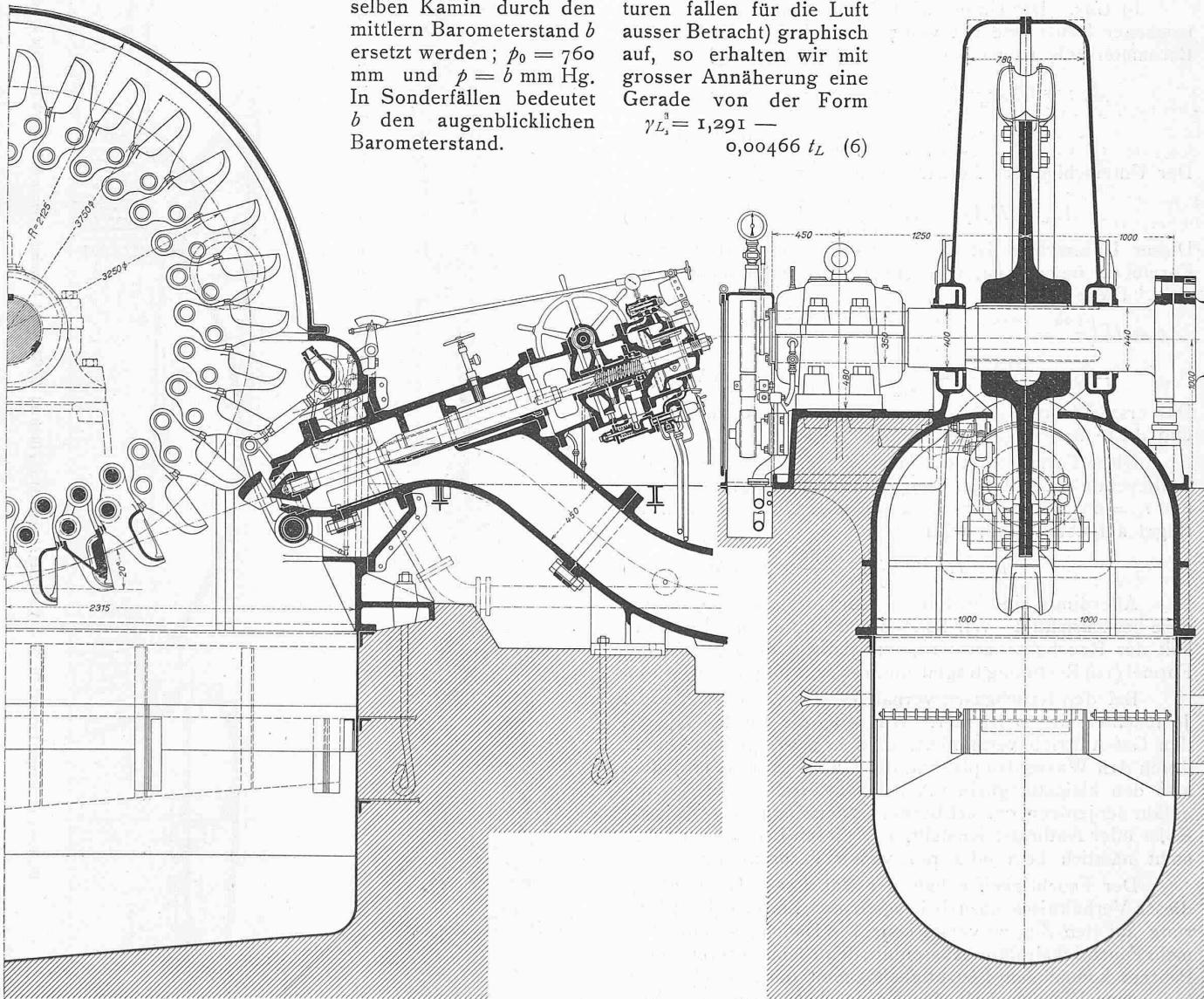
Wir vernachlässigen dabei allerdings das Temperaturgefälle des Gases wegen seiner Abkühlung an der Schornsteinwand, und auch die Kompression der Rauchgase im Schornstein, die an der Mündung den Druck b besitzen, am Fuss b vermindert um den Auftrieb, also $b - \frac{a}{13,6}$, wenn a den

