Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 111/112 (1938)
Heft: 27

Artikel: Feuersicherheit von Stahlskelettbauten
Autor: Pestalozzi, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-49971

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: 16.07.2025

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

Hochwände auf die Dauer dem Seitenschub der Tonne nicht gewachsen waren. Die erwähnten Stichkappen sind übrigens ein Zeichen, dass man die Tonne so tief als möglich beginnen lassen wollte. Wahrscheinlich gleich nach 1100 wird der Kirche die zweigeschossige Vorkirche im Westen vorgebaut, mit einem Erzengel-Altar im Obergeschoss, wie in vielen burgundischen Kirchen, alles in zwar auch noch primitiven, aber doch zierlicheren, gegliederten Formen, und von Anfang an gewölbt (Abb. 5). Im XIII. wird ihm neuerdings die offene gotische Vorhalle angefügt (Abb. 2). Noch später, im XIV. und XV. werden die romanischen Apsiden durch grössere, gotische Chorschlüsse ersetzt und wird an der Südseite ein Kreuzgang angebaut, von dem nur spärliche Reste erhalten sind.

Diese Erweiterungen beweisen eine relative Blüte des Klosters in jener Zeit — die immerhin nicht hinreichte, einen Neubau zu unternehmen. Denn Respekt vor dem Alten wird es schwerlich gewesen sein, was jene baufreudige Zeit an einem Abbruch des Veralteten hinderte. Trotzdem möchte man gerne annehmen, dass man sich auch damals dem Zauber der Vorzeit nicht ganz entzog, etwa als man 1501 gerade das altertümliche Romainmôtier wählte zur Hochzeitsfeier des Herzogs Philibert von Savoyen mit Marguerite d'Autriche, der Tochter Kaiser Maximilians und der jung verstorbenen Maria von Burgund, Tochter Karls des Kühnen, und Erbin der «siebenzehn Länder» ihres vor Nancy gefallenen Vaters. Man bedenke: die Erbauungszeit lag damals schon ein halbes Jahrtausend zurück — ebensoweit wie die Erbauungszeit des Berner Münsters von der Gegenwart. Seit Ende des XV. war das Kloster Romainmôtier eine Commende für nachgeborene Söhne des Hauses Savoyen, d. h. die Einkünfte aus seinem Grundbesitz dienten zur Ausstattung eines weltlichen grossen Herren, der die Leitung des Klosters einem schlecht bezahlten Vikar übertrug — das übliche Schicksal der meisten französischen Klöster im XVI. Jahrhundert, das eine halbe Saekularisation und den finanziellen Ruin bedeutete. Schon das Jahr 1537 brachte das Ende der burgundisch-savoyardischen Aspirationen: Die Berner eroberten die Waadt, Adrian von Bubenberg wird erster Bailly von Romainmôtier, die Bilder und Altäre der Kirche werden zerstört, die Vorkirche wird als Speicher benützt, das Leben der Klostergemeinschaft erlischt.

Versuchen wir, die stilgeschichtliche Stellung der Kirche von Romainmôtier mit ein paar Sätzen anzudeuten: die heutige Kirche in ihrer ursprünglichen Formung gehört einer Schicht von Bauten an, die man heute nicht mehr ohne Bedenken als «romanisch» bezeichnet, denn es fehlt ihr gerade einer der wichtigsten Züge des romanischen Stils, nämlich die Leidenschaft, die Mauermaterie plastisch durchzuorganisieren, wie sie um 1100 in Westfrankreich auftritt, um weiterhin die Basis für den gotischen Stil abzugeben. Die flachen Blendbogen und Bogenfriese, die die Aussenseite von Romainmôtier zieren (Abb. 2), scheinen gleichsam nur über die Wand herabzurinnen, sie sind eine Einteilung der Oberfläche, ohne den Anspruch, die Mauer zu organisieren, wie ihn die energisch vorspringenden Streben und Abtreppungen und Konsolgesimse des eigentlichen romanischen Stils erheben. Romainmôtier steht damit lombardischen Kirchen nahe, die ihrerseits auf frühchristlichen und ravennatischen Vorbildern fussen, ohne deren souveräne Raumbeherrschung zu übernehmen. Man nimmt an, dass es wirklich lombardische Bauhütten waren, die diesen «premier style roman», oder früh- oder vor-romanischen Stil von Katalonien bis Oesterreich verbreitet haben; in Italien und Deutschland hat sich daraus ein eigener romanischer Stil entwickelt, von dem aus keine Entwicklungslinie in die Gotik mündet. In Frankreich bleibt diese Schicht liegen, sie wird überdeckt vom romanischen Stil des Westens, und Beispiele davon haben sich nur in abgelegenen Gegenden bis auf die Gegenwart erhalten, wo die Mittel für Neubauten fehlten.

