

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 68 (1950)
Heft: 29

Artikel: Verhalten der Stahlkonstruktion beim Brand eines Industriebaues
Autor: Guyer, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-58051>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

qu'un choc entre piston et fond peut se produire, puisque pour $\lambda = 1,4$ les pistons atteindraient, sous certaines conditions, la limite de leur course. En réalité, ce danger est facile à écarter en disposant un appareil de sécurité, semblable au dispositif de sur-vitesse d'une turbine, et qui arrête le générateur en cas de dépassement d'une course limite arbitrairement choisie.

Un tel appareil de sécurité ne serait pas une garantie absolument sûre s'il devait agir d'une course à l'autre mais, dans le

cas de marche à pression moyenne matelas constante représenté sur la figure 10, le temps nécessaire pour varier la masse d'air dans les matelas suffit largement pour que l'appareil de sécurité puisse intervenir à temps.

Le temps nécessaire pour adapter la pression du matelas à une nouvelle position du point mort extérieur peut également être lu sur le diagramme des courses, comme le montre la figure 11, où sont reproduites les courses dans le cas d'une diminution qui dure pendant plusieurs battements. Le combustible est réduit, au point A, d'environ un tiers. Le point mort intérieur se déplace d'abord vers l'extérieur, mais reprend après six battements environ l'ancienne position, indiquant par là que l'adaptation de la pression matelas est terminée. Le temps nécessaire pour cette adaptation a duré environ 0,6 seconde. Un déplacement de la position du point mort intérieur de la même importance, mais en sens opposé, se reproduit entre les points C et D quand le combustible injecté est de nouveau augmenté pour atteindre sa valeur initiale.

8. Diagramme des énergies avec frottement maximum limite

A l'aide des diagrammes d'énergie, on peut également étudier l'influence du frottement sur la marche des générateurs; ainsi, on a tracé sur le diagramme figure 10 les conditions de marche à frottement maximum, au-dessus duquel le fonctionnement n'est plus possible, même si le régulateur agissant sur les pompes d'injection les ouvrait au maximum permis par les butées de la tringlerie soit à $\lambda = 1,8$.

Le diagramme de marche à frottement maximum A'-B'-C'-D' fait ressortir que le générateur ne peut plus fonctionner si les pertes mécaniques atteignent une valeur supérieure à cinq fois leur valeur normale, soit 3700 kg par mètre de course. Cette caractéristique des machines à pistons libres constitue une protection très efficace contre des avaries graves, puisqu'un grippage encore peu important provoque l'arrêt de la machine avant que des destructions graves se soient produites. L'absence de volant constitue, dans ce cas, un avantage par rapport au moteur classique, où l'énergie accumulée dans le volant aggrave souvent les dégâts.

Il est d'ailleurs très peu probable que le frottement atteigne des valeurs excessives, la moindre variation des pertes mécaniques étant immédiatement signalée par l'indicateur de courses.

9. Fonctionnement avec clapets défectueux

Parmi les autres incidents qui pourraient se produire et dont l'effet peut facilement être vérifié sur les générateurs en essais, on peut citer le cas de rupture de clapets automatiques d'aspiration ou de refoulement d'air du compresseur. Ces essais ont été faits en reliant, d'une part le carter d'air de balayage au cylindre compresseur par un conduit muni d'une vanne et, d'autre part, le cylindre compresseur à l'air ambiant. On reproduit ainsi le cas de rupture de clapets de refoulement et celui de rupture de clapets d'aspiration. La section minimum choisie du conduit by-pass est de 14 cm², ce qui représente une section de fuite considérable qui ne serait obtenue que si plusieurs clapets étaient détériorés en

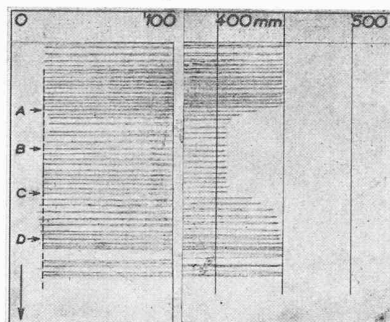


Fig. 11. Diagramme des courses avec déplacement prolongé de la position du point mort extérieur
 en A réduction du combustible d'environ 30%
 en B le point mort intérieur a repris sa position initiale
 en C augmentation du combustible de 30%
 en D le point mort intérieur a repris sa position initiale