Auftrieb in mm WS, b den Luftdruck in mm Hg bedeutet. Diese zwei Kürzungen bleiben für unsern Zweck im Rahmen des Erlaubten. Für $b = 760 \text{ mm}$ wird

$$\gamma_G = 1,33 \frac{273}{273 + t_G} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (5)$$

Die Formeln (2), (3) und (4) genügen zur Erfassung des Auftriebes (verlustlosen Zuges) bei allen Zuständen. Man kann aber vom Techniker nicht verlangen, dass er z. B. den Feuchtigkeitsgehalt der Luft (φ bzw. $\varphi \gamma_D$) misst, um einen Kamin danach zu berechnen. Es sei daher versucht, diese Formeln zusammenzufassen. Zunächst ist festzustellen, dass φ , der Sättigungsgrad der Luft (relative Feuchtigkeit), in unseren Gegenden für alle Temperaturen den mittleren Wert von ungefähr 75% besitzt, obwohl die absolute Feuchtigkeit, d. h. der Wassergehalt nach dem Gewicht bei konstantem φ erheblich wächst mit zunehmender Temperatur. Tragen wir die sich aus Formel (3) für γ_L ergebenden Werte für $b = 760 \text{ mm}$ zwischen -10° und $+40^\circ$ (andere Temperaturen fallen für die Luft ausser Betracht) graphisch auf, so erhalten wir mit grosser Annäherung eine Gerade von der Form

$$\gamma_L = 1,291 - 0,00466 t_L \quad (6)$$



Mit (5) und (6) wird Formel (2) für 760 mm

$$a = H \left(1,291 - 0,00466 t_L - 1,33 \frac{273}{273 + t_G} \right)$$

$$= H \frac{(1,291 - 0,00466 t_L) t_G - 10,7 - 1,272 t_L}{273 + t_G} \text{ (mm WS)} \quad (7)$$

Das Ergebnis dieser Rechnung haben wir, sobald der Barometerstand b namentlich infolge Meereshöhe von 760 mm abweicht, wie folgt zu berichtigten.

a) *Luft*. Für eine bestimmte Temperatur t_L besitzt Formel (3) die allgemeine Form

$$\gamma_L = c_1 \varphi + c_2 b - c_3 \varphi$$

bei konstantem q

$$\gamma_L = C + c_2 b$$

Eine Gewichtsverminderung wird

$$-\Delta\gamma_L = c_2(-\Delta b) = -\frac{0.465}{273+t_L}\Delta b$$

Sie ist beim Teilgewicht der trockenen Luft oder auch beim Gesamtgewicht der feuchten Luft zu verrechnen. Sinkt das Barometer um 1 mm ($= 1 b$), so vermindert sich das spezifische Gewicht der Luft um

$$\Delta\gamma_1 = \frac{0.465}{273 + t_L}$$

Die Zugverminderung infolge Änderung des Zustandes
der Luft wird

$$\Delta a_L = H(760 - b) \frac{0.465}{273 + t_L} \quad (\text{mm WS}) \quad (8)$$

b) *Gas.* Der Unterschied beim Auftrieb von 1 m³ trockener Rauchgase mit von 760 auf b mm abnehmender Barometersäule ist nach Gleichung (4a), bezw. (5)

$$\Delta \gamma_G = 1,33 \frac{273}{273 + t_G} - 1,33 \frac{273}{273 + t_G} \frac{b}{760}$$

$$= \frac{363}{273 + t_G} \frac{760 - b}{760} \quad (\text{kg/m}^3)$$

Der Unterschied des Auftriebs beim Kamin ist:

$$\Delta a_G = H \Delta \gamma_G = H \frac{363}{273+t} \frac{760-b}{760}. \quad . \quad (9)$$

Dieser Unterschied ist von γ_G abzuziehen, und da γ_G in Formel (2) negativ ist, wird Δa_G in der Schlussformel positiv. Diese heisst

$$a = H \left(\frac{\frac{1,291 - 0,00466 t_L}{273 + t_G} - 10,7 - 1,272 t_L}{-0,465 \frac{760 - b}{273 + t_L} + \frac{363}{273 + t_G} \frac{760 - b}{760}} \right) \text{ (mm WS) (10)}$$

Das erste Klammerglied stützt sich auf $b = 760$, das zweite und dritte berichtigen bei abnehmendem b .

