Zeitschrift: IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen

Band: 21 (1975)

Artikel: Grossbrandversuch an einem 3geschossigen Stahlskelettgebäude

Autor: Marx, Heinz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-18801

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: 21.08.2025

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

Grossbrandversuch an einem 3geschossigen Stahlskelettgebäude

Full-Size Fire Experiment on a 3-Floor Steel Structure

Essai au feu en vraie grandeur d'une ossature métallique à 3 étages

Heinz MARX
Ing.
VEB Metalleichtbaukombinat, Forschungsinstitut
Leipzig, DDR

1. Einleitung

Der bautechnische Brandschutz gewinnt im Zusammenhang mit der Entwicklung, Projektierung und Errichtung moderner Wohn- und Gesellschaftsbauten, Produktions- und Lagergebäude, die im Hinblick auf Bauweise, Konstruktion, Materialökonomie, Funktion und der Sicherheit des Menschen voll gerecht werden, immer größere Bedeutung. Das leichte ökonomische Bauen unter zunehmendem Einsatz von Stahl, Aluminium und Plastwerkstoffen, die Errichtung immer größerer Kompaktbauten für die Industrie, die Landwirtschaft und den Handel setzen zwangsläufig auch neue Maßstäbe auf dem Gebiet des bautechnischen Brandschutzes. Die Anwendung z. T. völlig neuer Baustoffe und Bauteile aus den verschiedensten Baustoffkombinationen stellt die Bauschaffenden und auch die Brandschutzorgane täglich aufs neue vor komplizierte, oftmals ungelöste Probleme in bezug auf die optimale Gewährleistung der Brandsicherheit. Das bezieht sich sowohl auf die effektive technisch-konstruktive Realisierung der geltenden Bestimmungen des bautechnischen Brandschutzes bei der Vorbereitung und Durchführung von Investitionen als auch auf die weitere Präzisierung, Vervollkommnung und vor allem wissenschaftliche Durchdringung des Vorschriftenwerkes des bautechnischen Brandschutzes selbst. Diese Erkenntnis war entscheidender Anlaß, insbesondere im Zuge der Entwicklung des Metalleichtbaues, die Erfordernisse des bautechnischen Brandschutzes zielstrebig unter praxisnahen Bedingungen zu untersuchen sowie vorhandene Reserven und kritische Punkte im Hinblick auf den Feuerwiderstand von Konstruktionen durch Großbrandversuche an Gebäudeteilen in Originalausführung aufzudecken.

Im Gegensatz zu bisherigen nationalen und internationalen experimentellen Untersuchungen von einzelnen Bauteilen einer Stahlskelettkonstruktion sollte das Verhalten einer kompletten Stahlskelettkonstruktion (3geschossiges Gebäude) im Brandfalle untersucht werden. Im einzelnen war festzustellen, wie sich die Konstruktionselemente in Abhängigkeit von der Brandbelastung, vom Brandverlauf und von der Art des Schutzes der Stahlkonstruktion erwärmen, verformen und welchen Einfluß eventuelle Beschädigungen an Verkleidungen und Bauteilen auf die Standfestigkeit des gesamten Bauwerkes haben.

Bei den Brandversuchen war gleichzeitig das Verhalten verschiedener leichter, im Metalleichtbau angewendeter Außen- und Innenwandelemente im Brandfalle zu prüfen.

Es sollte ferner versucht werden, aus dem Verlauf der Temperaturen im Brandraum Beziehungen zur Standardtemperatur-Zeitkurve zu finden, die es ermöglichten, die Konstruktion mit den Ergebnissen aus den Versuchen in einen klassifizierten Feuerwiderstand einzustufen.

2. Lösungsweg des Großbrandversuches

Bei der Auswahl der Brandbelastungen und der Brandraumgrößen wurde davon ausgegangen, daß die zu erwartenden Erkenntnisse in erster Linie im Stahl- und Metalleichtbau für mehrgeschossige Gebäude mit Deckenlasten bis 500 kg/m^2 zur Anwendung kommen sollten.

Voraussetzung für die Beurteilung des Verhaltens der gesamten Konstruktion sowie einzelner Bauteile im Feuer waren umfangreiche Temperaturmessungen, Verformungsmessungen und visuelle Beobachtungen. Es wurde daher ein universell anwendbares Programm für Temperaturmessungen im Brandraum erarbeitet.

Die gesamte Meßtechnik mußte weitestgehend so ausgewählt und aufgebaut werden, daß die Meßwerte mit Hilfe der EDV aufbereitet und ausgewertet werden konnten.