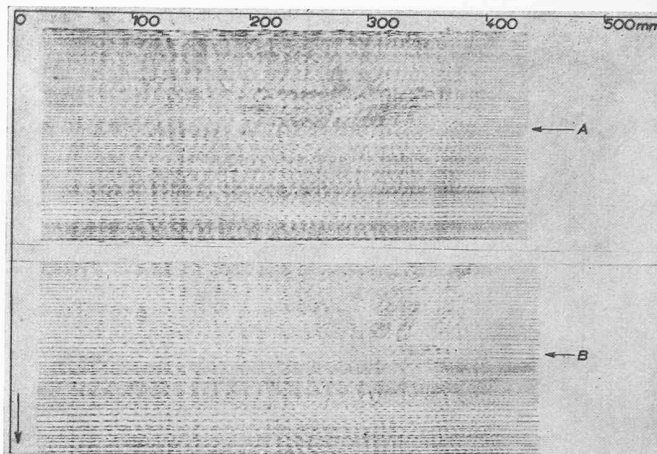


Fig. 12. Diagramme des courses
 A fuites entre carter et cylindre compresseur
 B fuites entre cylindre compresseur et air ambiant

même temps. Le diagramme des courses figure 12 montre que l'effet d'une fuite, même aussi considérable, n'est guère perceptible. Sur ces deux diagrammes, les courses sont d'abord relevées avec la vanne by-pass fermée. Au point A, on ouvre brusquement la vanne entre carter et cylindre compresseur et, au point B, la vanne entre cylindre compresseur et air ambiant. Dans les deux cas examinés, la fuite est pratiquement sans influence sur la marche des générateurs, qui pourraient donc sans inconvénient supporter des fuites bien plus importantes.

L'étude des conditions de stabilité montre que les générateurs à pistons libres sont d'un fonctionnement absolument sûr et régulier, malgré l'absence de l'embiellage classique. Un choc entre les deux pistons moteur ou entre pistons compresseur et culasse est absolument impossible. Même dans le cas d'incident ou de perturbation, que ce soit de l'injection, du frottement ou de l'étanchéité des clapets, la marche régulière ne subit guère de changement.

Par contre, la suppression de l'embiellage classique procure à ces machines une très grande souplesse de marche qui permet d'adapter au mieux les divers facteurs de fonctionnement au débit et à la pression variables des gaz alimentant la turbine.

Verhalten der Stahlkonstruktion beim Brand eines Industriebaues

DK 624.94.0046

Von Ing. R. GUYER, Pratteln

1. Beschreibung des Baues

In der Nacht vom 23. auf den 24. Dezember 1948 ist in einem industriellen Unternehmen ein Brand ausgebrochen, der innert wenigen Stunden in einem Teil der Gebäudeanlagen beträchtlichen Schaden angerichtet hat. Die Ursache des Feuers konnte meines Wissens nicht ermittelt werden; sie spielt bei den nachstehend geschilderten Beobachtungen und Ueberlegungen auch keine Rolle. Der Umfang des Brandes und die Bezeichnung der einzelnen in Mitleidenschaft gezogenen Gebäudeteile ist aus den Bildern 1 und 2 ersichtlich.

Die schraffierte Fläche in der zweiten Erweiterung (Bild 2) stellt ein zur Zeit des Brandes prall gefülltes Zwischenmagazin in Holzkonstruktion mit I NP als Dachunterzügen dar. Die zweite Erweiterung war über dieses Magazin, dessen Abbruch geplant war, montiert worden. Die verschiedenen Gebäudeteile sind in Etappen von 1945 bis 1948 erstellt worden, wiesen aber alle die selbe Bauart auf. Die Eisenkonstruktion — im Fundament eingespannte Säulen mit einem Längsportal auf acht Felder, geschweisste Shedunterzüge und Kranbahn mit seitlicher Vergitterung, alles wie üblich ohne Feuerschutz — weist keine Besonderheiten auf. Dagegen ist darauf hinzuweisen, dass die Mauer zwischen «Bau II» und erster und zweiter Erweiterung nicht über Dach geführt worden ist. Sie vermochte dann auch das Uebergreifen des Feuers auf die Randpartie von Bau II nicht zu verhindern; immerhin mag es ihr zu verdanken sein, dass sich das Feuer nicht noch weiter ausdehnte und dass Bau II verhältnismässig ge-