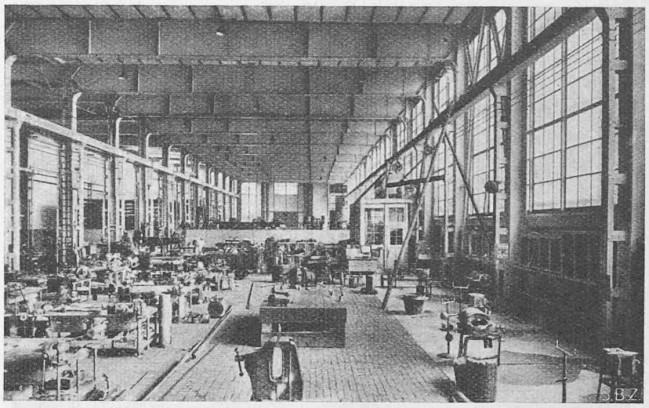


Abb. 2. Werkstattgebäude (1930) bei Gebr. Sulzer, Winterthur

Denn sobald man zum Mauerbau aus grossen Quadern überging, mussten das kleinformatige Bruchsteinmauerwerk dieser Bauten, ihre kleinen Raumdimensionen und schwerfälligen Gliederungen altmodisch und provinziell erscheinen. Uns sind sie heute ehrwürdige Zeugen einer tausendjährigen Vorzeit. P. M.

Literatur über Romainmôtier: A. Naef im Schweiz. Anzeiger für Altertumskunde 1905/6, S. 310 ff. *J. Zemp* in Zeitschrift für Geschichte der Architektur 1908, S. 89 ff. *J. Gantner,* Kunstgeschichte der Schweiz I, 1936, S. 147 ff.; hier besonders auch die Beziehung zu Cluny und die Aufschlüsse, die von Romainmôtier aus über das nicht mehr vorhandene, seinerzeit überaus folgenreiche Cluny II zu gewinnen sind. *S. Brodbeck,* «Les voûtes romanes de l'église de Romainmôtier» im Bulletin monumental 1936, p. 473 ff., mit eingehenden Erörterungen des Problems der Tonnen-Wölbung bei basilikal beleuchtetem Mittelschiff. — Ueber den Stil von Romainmôtier im Allgemeinen: *J. Puig i Cadafalch* «Le Premier Art Roman» Paris, Laurens 1928.

Feuersicherheit von Stahlskelettbauten

Des Ingenieurs Facharbeit ist wirtschaftliches Bauen; wo viel Geld investiert wird, ist seine Verantwortung in höherem Masse in Anspruch genommen. Die Prämienzahlungen für Feuerversicherung haben in der Schweiz im Jahre 1936 44 Mill. Franken betragen; viele der erfassten Objekte sind Ingenieurbauwerke. Die Kenntnis der Sicherung gegen Feuerschaden gehört daher ins Fachgebiet des Ingenieurs. Die Techn. Kommission des Verbandes Schweiz. Brücken- und Stahlhochbau-Unternehmungen hat sich mit der Feuersicherheit der Stahlskelettbauten eingehend beschäftigt; darüber wird in diesen Ausführungen berichtet.

Ungeschützte Stahlkonstruktionen.

Wie verändern sich die Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften unseres Baustahls St. 37 bei steigender Temperatur? Die Festigkeitskurve von Abb. 1 ist amerikanischen Versuchen entnommen. Bei einer Temperatur von rd. 250 ° C hat die Festigkeit 25 % zugenommen; sie fällt bis 375 ° auf ihren ursprünglichen Wert zurück und bei weiter steigender Temperatur rasch auf ein Drittel bei 550 °. Die Kurve der Proportionalitätsgrenze und des Elastizitätsmoduls sind nach Versuchen der E. M. P. A. eingetragen. Die Konstruktion beginnt nachzugeben, wenn die Fliessgrenze unter die tatsächliche Beanspruchung sinkt. Dies ist nach den klassischen Versuchen «Fire Tests of Building Columns» in den U. S. A. von 1917/19 bei 540 bis 650 ° der Fall. In den «Specifications of the American Institute of Steel Construction» ist vorgeschrieben, dass die mittlere Temperatur des Stahls 1000 ° F (540 ° C) und die höchste lokal begrenzte Temperatur 1200 ° F (650 ° C) nicht übersteigen dürfe. Unsere Vorschriften