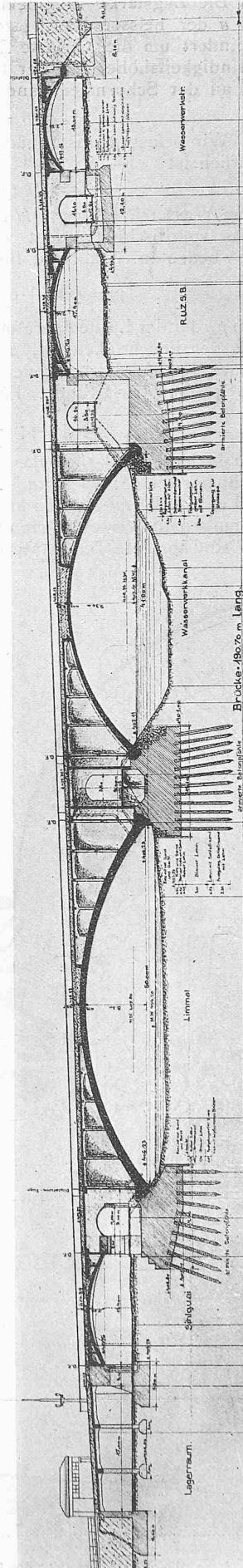
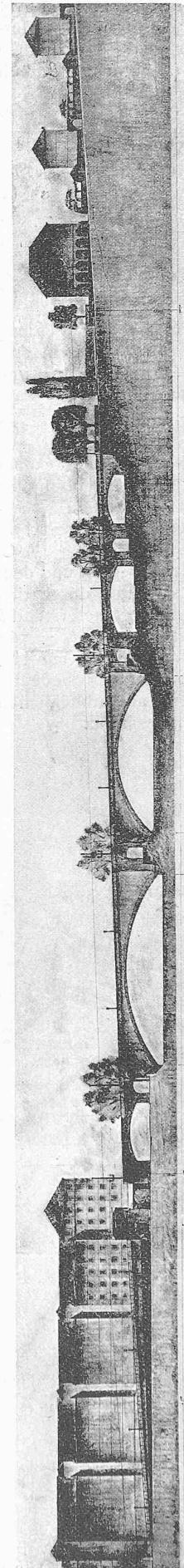
Diese Formel trägt der Meereshöhe des Standorts, der Luftfeuchtigkeit und ihrer Temperatur Rechnung. Mit $b=760$ und $t_L=0^\circ$, einem Zustand, auf dem Kaminformeln in der Regel aufgebaut sind, wird