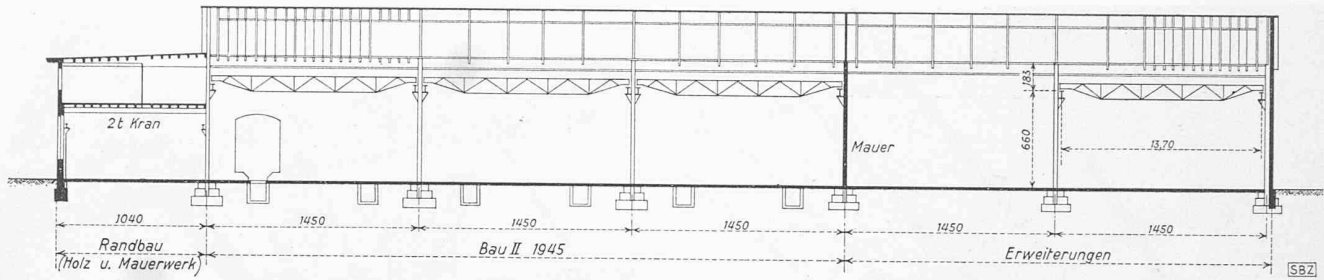


Bild 1. Querschnitt durch die Hallen, 1 : 500

linde davon kam. Es hätte aber unter ungünstigen Umständen (z. B. starker Wind oder zu späte Entdeckung des Brandes) der ganze Bau II, der durch keine Mauern unterteilt war, zerstört werden können, was für den Betrieb unabsehbare Folgen gehabt hätte.

Die Sheddächer bestanden aus Holzsparren mit Schalung, Dachpappe, Contrelatten, Lattung und Ziegeln; die Unterseite der Sparren war mit einer leichten Bauplatte verkleidet (Bild 4). Der Hohlraum zwischen Verkleidung und Holzschalung war nicht unterteilt, was wohl eine ordentliche Lüftung dieses Hohlraumes erlaubte, sich aber beim Brand verhängnisvoll auswirkte, indem eine richtige Kaminwirkung entstand. Auch konnte sich das Feuer in diesem Hohlraum unbemerkt fortpflanzen, so dass noch am 25. Dezember, als der Brand schon lange vorbei war und man das Feuer gelöscht glaubte, da und dort plötzlich wieder Flammen hervorbrachen.

Die eisernen Shedunterzüge waren auf der Unterseite mit Eternit und seitlich mit Bauplatten verkleidet, zu deren Befestigung Holzlatten angebracht waren.

Im Gebäude befand sich, ausser dem erwähnten Zwischenlager und in einem in der Nähe liegenden Farbmagazin, verhältnismässig wenig brennbares Material. Es bestand vor allem im Ausbau der in Fabrikation befindlichen und zum Teil beinahe fertigen Wagen, die, soweit sie nicht noch ins Freie geschleppt werden konnten, vollständig ausbrannten.

2. Brandschäden

Der Morgen des 24. Dezember bot dem Beschauer ein wüstes Trümmerfeld, das da und dort noch rauchte, während an andern Orten vom Löschwasser gebildete Eiszapfen herunterhingen. Der Boden war etwa 10 cm hoch mit zerbrochenen Ziegeln und Scheiben der Shedoberlichter sowie mit anderem Schutt bedeckt.

Sämtliche Baustoffe — Stahl, Beton, Mauerwerk und Holz — haben gelitten. Von einem grösseren Teil der hölzernen Sheds war nichts mehr vorhanden, das Mauerwerk zeigte stellenweise Abblätterungen, die jedenfalls vom Abschrecken durch Löschwasser herrührten. Die Betonfenster und die Betonmauern der Putzgruben wiesen ebenfalls Schäden auf, die letztgenannten auch infolge Temperaturdehnung der in ihnen verankerten Schienen.