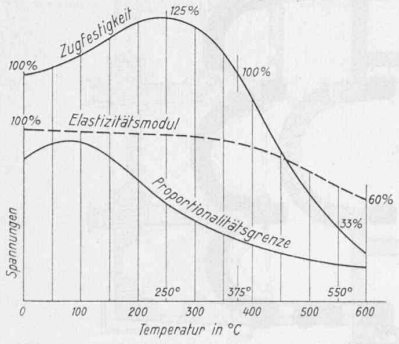


Abb. 1. Festigkeitsverhältnis von St. 37 bei höhern Temperaturen

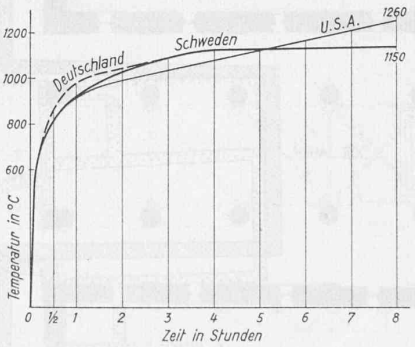


Abb. 3. Einheitstemperaturen für Brandversuche verschiedener Länder

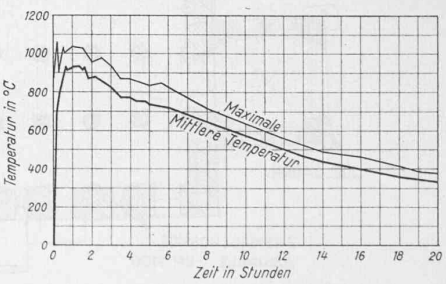


Abb. 4. Temperatur und Branddauer bei unbeschränkt vorhandenem Brennstoff

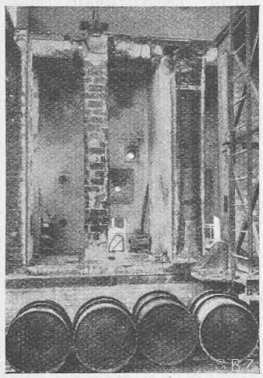


Abb. 5. 800 l Oel (vier Fässer) als Bedarf für einen dreistündigen Brandversuch

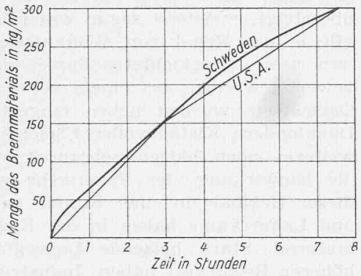


Abb. 6. Menge des brennbaren Materials und Branddauer

von 1935 setzen in Art. 57 die zulässige Temperatur des Stahls auf 400 ° C fest, was offensichtlich etwas tief gegriffen ist. Wird die kritische Temperatur nicht erreicht, so vollzieht sich bei der Abkühlung der spiegelbildliche Vorgang der gezeichneten Kurven. Die Stahlkonstruktion hat nicht Schaden gelitten; eher könnte man wegen des Ausglühens von einer Vergütung reden.

Die praktische Folgerung aus dem Verhalten von ungeschützter Stahlkonstruktion bei hohen Temperaturen ist nun, dass sie einen Brand, der in ihr nicht höhere Temperaturen als *etwa 500 ° C* erzeugt, unbeschädigt überstehen kann. Dies ist der Fall, *wenn nur wenig brennbares Material* vorhanden ist. Es ist also durchaus gerechtfertigt, Fabrikations- und Lagerräume beispielsweise der metallverarbeitenden Industrien (Abb. 2) wie bis anhin in ungeschützter Stahlkonstruktion zu erstellen. — Es ist schon verlangt worden, dass die Konstruktionen von Lagerräumen der Metallindustrie feuerfest verkleidet werden sollen mit der Begründung, als Lagergüter könnten später einmal auch brennbare Materialien in Betracht kommen. Eine solche Forderung ist materiell und vor allem auch vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus nicht gerechtfertigt, so wenig wie übersetzte Nutzlasten zu Grunde gelegt werden, nur weil eine geänderte Zweckbestimmung einmal solche fordern könnte. Aendert sich diese, dann sind sowohl im einen wie im andern Fall neue Massnahmen notwendig. Verkleidungen lassen sich sogar leichter anbringen als Verstärkungen. — Viele Industrieunternehmungen haben einen ständig wirkenden Sicherheits- und Alarmdienst und eine Werkfeuerwehr organisiert, womit ein ausbrechender Brand rasch entdeckt und bekämpft werden kann. Gelegentlich sind auch schon Sprinkler-Anlagen eingebaut worden, die sich durch eine wesentliche Herabsetzung der Feuerversicherungsprämien rasch amortisieren.

Die Sicherung von Menschenleben wird durch die Verwendung ungeschützter Bauteile nicht berührt, da eine Rettung in den ersten Minuten nach Brandausbruch erfolgen muss, also lange bevor der Bau selbst gefährdet ist. Nach vielen Beobachtungen erfolgt der Einsturz unverkleideter Stahlbauteile auch in heftigem Feuer erst nach Ablauf von 20 bis 30 Minuten.

Wir sehen, dass ungeschützte Stahlkonstruktionen im Hochbau, besonders im Industriebau, auch im Lichte heutiger Erkenntnis ihren Platz haben: er ist dort, wo die Brandgefahr gering ist. Das ist sehr häufig der Fall.

Aufgabe und Prüfung feuerschützender Verkleidungen.

Ist ein grösserer Brand möglich, so werden die Stahlkonstruktionen verkleidet. Die Aufgabe der Verkleidung geht aus dem Gesagten hervor: sie hat von der Stahlkonstruktion die gefährlichen Temperaturen von über 500 ° C fernzuhalten. Also eine defensive Aufgabe! Die Stärke des Verteidigers hängt von der Stärke des Gegners — dem Feuer — ab, wenn wir mit den Kräften haushalten — also wirtschaftlich bauen — wollen. Kennen wir ihn? Wir können seine Kräfte aus den Verhältnissen heraus in gewissem Rahmen bestimmen. Das führt uns zu den Gefahrenklassen, auf die wir noch zurückkommen werden.

Zur Prüfung der Feuerschutzmassnahmen stehen uns zwei Wege offen: der *Laboratoriumsversuch* bietet die Möglichkeit, ein konsequent aufgebautes Versuchsprogramm mit Zeit- und Temperaturmessungen nach wissenschaftlicher Methode durchzuführen. Aber es liegen sozusagen schulmässige Verhältnisse vor, bei denen nicht alle Umstände berücksichtigt werden können, die bei tatsächlichen Bränden auftreten, so hauptsächlich die Wirkung von Expansion und Kontraktion bei ausgedehnten Bauwerken, teilweise des Löschwassers, mechanischer Beanspruchungen und unzähliger sog. Zufälligkeiten. Die Ergänzung durch *Beobachtungen bei grossen Bränden* (Naturversuch) ist notwendig. Sie lassen aber wiederum nur bedingte Schlüsse auf die Wertigkeit der Konstruktionen zu, nämlich nur dann, wenn Temperatur und Branddauer beobachtet, gemessen oder abgeleitet werden können. Diskussionen über Brände, wie sie bei uns schon öfters geführt worden sind, sind müssig, wenn Zeit- und Temperaturangaben nicht gemacht werden können; sie führen sehr leicht zu falschen Vergleichen. Urteilen wir über die Tragfähigkeit von Konstruktionen oder vergleichen wir solche gar miteinander, wenn wir Tragsystem, Spannweite und Belastung nicht kennen?