3. Errichtung des Versuchsgebäudes

3.1. Beschreibung des Versuchsgebäudes

3.1.1. Stahlkonstruktion

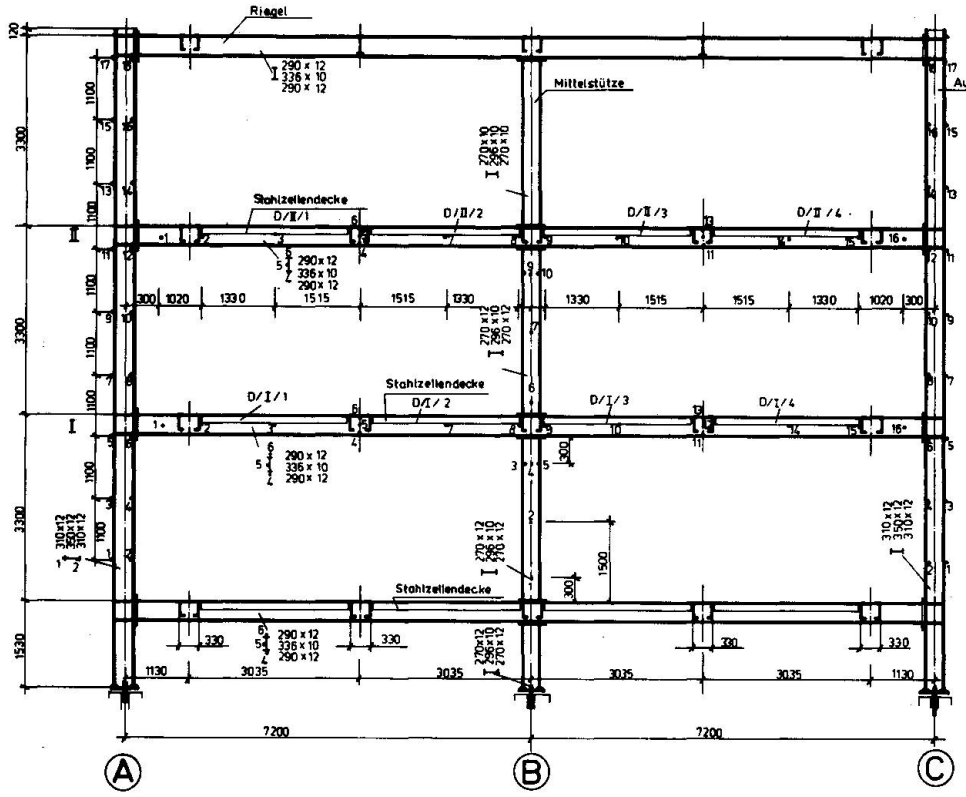
3.1.1.1. Übersicht

Die tragende Stahlkonstruktion bestand aus drei Rahmen, die im Bereich der Riegel durch Längsträger miteinander verbunden waren. Die Stabilität senkrecht zur Rahmenebene wurde durch einen Windverband in der Mittelstützenachse gewährleistet, ein Horizontalverband war in der Dachebene angeordnet.

3.1.1.2. Statik

Während der Brandversuche war das Gebäude statisch belastet. Zur Erzielung einer optimalen Auslastung der zulässigen Stahlspannungen wurde für das Versuchsgebäude eine gesonderte statische Berechnung angefertigt. Es wurde eine notwendige Zusatzbelastung ermittelt, um möglichst an allen Baugliedern eine Spannungsauslastung zu erhalten. Diese Zusatzbelastung ist als gleichmäßige Kiesschüttung auf die Decken aufgebracht worden. Die Gesamtbelastung betrug im dritten Geschoß 432 kp/m^2 und im ersten und zweiten Geschoß, in denen die Brandversuche durchgeführt wurden, 656 kp/m^2 einschließlich der maximalen Brandbelastung von 80 kg/m^2. Obwohl diese Belastungen größer als die zulässigen Verkehrslasten waren, wurde bei dem hochgradig statisch unbestimmten System nur im mittleren Rahmen an einigen Stellen die zulässige Spannung erreicht. Eine solche teilweise Überdimensionierung bestimmter Rahmenteile entspricht annähernd der üblichen Baupraxis, da aus Gründen industrieller Fertigung möglichst Profile gleichen Querschnittes, besonders bei durchgehenden Stützen, gewählt werden.