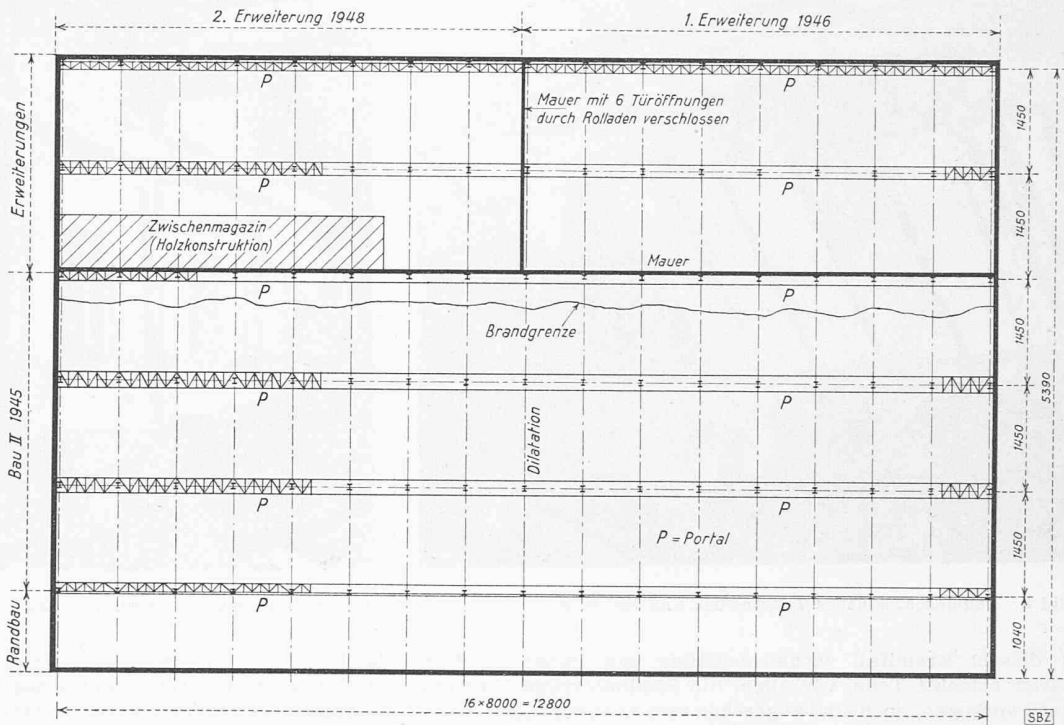


Bild 2. Hallengrundriss 1 : 1000

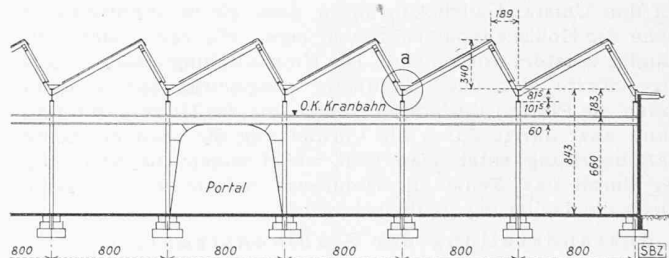


Bild 3. Längsschnitt 1 : 500, Detail a siehe Bild 4

Ueberhaupt sind verschiedene Schäden infolge Temperaturdehnung entstanden, die sich sogar bis auf den in Mauerwerk mit Holzgebälk erstellten Randbau, der vom Feuer in keiner Weise berührt wurde, ausdehnten, so dass dort Risse entstanden und einzelne Türen nicht mehr geöffnet oder geschlossen werden konnten.

Diese Schäden lassen mit aller Deutlichkeit auf recht hohe Temperaturen schliessen. Die Stahlkonstruktion hat sich