Brandversuche.

Aus der Fülle der Arbeiten auf diesem Gebiete, deren Darstellung hier zu weit führen würde, seien nur die *schwedischen Versuche*, die im Jahre 1935 durch die staatliche Materialprüfungsanstalt in Stockholm durchgeführt worden sind, kurz behandelt[1]). Sie gaben die Grundlage für staatliche Vorschriften über die Feuersicherheit von grossen Gebäuden wie Hotels, Warenhäuser usw. Dass die Versuche zum grössten Teil von den Feuerversicherungsgesellschaften finanziert wurden, sei nicht verheimlicht. Aus dem reichhaltigen Versuchsprogramm geben wir nur die uns am meisten interessierenden Ergebnisse wieder. Die Versuche wurden in Naturgrösse an unter normaler betriebsmässiger Belastung stehenden Konstruktionen durchgeführt. Die Heizung durch Gasflamme erfolgte nach einem Zeit-Temperatur-Diagramm, das in Abb. 3 dargestellt ist. Zum Vergleich sind die Einheitstemperaturkurven von Versuchen in Deutschland und den U. S. A. aufgenommen. Die Versuche der Deutschen gehen über drei Stunden, jene der Amerikaner und Schweden über acht Stunden.

Ist eine so weitgehende Versuchsdauer angezeigt? Die Frage hat deshalb Bedeutung, weil die amerikanischen Versuche von 1917/19 gelegentlich bei uns als Kronzeugen für die Anforderungen an feuersichere Verkleidungen zitiert werden. Abb. 4 zeigt das Diagramm Temperatur-Branddauer, wenn Holz in beliebiger Menge verbrannt wird. Wir sehen, dass bei reinem Holzbrand die maximale Temperatur in den ersten zwei Stunden rd. 1000 ° C erreicht, die mittlere rd. 900 °; nachher nimmt sie ab. Wo bei Bränden höhere Temperaturen nachgewiesen werden, sind immer stark heizende Materialien im Spiele; da ist Einreihung in eine höhere Gefahrenklasse am Platze. Dass die Deutschen der Hochfeuerbeständigkeit mit Recht eine Versuchsdauer von nicht mehr als drei Stunden zu Grunde legen, dürfte drastisch durch Abb. 5 erwiesen sein: es zeigt einen Versuchsraum mit einer geprüften Mittelsäule und im Vordergrund die vier Fässer mit 800 l Oel, die für den dreistündigen Brandversuch benötigt wurden. Die erforderliche Menge festen Brennmaterials hätte im Versuchsraum gar nicht Platz gefunden. Nicht zu vergessen ist, dass bei einem solchen Versuch im Gegensatz zum Brandfall eine Wärmeabstrahlung verhindert ist. Die über drei oder maximal vier Stunden hinausgehenden Versuche haben für uns nur theoretischen Wert.

Nun steht aber bei Bränden das Brennmaterial nicht in beliebiger Menge zur Verfügung. Es interessiert also *die Beziehung zwischen der Menge brennbaren Materials* (Holz mittleren Brennwertes) *und der Branddauer*, die in Abb. 6 für Schweden und die U. S. A. wiedergegeben ist. In den Ordinaten ist die Menge des Brennmaterials in kg/m² Bodenfläche aufgetragen, eine für die Beurteilung der Brandgefahr sehr wichtige Zahl. Wir haben bei 50 kg/m² eine Brenndauer von dreiviertel bis eine Stunde, bei 100 kg/m² 2 h, bei 150 kg/m² 3 h, und bei 200 4 h. Ein Kriterium für die Beurteilung der Gefahrenklassen ist somit die Brennmaterialmenge, wovon im letzten Abschnitt die Rede sein wird.

Von den zahlreichen Versuchen der schwedischen staatlichen Materialprüfungsanstalt zeigen wir nur die Gegenüberstellung von Säulen, Unterzügen und Decken in betonummanteltem Stahl und in Eisenbeton. Die dargestellten Profile sind für die zugehörigen Brenndauern feuersicher, d. h. sie entsprechen der Bedingung, dass sie durch den Versuch von ihrer Tragfähigkeit und ihren Festigkeitseigenschaften nichts eingebüsst haben; Träger und Decken wurden nach dem Versuch auf doppelte Belastung geprüft.