$$a = H \frac{1,291 t_G - 10.7}{273 + t_G} \quad (\text{mm WS}) \quad (11)$$

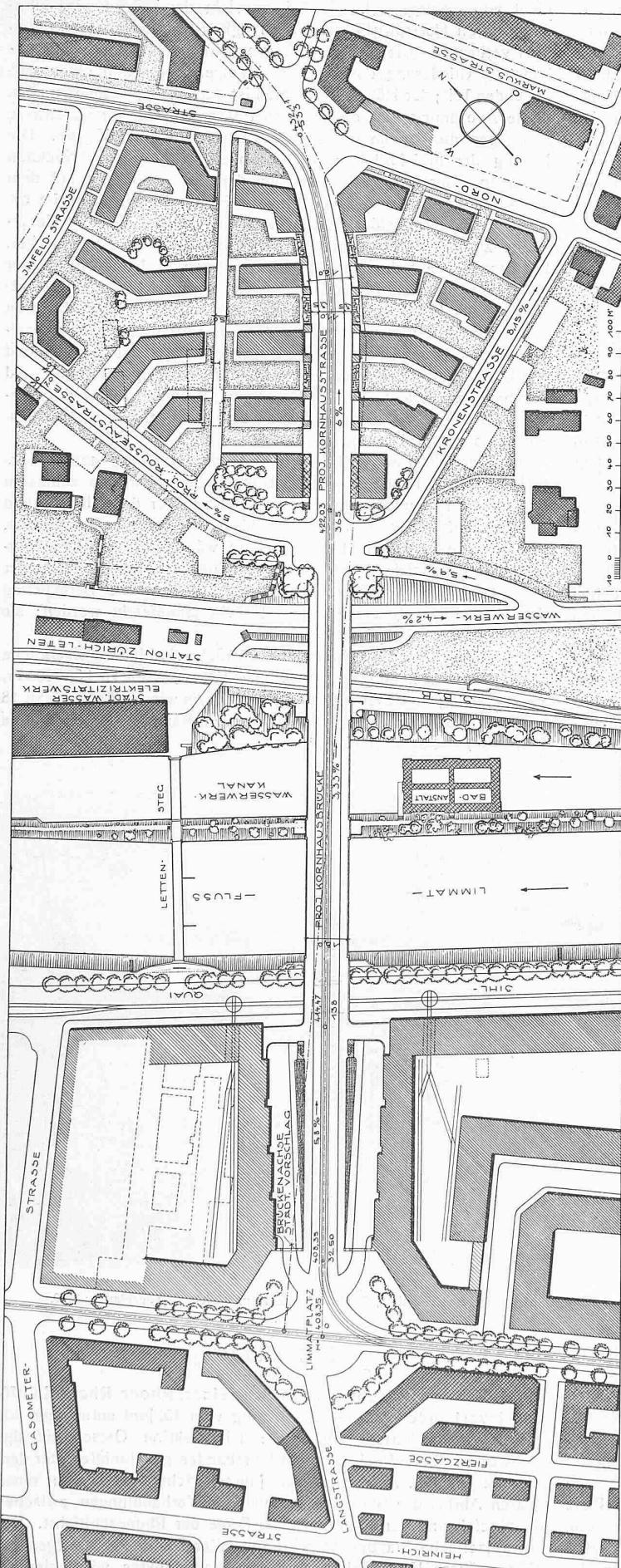
Allerdings sind in Formel (10) blosst trockene Rauchgase berücksichtigt. Wir können den Einfluss der Feuchtigkeit der Rauchgase erörtern, ihm jedoch nicht gut in der Formel (10) Rechnung tragen, und zwar aus folgendem Grund.

Bei den Rauchgasen verhält es sich wie mit der Luft: Je feuchter, desto leichter. Während die Luftfeuchtigkeit den Gas-Auftrieb vermindert, wird er im Gegenteil erhöht durch den Wasserdampfgehalt des Gases. Formel (10) stellt also den kleinstmöglichen Auftrieb der Rauchgase dar, ungefähr denjenigen, der sich bei der Verfeuerung von trockenem Koks oder Anthrazit einstellt. Bei diesen Brennstoffen entsteht nämlich kein oder nur wenig Verbrennungswasser.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Rauchgase kann infolge dieser Verhältnisse dazu beitragen, den Einfluss der Witterung auf den Zug zu verstärken. Die Rauchgase enthalten mehr Feuchtigkeit als die Außenluft, denn beim Verbrennungsprozess kommt zum Feuchtigkeitsgehalt der Luft φ_{PD} noch hinzu der Wassergehalt der Kohle (W), ferner das Verbrennungswasser ($9V$), entstanden aus V Wasserstoff der Kohle. V und W sind in Gramm oder $\%_{\text{oo}}$ einzusetzen.



IV Dose /2 Dose 6000 Fr) Entwurf Nr 9 Beton^a — Ansicht der Brücke aus Süden. — Masstab 1 : 1500.



IV. Preis (3. Rang, 6000 Fr.) Entwurf Nr. 9 „Beton“. — Verfasser: Architekten Pfleghard & Häfeli und Ingenieure Terner & Chopard in Zürich mit Fietz & Leuthold A.-G., Bauunternehmung in Zürich. — Lageplan 1: 2500.