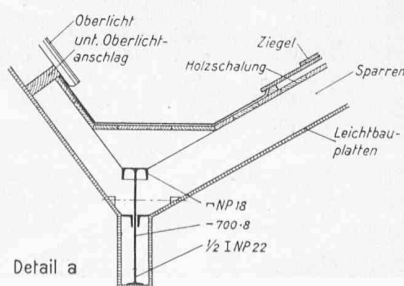


Bild 4. Einzelheit der Shedausbildung Masstab 1 : 50

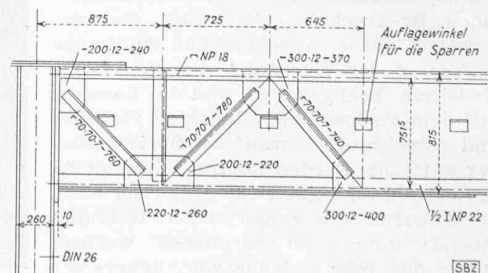


Bild 5. Verstärkung bei Bindern mit ausgebeulten Stehblechen, 1 : 50

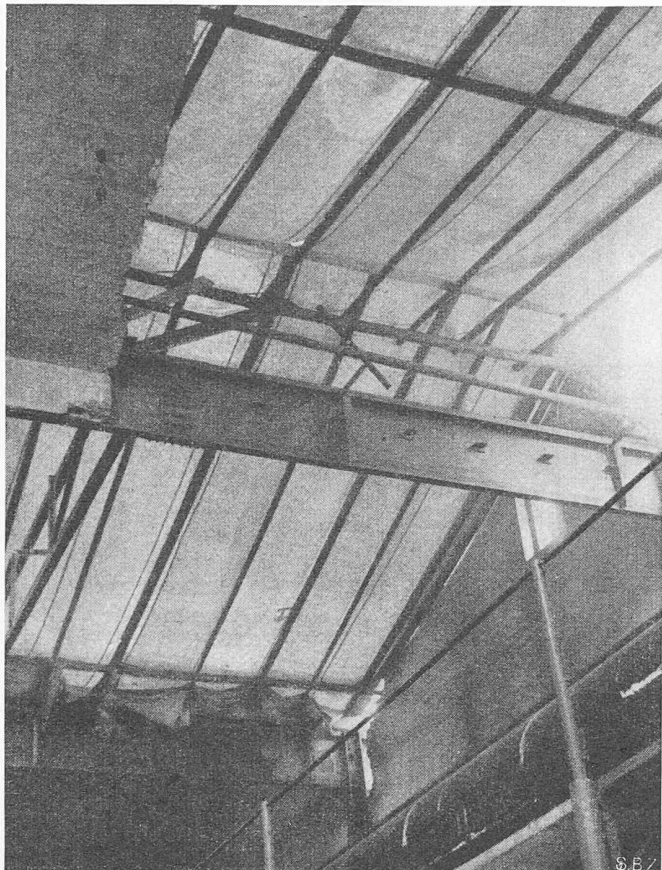


Bild 6. Angelaschtes neues Trägerstück und Notdach



Bild 7. Partie mit schwach beschädigter Stahlkonstruktion

in diesem Brandfall verhältnismässig gut gehalten. Wohl waren einzelne Teile, vor allem die Shedunterzüge, teilweise stark verbogen, doch sind abgesehen vom erwähnten Zwischenmagazin mit Holzwänden weder Stützen noch Unterzüge eingestürzt. Die starken Deformationen der Shedunterzüge sind auf den Umstand zurückzuführen, dass sie in unmittelbarer Nähe der Holzshedkonstruktionen lagen, die vom Feuer vollständig zerstört worden sind. Die Ummantelung dieser Unterzüge dürfte sich eher ungünstig ausgewirkt haben. Wohl haben die Platten die Träger zuerst vor der Hitze geschützt. Dann aber dürfte durch die Verkleidung die oben erwähnte Kaminwirkung entstanden sein, wobei zudem die Ableitung der durch das Feuer im Hohlraum entstandenen Wärme durch die Isolierung gehindert wurde.

3. Instandstellung der Stahlkonstruktion

Eine nähere Prüfung der Stahlkonstruktion zeigte, dass die Schäden nicht so gross waren, wie es zuerst schien, und dass daher ein grosser Teil wieder verwendet werden konnte.