Die Einteilung erfolgt nach *Brandklassen*. Beispielsweise wurden die Objekte von Brandklasse 4 während vier Stunden dem Feuer nach der Temperatur-Zeit-Kurve auf Abb. 3 ausgesetzt und sofort anschliessend während 4 min. mit dem Hydrantenstrahl bespritzt. Auf Abb. 7 sind die Säulen der Brandklassen 8 bis ½ dargestellt, auf Abb. 8 die Decken 4 bis ½. Die *Säulen* der Brandklasse 4 erfordern 6 cm Ueberdeckung mit Granitbeton, 4 cm mit Kalksteinbeton, und zwar

[1]) Statens Provningsanstalt Stockholm, Meddelande 66, Ragnar Schlyter, 1935.

von gleicher Stärke bei der Stahlsäule und bei der Eisenbetonsäule. Die leichte Deckschichtarmierung der Säulen besteht aus vier 6 mm Längseisen und 6 mm Bügeln in 25 cm Abstand bei beiden Bauarten; bei Kalksteinbeton ist sie bei der Eisenbetonsäule entbehrlich. Die bei uns häufig gebauten Stahlsäulen mit 5 cm Ueberbeton gehören dieser Brandklasse an; sie genügen somit — wie wir noch sehen werden — der höchsten Gefahrenklasse. Die Brandklasse 2 erfordert 3 cm Ueberdeckung bei beiden Bauarten, bei Stahlsäulen mit Deckschichtarmierung. Bei Brandklasse 1 genügen 2 cm Zementverputz über dem Flansch mit Eisendrahtnetz, das in den Vollbeton eingreift, Rabitzverputz von 2 bis 3 cm Stärke oder eine feuerhemmende Platte auf den Flanschen. Die Bauart der Brandklasse ½ findet im Industriebau mit Ausfachung in Stärke der Ständer häufig Anwendung. — Fast gleichlautende Ergebnisse lassen sich aus den Versuchen für die *Decken* ablesen.

Als bedeutsames Resultat dieser schwedischen Versuche sei festgehalten, *dass die Ueberdeckungshöhen bei Stahlsäulen, und zwar über Flansch und über Kante, und bei Eisenbetonsäulen gleich gross sein müssen.* Die heute landläufige Auffassung erfordert also bei Stahlsäulen zu Unrecht eine grössere Ueberdeckung. Für höhere Gefahrenklassen ist die Schutzschicht bei Eisenbetonsäulen, bei Ausnutzung der schweiz. Vorschriften von 1935, ungenügend, m. a. W. vorschriftsgemäss erstellte Eisenbetonsäulen bieten bei grosser Brandgefahr eine geringere Feuersicherheit als vorschriftsgemäss verkleidete Stahlsäulen. Aehnlich liegen die Verhältnisse bei Decken. Für die mittlere Brandklasse 2 soll der Ueberbeton bei Unterzügen 2½ bis 3 cm betragen, bei Decken 1½ bis 2 cm; für höhere Anforderungen mehr. Vorschriftsgemäss gebaut ergibt sich aber eine dünnere Schutzschicht, also geringere Feuersicherheit.
Anforderungen entsprechend mehr. Vorschriftsgemäss gebaut ergibt sich aber eine dünnere Schutzschicht, also geringere Feuersicherheit.

Es wird der projektierende Ingenieur oder Architekt in jedem Einzelfall bei Projektvergleichen die Gleichwertigkeit der Feuersicherheit der verschiedenen Bauweisen prüfen müssen. Der verfügbare Raum erlaubt nicht, an dieser Stelle auf Versuche in andern Ländern einzugehen.

Beobachtungen bei grossen Bränden.

Sie müssen das Bild, das uns die Brandversuche bieten, ergänzen. Dafür liegen besonders aus Amerika, Deutschland und dem frühern Oesterreich reichliche Erfahrungen vor, die eindeutig beweisen, dass angemessene Verkleidungen von Stahlbauten den vielfältigen Beanspruchungen eines grossen Brandes auch wirklich standhalten. Zum Vergleich der Bauweisen sei auf den Artikel des Verfassers «Baustoff und Feuersicherheit» («SBZ» Bd. 108, S. 204, 7. Nov. 1936) hingewiesen, in dem das Verhalten von Bauten aus Holz, ungeschütztem Stahl, Eisenbeton und geschütztem Stahl bei Brandfällen behandelt worden ist und der die Schlussfolgerung erlaubt, *dass fachgemäss feuerfest verkleidete Stahlskelettkonstruktionen in schweren Brandfällen die grösste Feuersicherheit bieten.*

Es stellt sich nun die Frage, welche Anforderungen im Einzelfall an die Feuersicherheit des Bauobjektes gestellt werden müssen. Können wir sie einfach definieren, etwa wie die Nutzlast in kg/m² Grundfläche? Gelingt dies, so vermögen wir dem eingangs gestellten Ziel der Wirtschaftlichkeit auch auf diesem Gebiet näher zu kommen.

Die Gebäude werden in *Gefahrenklassen* eingeteilt. Wir stufen sie nach der *Menge des brennbaren Materials* und unter Berücksichtigung von dessen Brennwert ab. Abb. 6 stellt die Verbindung zur *Branddauer* her. Die Brandklassen der schwedischen Versuche führen zur *Bemessung der feuersicheren Verkleidung.* Wo für ortsübliche Verkleidungsmaterialien Versuche fehlen, die Erprobung aber wünschenswert ist, können Versuche durchgeführt werden. Dies führt zur Aufstellung von Gefahrenklassen zur wirtschaftlichen Bemessung von Verkleidungen.