Aufgrund des statischen Zusammenwirkens der Konstruktion wurden bei der Auswertung fünf Bauteile unterschieden:

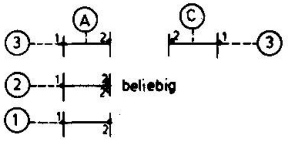


STÜTZE: Stützen liegen an Kreuzungspunkten der Grundrißreihen 1-3 und A-C

Es bedeutet S/2/B/4

- lfd. Nr. der Meßst. lt. dieser Zeichnung
- Reihe B
- Reihe 2
- Stütze

In den Reihen 1 und 3 (Außenrahmen) sind die Meßstellen mit der geradzahligen Nummerierung (2,4,6,...16) auf der Außenseite des Gebäudes angeordnet, z.B.



Das gilt auch für die Meßstellen 1 und 16 aller Riegel

In den Reihen 1 und 3 (Außenrahmen) sind die Meßstellen der Riegel auf der Innenseite des Gebäudes angeordnet.

Das gilt auch für die Mittelstützen S/1/B und S/3/B

RIEGEL: Riegel liegen in jedem Rahmen der Reihen 1-3 und in den Decken der Geschosse I - III

Es bedeutet: R/1/II/7

- lfd. Nr. der Meßstelle lt. dieser Zeichnung
- II. Geschoß
- Rahmen in Reihe 1
- Riegel

Kennzeichnung der Temperaturmeßstellen:

Jedes Konstr.-glied erhält eine Kurzbezeichnung

R = Riegel

S = Stütze

- Außenstützen
- Innenstützen
- Riegel

} = Rahmen

- Längsträger
- Stahlzellendecke

} = Deckenkonstruktion

3.1.1.3. Rahmen

Der Rahmen war 3stöckig und führte über zwei Felder hinweg. Riegel und Stützen bestanden aus geschweißten I-Profilen. Die Abmessungen des Rahmens und der Profile sind aus Bild 1 zu ersehen.

Die durchgehenden Außenstützen und die geschoßhohen Mittelstützen wurden mit den Riegeln durch HV-Schrauben biegesteif verbunden. Die Stützenfüße waren gelenkig ausgebildet.

Durch diese konstruktive Ausbildung war der Rahmen 21fach statisch unbestimmt.

Die größten Biegemomente traten in den Knoten auf, dadurch wurden die Feldmomente in den Riegeln stark abgemindert. Das gesamte Versuchsgebäude hatte die Grundrißabmessungen 14400 x 14400 mm.

3.1.1.4. Längsträger

Die Rahmen wurden an jedem Riegel durch fünf [ ]förmige Längsträger verbunden. Der Abstand von Rahmen zu Rahmen betrug 7200 mm.

3.1.1.5. Stahlzellendecke und Fußboden.

Die Stahlzellendecke bestand aus trapezförmig abgekanteten Stahlblechen von 1,5 mm Dicke. Die Deckenelemente hatten eine Spannweite von 2670 mm. Als Fußbodenbelag diente ein beidseitig gipsbeplankter imprägnierter Wabenkernbelag, über dem die Kiesschüttung lag.

In den Brandräumen wurde diese Zusatzbelastung zur Vermeidung einer starken Wärmeaufnahme mit Hartfaser- und Sokalitplatten abgedeckt.

3.1.2. Raumaufteilung

Raumaufteilung, Größe der Brandräume und vorgesehene Brandbelastung (in kg/m² Holzgleichwert) gehen aus Bild 2 hervor.

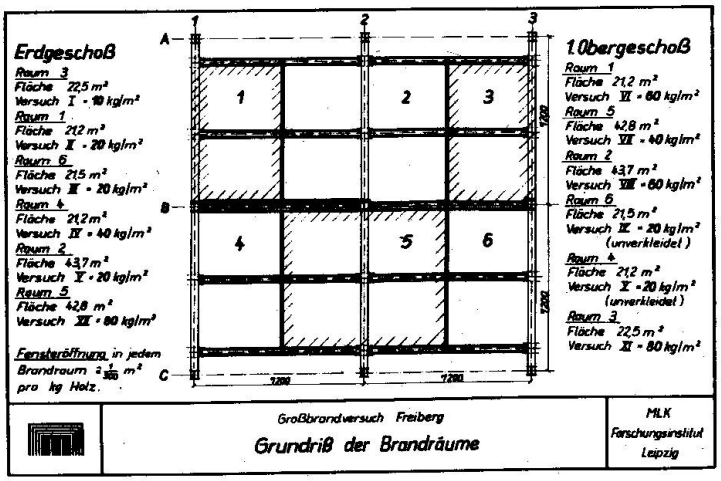


Bild 2

3.1.3. Außenwände

Im Rahmen der Brandversuche wurden gleichzeitig Außenwandelemente mit unterschiedlichem Aufbau untersucht.