Im Bau II musste ein Stück Kranbahn heruntergenommen und gerichtet werden. Ferner war bei zwei Bindern das nördliche Ende so stark verbogen, dass dessen Ersatz ratsam schien. Dies konnte sehr einfach bewerkstelligt werden, indem ein Spriess unter den Binder gestellt wurde, worauf das schadhafte Stück durch einen Brennschnitt abgetrennt und demontiert wurde. Anschliessend wurde das vorher in der Werkstatt neu fabrizierte Endstück hochgezogen und die Laschen mit dem vorhandenen Binderteil verbolzt und verschraubt, worauf der Spriess wieder entfernt werden konnte. Irgendeine Spriessung oder gar Demontage der noch verbliebenen Shedkonstruktion (Holz und Ziegel) konnte so vermieden werden. Bevor das Jahr zu Ende war, konnte der Kran bereits wieder fahren, und anfangs 1949 waren die Arbeiten an der Stahl-

konstruktion soweit fortgeschritten, dass die durch den Brand zerstörten Teile des Daches wieder eingedeckt werden konnten. Anschliessend sind dann noch die Stege einiger Binder, die durch das Feuer stark ausgebeult waren, durch einen Strebenzug, wie auf Bild 5 dargestellt, verstärkt worden. Die aufgeschweissten Bleche dienen dabei gleichzeitig als Knotenbleche und als Distanzstücke, so dass die Streben an den Beulen des Stehbleches vorbeigehen. Da die Fabrikation im geschädigten Trakt von Bau II schon nach wenigen Tagen wieder aufgenommen werden konnte, musste ein Teil der Reparaturarbeiten in Abendschicht ausgeführt werden, wodurch eine gegenseitige Störung vermieden wurde.

Bei den beiden Erweiterungen waren die Brandschäden und damit auch die Instandstellungsarbeiten umfangreicher. Verschiedene Kranbahnenteile mussten demontiert und gerichtet werden. Auch an den Ständern waren einige Richtarbeiten

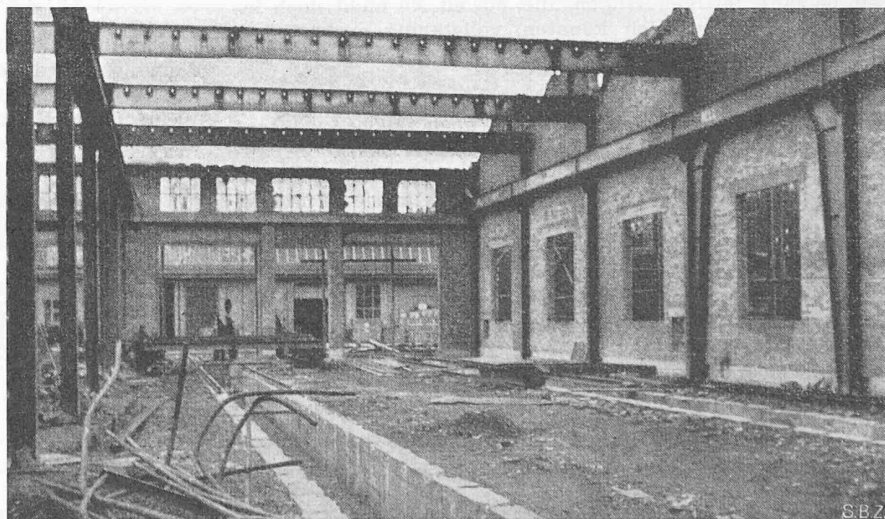


Bild 8. Ausgebrannter Gebäudeteil (2. Erweiterung 1948). Die Shedunterzüge wiesen eine Verkleidung nach Bild 4 auf, Stützen und Kranbahnen waren ohne Verkleidung

notwendig, wobei eine Demontage jedoch umgangen werden konnte; da die Ständer unten einbetoniert waren, wäre dies sehr umständlich gewesen. Von den Bindern konnten etwa acht Stück wieder verwendet werden, während der Rest neu fabriziert wurde. Die Instandstellung der wieder verwendbaren Binder geschah in der Weise, dass sie demontiert, gerichtet und die Stegbleche soweit notwendig durch Strebenzug verstärkt wurden. Vereinzelt wurde aus noch verwendbaren Abschnitten von zwei bis drei alten Trägern ein neuer erstellt.

4. Schlussfolgerungen

Der Brand hat mehr Bekanntes bestätigt als neue Gesichtspunkte ergeben. Zusammenfassend kann gesagt werden:

1. In einem Bau mit einer mässigen Menge an brennbaren Stoffen sind die Schäden an einer Stahlkonstruktion beschränkt, so dass ein ansehnlicher Teil wieder verwendet werden kann.