Wie viel brennbares Material steckt in unseren Häusern und Industriebauten? Ein Amerikaner, der viele Hotels besitzt, hat deren brennbaren Inhalt gewogen oder berechnet, mit dem Ergebnis, dass dieser in Hotels 50 kg/m² Bodenfläche nicht übersteigt, meistens sogar wesentlich darunter liegt. Das selbe gilt in der Regel von Wohnhäusern, Geschäftshäusern, Spitälern usw. (Geschichtetes Papier darf kaum als Brennmaterial bewertet werden: bei einem vor kurzem erfolgten Brand in der Ostschweiz wurden neben eingestürzten verkohlten hölzernen Dachbindern Kisten voller Flaschenetiketten gefunden, die ohne weiteres noch hätten gebraucht werden können). Selbst ohne die Einwirkung der Feuerwehr werden die einzelnen Räume dieser Gebäude in einer Stunde ausgebrannt sein. Warenhäuser und Lagerräume haben in der Regel 100 bis 150 kg/m² Brennmaterial. Stark heizende Lagergüter können einen wesentlich höheren Brennwert haben. Industrielle und gewerbliche Betriebe schliessen oft erhöhte Brandmöglichkeit in sich, der bei der Einteilung ebenfalls Rechnung zu tragen ist. Eine mögliche Gefahrenklassierung für Gebäude ist:

1. Gefahrenklasse: Wohnhäuser, Geschäftshäuser, Hotels, Spitäler, Schulhäuser; brennbarer Inhalt unter 50 kg/m² Bodenfläche.
2. Gefahrenklasse: Lagerräume mit relativ wenig Brennmaterial, kleinere und mittlere Verkaufslokale; brennbarer Inhalt 50 bis 100 kg/m².
3. Gefahrenklasse: Lagerräume mit relativ viel Brennmaterial, grosse Warenhäuser, industrielle und gewerbliche Betriebe nicht besonders grosser Brandgefahr; brennbarer Inhalt 100 bis 150 kg/m².
4. Gefahrenklasse: Gebäude, die auf Grund besonderer Verhältnisse noch höhere Feuergefahr aufweisen.

Diesen Gefahrenklassen entsprechen die nachstehenden Branddauern und Brandklassen nach den schwedischen Versuchen:

Gefahrenklasse 1	Branddauer max. 1 Std.	schwed. Brandkl.	1
Gefahrenklasse 2	Branddauer max. 2 Std.	desgl.	2
Gefahrenklasse 3	Branddauer max. 3 Std.	desgl.	2 bis 4
Gefahrenklasse 4	Branddauer max. 4 Std.	desgl.	4

Beispielsweise ist somit die Innensäule eines Geschäftshauses mit 2 cm Zementverputz auf Drahtgeflecht über Flansch oder mit Rabitzverputz genügend geschützt, diejenige eines Verkaufslokals mit 3 cm Betonüberdeckung, während 5 cm Ueberbeton auch den schwersten Angriffen genügen. Bei Eisenbetonbauten müssen die Ueberdeckungen, wie oben erwiesen, gleich gross sein wie bei Stahlbauten; bei höheren Gefahrenklassen ist durch zusätzliche Materialstärke gegenüber der üblichen Bemessung der Feuersicherheit Rechnung zu tragen.

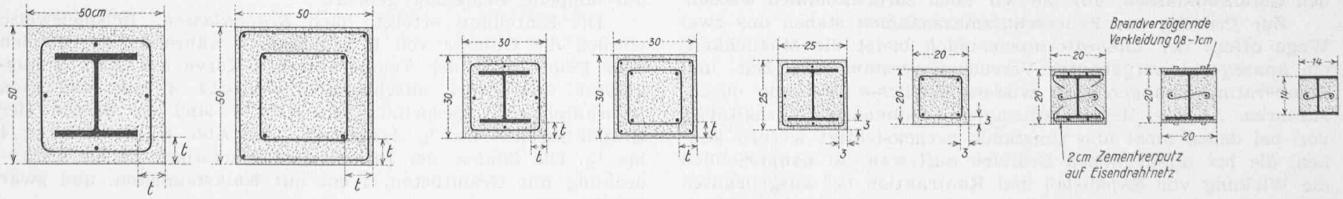
Da bei dieser Bemessungsart die Wirkung der Löschaktion noch nicht berücksichtigt ist, enthält sie einen Sicherheitsfaktor, der rechnerisch nicht angegeben werden kann. Er wird in Städten mit Berufsfeuerwehr und in Industriezentren in Stadtnähe grösser sein als auf dem Lande.

Die wirtschaftliche Bedeutung einer Gefahrenklassierung von Gebäuden ist für alle beteiligten Kreise — Bauherren, Architekten und Ingenieure, Baupolizeibehörden, Versicherungsgesellschaften und Bauunternehmungen — nicht von der Hand zu weisen. Gerade wer die Lücken auf diesem Gebiete rationeller Materialausnützung, verbunden mit Förderung der Feuersicherheit, erkennt, wird Zusammenarbeit gutheißen. Dazu fordere ich auf! E. Pestalozzi, Ing., Küsnacht-Zürich.