3.1.4. Innenwände

Zur gegenseitigen Abtrennung der Versuchsräume kamen verschiedene Trennwände zum Einsatz. Vorwiegend wurden jedoch raumhohe Porengips-Trennwände (120 mm stark) vorgesehen, da die Brandraumbegrenzung für mehrere Versuche garantiert und die Stabilität der Zwischenwände über die Raumhöhe als selbsttragende Zwischenwände gewährleistet sein mußte.

3.1.5. Verkleidung der Stahlkonstruktion

- Stützenverkleidung

Mit Ausnahme der Innenstützen im Versuchsraum 4 des 1. Obergeschosses (Versuch X) erfolgte für alle Innenstützen eine Verkleidung mit 70 mm Porengipsplatten.

- Deckenverkleidung

Mit Ausnahme der Versuchsräume 4 und 6 des 1. Obergeschosses (Versuch IX u. X) wurden die Stahlzellendecken sowie die in den Deckenebenen gelegenen Riegel und Längsträger durch Unterdecken aus 24 mm starken Sokalitplatten verkleidet.

4. Festlegungen zur Versuchsdurchführung

4.1. Allgemeines

Im Gegensatz zum Brandkammerversuch, bei dem ein Bauteil nach einer vorgeschriebenen Temperaturzeitkurve thermisch belastet wird, werden bei Originalbrandversuchen alle raumbegrenzenden Bauteile der thermischen Belastung eines natürlichen Brandes ausgesetzt. Branddauer und Brandverlauf werden hierbei durch die Brandbelastung und das Belüftungsverhältnis entscheidend beeinflußt. Weiterhin können meteorologische Einflüsse nicht ausgeschlossen werden. Der Einfluß auf den Brandverlauf ist daher bei der Auswertung zu berücksichtigen.

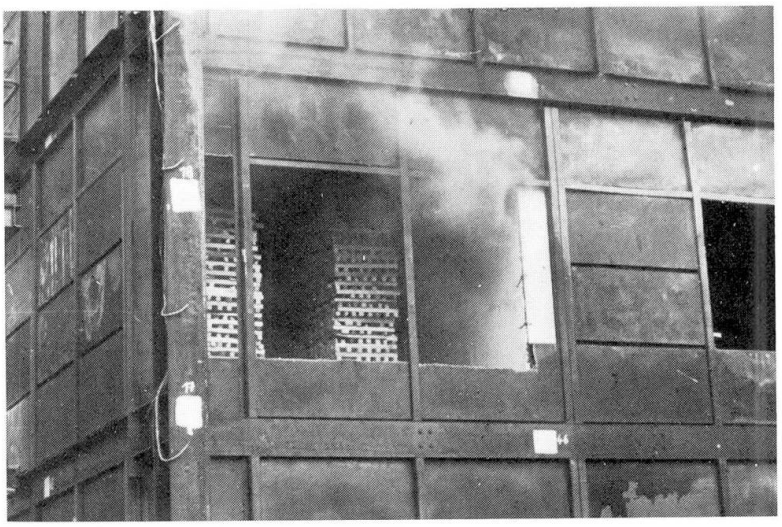
4.2. Brandbelastung

Die vorgesehene Brandbelastung (bisher kg/m^2 Holzgleichwert; jetzt Mcal/m^2) wird bei Großbrandversuchen in Form von Holzstapeln in die Brandräume eingebracht. Hierfür werden lufttrockene Nadelholzscheite (40 mm x 40 mm x 600 mm) verwendet, die kreuzweise mit einem Abstand von 40 mm gestapelt werden. (s. Bild 3) Die Verteilung der Brandmasse im Versuchsraum erfolgt in Anlehnung an Praxisverhältnisse so, daß etwa 25 % der Grundfläche bedeckt werden.

Es wurden folgende Brandbelastungen vorgesehen:

- 10 kg/m^2 HGW = 40 Mcal/m^2
- 20 kg/m^2 HGW = 80 Mcal/m^2
- 40 kg/m^2 HGW = 160 Mcal/m^2
- 60 kg/m^2 HGW = 240 Mcal/m^2
- 80 kg/m^2 HGW = 320 Mcal/m^2

Mit zunehmender Brandbelastung stieg entsprechend die Höhe der Holzstapel.



.Bild 3

Vorbereitung für Brandraum 3 (1. OG)
Brandbelastung q = 80 kg/m^2 bzw.
320 Mcal/m^2

4.3. Belüftungsverhältnis

Englische Untersuchungen (Butcher) haben ergeben, daß das kritische Belüftungsverhältnis dann erreicht wird, wenn auf 300 kg Holz-Brandlast eine Fensterfläche von 1 m^2 entfällt.