Der gesamte Feuchtigkeitsgehalt in dem aus 1 kg Kohle entstehenden Rauchgas ist

$$G_W = V_L \varphi \gamma_D + W + 9V \quad (\text{gr}) \quad (12)$$

worin V_L der Luftbedarf, rund 8,5 m³ ohne, bis 13 und mehr m³ mit Luftüberschuss.

Infolge der Feuchtigkeitszunahme ($W + 9V$) zu demjenigen der Luft $V_L \varphi \gamma_D$ wird der Taupunkt überschritten, sobald die Rauchgase über der Kaminmündung sich abkühlen. Ihr Feuchtigkeitsüberschuss muss durch die Atmosphäre aufgenommen werden. Dies geschieht viel leichter, wenn der Teildruck des Wasserdampfes in der Luft niedrig, d. h. wenn diese trocken ist. Umgekehrt geht der Ausgleich schwer vor sich bei feuchter Luft. Dieser Umstand trägt wahrscheinlich dazu bei, dass bei feuchter, wenn auch ruhiger Atmosphäre der Rauch niedergedrückt wird, der Schornstein schlecht zieht.

Wird am Kaminfuss die Zugstärke z verlangt, so kann man in Formeln (10) und (11) für a das Zeichen z einsetzen, sofern die Verluste ausgeglichen werden. Dies geschieht, wenn die für a berechnete Kaminhöhe vermehrt wird um ein Stück, das die Summe der Verluste $h_W + h_r + h_t$ ¹⁾ ausgleicht. Man hat dann

$$H = \frac{z}{K} + \frac{h_W + h_r + h_t}{K} \quad (\text{m}) \quad (13)$$

worin K den Klammerausdruck der Formel (10) bedeutet. Für $b = 760$ mm und $t_L = 0^\circ$

$$H = \frac{z(273 + t_G)}{1,29 t_G - 10,7} + \frac{(h_W + h_r + h_t)(273 + t_G)}{1,29 t_G - 10,7} \quad (\text{m}) \quad (14)$$

Auf alle Fälle bilden Zugstärke und Rauchgastemperatur die Prämissen zur Bestimmung der Schornsteinhöhe; Formeln ohne Einbezug dieser Funktionen sind unzulänglich.

Häufig ist bei der Anlage eines Kamins der am Fuss benötigte Zug unbekannt. Dann empfiehlt es sich, empirisch zu nehmen:

$$z = 7 + \sqrt{\frac{B}{l}} \quad (\text{mm WS}) \quad (15)$$

worin B der stündliche Steinkohlenaufwand.

Wettbewerb für die Kornhausbrücke in Zürich.

(Fortsetzung des Berichts des Preisgerichts von S. 301.)

Nr 9. „Beton“. Erste Beurteilung: Der Verkehrszug Langstrasse, Limmatplatz, Brücke, Kornhausstrasse ist flüssig gelöst. Die Brückenrampe zwischen Limmatplatz und Sihlquai liegt auf beiden Seiten frei. Die Platzöffnung nimmt der Steigung der Rampe entsprechend gegen die Limmat an Breite zu. Die sägeförmige Staffelung der Bauflucht ist kaum durchführbar. Die kleinen Treppenhäuser zwischen Brücke und Rampe können begründet sein. Kaum erforderlich sind die beidseitigen Strassenüberbrückungen und entbehrlich die Torbildungen über beide Nebenstrassen am Brückenfuss. — Bemerkenswert erscheint die städtebauliche Durchbildung des rechten Ufers. Die Brücke selbst wird durch beidseitige Bastionen von je 11 m Breite aufgefangen, die je vier Bäume aufnehmen. Der Brückenkopfplatz ist im Gegensatz zu den meisten übrigen Entwürfen in bescheidenen und dabei völlig genügenden Abmessungen gehalten. Rousseau- und Kronenstrasse münden in angenehmer

¹⁾ Ueber die Feststellung dieser Verluste gibt der demnächst erscheinende Jahresbericht 1922 des Schweizerischen Vereins von Dampfkesselbesitzern Auskunft.