MITTEILUNGEN

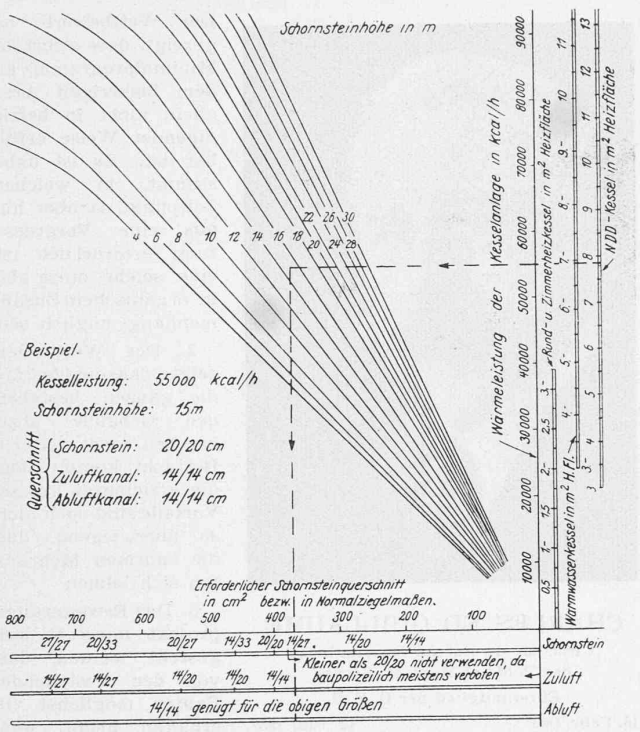
Berechnung der Schornsteinquerschnitte für Kesselanlagen von Sammelheizungen, nach Ing. Günther Bertling VDI, Berlin-Siemensstadt («Ges.-Ing.» 1938, Heft 1). Kesselbauart und Brennstoff bestimmen die für die Feuerung erforderliche Zugstärke Z. Diese wird vom Kessellieferanten von Fall zu Fall angegeben; sie entscheidet über die notwendige Schornsteinhöhe h_s, wie aus nachfolgender Gleichung ersichtlich ist:

$$Z = h^s \gamma \left(\frac{1}{1 + 0{,}00367\, t_1} - \frac{1}{1 + 0{,}00367\, t_m} \right) \text{ mm WS}$$



Brandklasse 8; GB t = 10 cm, KB t = 8 cm Br.-Kl. 4; GB t = 6 cm, KB t = 4 cm Brandklasse 2 Brandklasse 1 Br.-Kl. ½

Abb. 7. Schwedische Versuche an Säulen mit 8 bis ½-stündiger Branddauer. GB = Granitbeton, KB = Kalksteinbeton



Zeichenerklärung: h_s = Schornsteinhöhe in m.
γ = spez. Gewicht der Luft in kg/m³ bei 0 °C und dem jeweiligen Barometerdruck.
t_1 = Aussenlufttemperatur °C.
t_m = mittlere Gastemperatur im Schornstein °C.

Zu der vom Kessellieferanten angegebenen Zugstärke Z ist ein Zuschlag von 2 ÷ 3 mm zu machen wegen der Reibungswiderstände in den Kanälen und der dem Gas zu erteilenden kinetischen Energie. Bei gegebenem Schornstein kann natürlich die zu erwartende Zugstärke aus der selben Gleichung errechnet werden. Der lichte obere Querschnitt q des Schornsteins kann für jeden Fall mit Hilfe der allgemeinen Gleichung nach Lang berechnet werden zu:

$$q = \frac{B\,G\,(1 + 0{,}00367\,t_0)}{3600\,v}\ \text{m}^2.$$

Darin bedeuten: B = verbrannte Brennstoffmenge in kg/h.
G = Gasmenge in m³ pro 1 kg Brennstoff, bezogen auf 0 °C und den jeweiligen Barometerdruck.
t_0 = Gasaustrittstemperatur in °C.
v = Gasgeschwindigkeit am Kesselaustritt in m/s.

Für Normalausführungen von Gliederkesselanlagen können auch folgende Erfahrungsgleichungen angewandt werden:

$$q = \frac{100\,W}{k\sqrt{h_s}}\ \text{m}^2 \qquad q = \frac{200\,F}{\sqrt{h_s}}\ \text{m}^2 \qquad q = \frac{300\,F}{\sqrt{h_s}}\ \text{m}^2$$

Bei Heizflächenbelastung:

< 8000 kcal/m²h	8000 kcal/m²h	12 000 kcal/m²h
alle Brennstoffe	Koksfeuerung (für Gaskoks 15 ÷ 20 % grösser)	

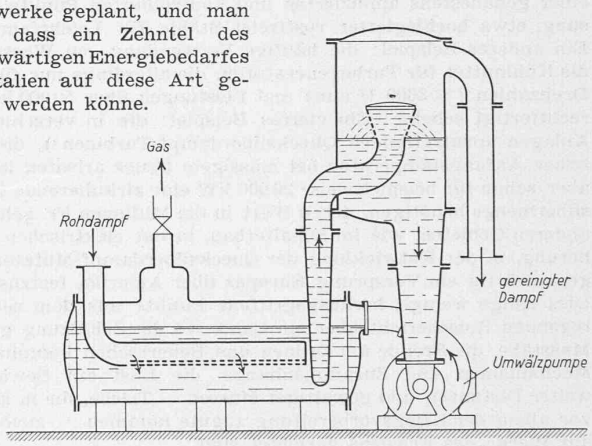
Die Ergebnisse der vorangehenden Gleichungen sind in der Abbildung zu einem Schaubild verarbeitet, das ausser Schornsteinhöhe und -Querschnitt auch die Werte für die lichten Weiten des Rauchfuchses, sowie der Zu- und Abluftkanäle enthält.