2. Aufräumungs- und Instandstellungsarbeiten an beschädigten Stahlkonstruktionen sind verhältnismässig einfach.

3. Konstruktionsarten, die eine Kaminwirkung zur Folge haben, sind zu vermeiden. Andererseits sollten allerdings geschlossene Hohlräume, vor allem bei der Anwesenheit von Holz, mit Rücksicht auf eine mögliche Kondenswasserbildung ebenfalls vermieden werden. Da man kaum um einen Kompromiss herumkommt, empfiehlt es sich eventuell, die Partien mit Holz von Zeit zu Zeit durch nicht brennbare Materialien zu unterbrechen oder Feuersperren durch Verkleidung des Holzes, z. B. mit Gipsbrettern, zu erstellen.

4. Soweit Verkleidungen wegen Feuerschutz oder zur Wärmeisolierung notwendig sind, sind sie nach Möglichkeit so anzuordnen, dass kein Hohlraum zwischen Stahl und Verkleidung entsteht. Lässt sich dies nicht vermeiden, so ist das unter 3. Gesagte zu beachten.

5. Der Spielraum der Dilatationsfugen ist nach Möglichkeit reichlich zu bemessen, so dass sich die Gebäudeteile frei ausdehnen können und keine sekundären Schäden infolge Wärmeausdehnung entstehen.

6. Brandmauern sollten über Dach geführt werden und keine Oeffnungen haben.

7. Grosse Räume sind, soweit das aus betrieblichen Gründen möglich ist, durch Brandmauern zu unterteilen.

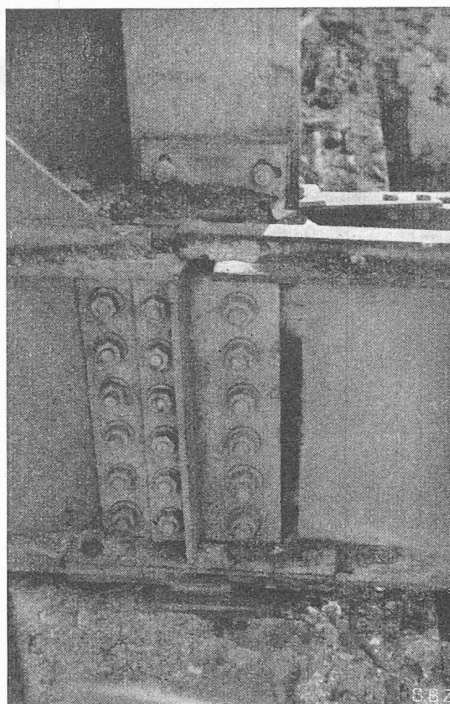


Bild 9. Dilatationsstoss einer Kranbahn. Der dunkle Streifen (abgeschuerte Farbe) gibt das Mass der Bewegung während des Brandes an

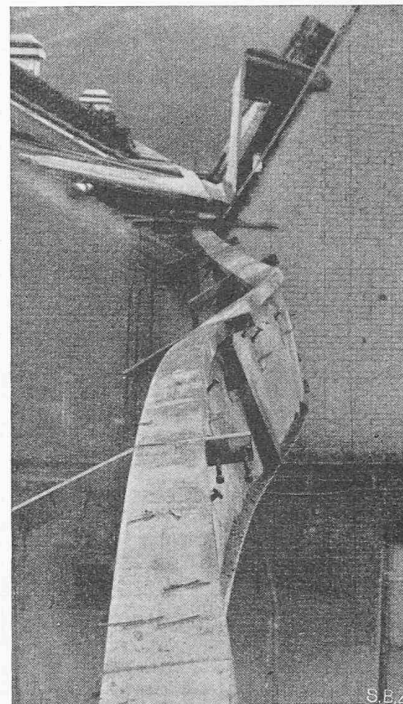


Bild 10. Stark beschädigter, nicht wieder verwendbarer Trägerteil

Wärmequelle muss die Flamme nach kurzer Zeit erlöschen und auch das Nachglimmen aufhören»; z. B. reine Wolle. «Als nicht brennbar gelten Baustoffe, die nicht zur Entflammung gebracht werden können und auch ohne Flammenbildung nicht verkohlen»; z. B. Steine, Erde, Glas, verschiedene Metalle usw.