Bei Anlagen mit Saugzugventilator ist dessen manometrische Förderhöhe h_{man} (statische und kinetische Anteile) bestimmt durch die erforderliche Zugstärke. Die Leistungsaufnahme des Ventilators beträgt:

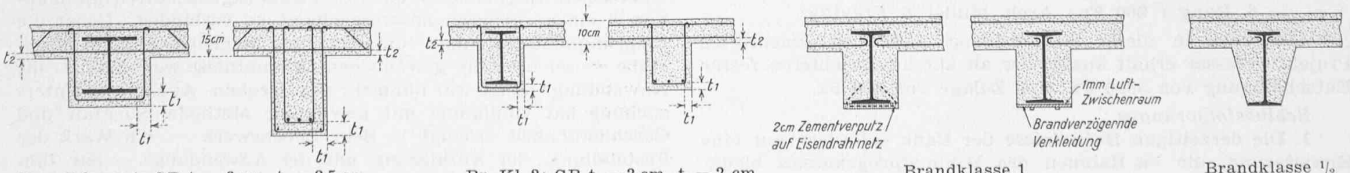
$$N = \frac{V\,h_{man}}{3600 \cdot 75\,\eta_{vent.}}\ \text{PS} \qquad h_{man} \text{ in mm WS} \quad V = \text{stündl. Gasvol. in m}^3.$$

Normalerweise wird sie 0,5 bis 1 % der Kesselleistung nicht überschreiten. Vorsichtshalber wird man den Antriebsmotor rd. 25 % stärker bemessen, als es nach obiger Gleichung erforderlich wäre. Nach Rietschels Leitfaden der Heizungs- und Belüftungstechnik, Hilfstafel V bzw. VI, kann der Durchmesser der Ventilatordruckleitung berechnet werden. Diese wird mit Vorteil nach aussen als Diffusor ausgebildet, um einen Teil der kinetischen Energie als Pressung zurückzugewinnen.

Italienische Erddampf-Kraftwerke. Zu unserer Mitteilung in Bd. 112, Nr. 21, S. 260 bringen wir noch folgende Ergänzungen an: unsere Abb. stellt den Bringhenti-Dampfreiniger dar, dessen geniale Lösung als Anregung für ähnliche Aufgaben in andern Gebieten befruchtend wirken kann. Bei den neuesten Anlagen hat man allerdings auf die Dampfreinigung verzichtet und musste damit auch die Kondensation fallen lassen. Da, wie schon angedeutet, der Abdampf für kalorische Zwecke Verwendung findet, ist die geringe Wärmeausnutzung in den Turbinen wieder wettgemacht, besonders auch dank der Vereinfachung durch Wegfall der Reinigungs-, Evakuierungs-, Kondensations- und Rückkühlanlagen. Die Erddampfkraftwerke sind bereits auf eine totale Leistung von 60 000 kW ausgebaut; ihre Energieabgabe erreicht den ansehnlichen Wert von 500 000 000 kWh. Auffallend an diesen Anlagen ist der Umstand, dass alle elektrischen Sammelschienen und Freileitungen aus Aluminium bestehen, weil Kupfer von dem im Erddampf enthaltenen Schwefelwasserstoff stark angegriffen würde. Im Zusammenhang mit der fortschreitenden Elektrifikation der italienischen Staatsbahnen ist ein weiterer Ausbau dieser Kraftwerke geplant, und man hofft, dass ein Zehntel des gegenwärtigen Energiebedarfes von Italien auf diese Art gedeckt werden könne.



Betriebserfahrungen mit Elektro-Strahlungsheizung. Nach einem Bericht über sechsjährige Erfahrungen mit einer Deckenstrahlungsheizung, die für das Verwaltungsgebäude eines holländischen Stromversorgungsunternehmens eingerichtet wurde, betrug der jährliche Stromverbrauch der Anlage 45 kWh pro 1 m³ Rauminhalt. Das ziemlich freiliegende Gebäude mit zahlreichen grossen Fenstern hat einen Rauminhalt von 13 000 m³, für dessen Heizung bei einer niedrigsten Aussentemperatur von —12° C rechnungsmässig 280 000 kcal/h nötig sind. Zur Erwärmung des Heizwassers dient ein liegender Kessel für 2 at mit 6 Gruppen von Heizelementen je 66 kW, insgesamt also mit einem Anschlusswert von 396 kW. Das Heizwasser wird durch eine Pumpe von 6,5 l/s Leistungsfähigkeit durch die Heizrohre umgewälzt, die eine Deckenfläche von rd. 532 m² belegen. Dabei wird durch ein geregeltes Mischventil Kesselwasser dem Rücklaufwasser zugesetzt, sodass eine ganz bestimmte Temperatur des Vorlaufwassers erreicht wird, deren Grenzen entsprechend der Aussentemperatur auf einem Kontaktthermometer eingestellt werden können. Die Wärmeabgabe der Heizung kann nur allgemein, nicht aber für die einzelnen Räume geregelt werden; für den Hauptflügel wurde eine zusätzliche elektrische Heizung von 20 kW notwendig. Bemerkenswert ist vor



Brandklasse 4; GB t_1 = 6 cm, t_2 = 2,5 cm
KB t_1 = 4 cm, t_2 = 2 cm

Br.-Kl. 2; GB t_1 = 3 cm, t_2 = 2 cm
KB t_1 = 2,5 cm, t_2 = 1,5 cm

Brandklasse 1

Brandklasse ½

Abb. 8. Schwedische Versuche an Decken mit 4 bis ½ stündiger Branddauer. GB = Granitbeton, KB = Kalksteinbeton