Beispiele für das Verhalten von Baustoffen

Bild 1 zeigt für Flusstahl und Beton die Abhängigkeit der Festigkeitswerte von der Temperatur. Die Abnahme der Festigkeitswerte einerseits, die Zunahme der Ausdehnungs- und Leitfähigkeit mit wachsender Temperatur andererseits wirken sich bei unverkleideten Stahlkonstruktionen so ungünstig aus, dass in der Regel rascher Einsturz oder wenigstens starke Deformationen die unvermeidlichen Folgen sind.

Bei gleicher Umgebungstemperatur nimmt ein Stahlbetonträger etwa 40mal weniger Wärme auf als ein Stahlträger gleicher Querschnittsfläche. Amerikanische Versuche haben gezeigt, dass eine Betonsäule von 40 cm Seitenlänge nach achtstündiger Erhitzung ein Temperaturgefälle von einigen hundert °C auf eine Tiefe von 20 cm aufwies.

Kalksandsteinmauerwerk, das während des Brandes durch Löschwasser abgeschreckt wird, weist nachher wohl beträchtliche Schäden auf, kann aber als Baustoff für Brandmauern ohne Bedenken verwendet werden.

Der Zündpunkt des Holzes liegt bei 270 bis 300 °C. Gefährlich ist der Umstand, dass Holz unter der Einwirkung

Bautechnischer Feuerschutz im Industriebau

DK 699.81

Der seit einigen Jahren bestehende Brandverhütungs-Dienst für Industrie und Gewerbe (BVD) hat am 2. Dezember 1949 eine Diskussionsversammlung in Zürich durchgeführt und veröffentlicht die gehaltenen Referate und wichtigsten Diskussions-Voten in seinem Bulletin Nr. 1/1950. Da der Beitrag von Ing. E. Schmidli über bautechnischen Feuerschutz im Industriebau auch unsere Kreise interessieren dürfte, seien nachstehend einige wesentliche Punkte seines Referates kurz aufgeführt, begleitet von einer Auswahl seiner Abbildungen.

Grundsätzlich sind zwei verschiedene Begriffs-Kategorien mit folgenden Definitionen zu unterscheiden:

1. Das Verhalten von Baustoffen

«Als brennbar gelten Baustoffe, die nach der Entflammung in atmosphärischer Luft ohne zusätzliche Wärmezufuhr weiter brennen»; z. B. Papier, Holz, Stroh usw. «Als schwer brennbar gelten Baustoffe, die unter Einwirkung von Feuer und Wärme nur schwer entflammen und nur bei zusätzlicher Wärmezufuhr mit geringer Geschwindigkeit verkohlen. Nach Verschwinden der

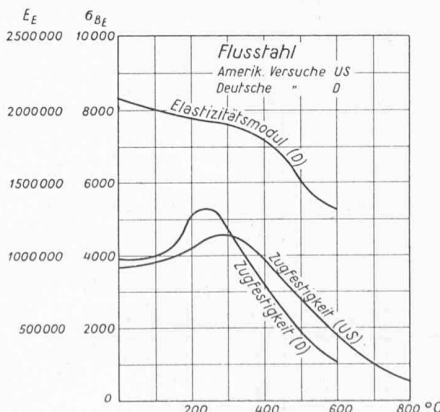


Bild 1a. Flusstahl

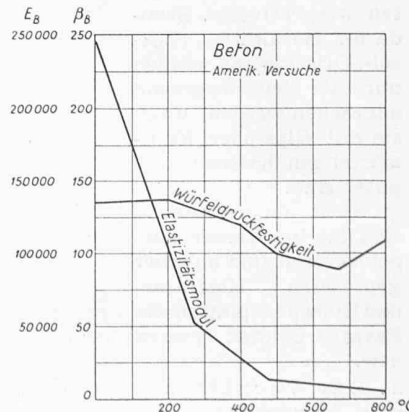


Bild 1b. Beton

Bild 1. Abhängigkeit der Festigkeitszahlen von der Temperatur