Zur Überprüfung dieser optimalen Brandbedingungen im Versuchsraum wurden bereits vor dem Großbrandversuch an einem ähnlichen Stahlskelettgebäude Originalbrände durchgeführt. Sie bestätigten die englischen Ergebnisse, so daß für den Großbrandversuch das Belüftungsverhältnis von 1/300 m^2/kg zugrunde gelegt wurde.

4.4. Messungen und Beobachtungen

4.4.1. Temperaturmessungen

Sämtliche Temperaturmessungen erfolgten mit Ni Cr - Ni - Thermoelementen. Elektronische-Kompensations-Bandschreiber dienten zur Registrierung. Insgesamt wurden 522 Thermoelemente für die Messung der Stahltemperaturen und 444 Thermoelemente für die Lufttemperaturmessung im Versuchsgebäude installiert.

Die Meßstellenverteilung für die Stahltemperaturmessung an Stützen, Riegeln und Längsträgern erfolgte so, daß eine Aussage über die Temperaturverteilung im Querschnitt und über die Länge möglich war.

Die Meßstellen für die Lufttemperatur in den Versuchsräumen lagen 100 mm unter der Unterkante der Unterdecken entsprechend einem vorgegebenen Universalmeßprogramm.

4.4.2. Verformungsmessungen

Diese Messungen wurden mit Hilfe von zwei Präzisionstheodoliten durchgeführt. Aus sicherheitstechnischen Gründen können derartige Messungen fast nur an außenliegenden Konstruktionsteilen, wie Außenstützen, Riegel und Längsträger, vorgenommen werden. Soweit es jedoch meßtechnisch möglich war, konnten auch Mittelstützen mit in das Meßprogramm aufgenommen werden.

5. Versuchsergebnisse

5.1. Brandraum- und Stahltemperaturen

Die Brandraumtemperaturen wurden über einen Zeitraum von 3 Stunden registriert.

Aus dem Verlauf der Einzeltemperaturen erfolgte die Berechnung und graphische Darstellung der mittleren Raumtemperaturen.

Die Messungen der Stahltemperaturen erfolgten über einen Zeitraum von 4 Stunden.

5.2. Diskussion der Versuchsergebnisse

5.2.1. Brandverlauf und mittlere Raumtemperaturen

Bei den Versuchen mit q = 20, 40 und 60 kg/m^2 HGW konnte aufgrund des gewählten konstanten Belüftungsverhältnisses i_q = 1/300 m^2/kg eine gleiche Branddauer festgestellt werden. Weiterhin ist aus dem Verlauf der mittleren Brandraumtemperaturen ersichtlich, daß der Zeitpunkt für das Auftreten der Maximaltemperaturwerte bei diesen Versuchen ebenfalls annähernd gleich war.

Es hat sich gezeigt, daß das kritische Belüftungsverhältnis nur für einen bestimmten Bereich von Brandbelastungen gilt. Bei extrem kleinen Brandbelastungen wirken sich auf den Brandablauf Faktoren, wie Brandstoffverteilung im Raum, Lage der Fensteröffnung zum Brandstoff usw. stärker aus als das Öffnungsverhältnis i_q. Um einen ähnlichen Brandverlauf wie bei größerer Brandbelastung zu erhalten, ist eine Mindestgröße der Fensteröffnung notwendig. Die unsymmetrische Anordnung der Fensteröffnung führt so. z. B. auch zu einem unsymmetrischen Brandverlauf im Raum. Ein grundsätzlich anderer Verlauf zeigte sich bei einem zu großen Belüftungsverhältnis. Der maximale Wert der mittleren Raumtemperatur wird sehr rasch erreicht mit anschließendem steilen Temperaturabfall.

5.2.2. Freistehende, unverkleidete Außenstützen

Die Erwärmung der freistehenden Außenstützen sowie der freien Riegelenden erfolgte infolge
- Strahlungswärme durch die Flammen,
- Konvektion der Flammen und Rauchgase.

Im Stützenbereich des über dem Brandraum liegenden Geschosses wechselten Erwärmung und Abkühlung zeitlich je nach Flammenüberschlag und Windstoß stark ab. Flammenspitzen führten oft zu sehr hohen, aber nur kurzzeitig wirkenden Temperaturspitzen bis über 700 ° C. (s. Bild 4)

Trotz teilweise hoher Stützentemperatur ist die Standsicherheit und Festigkeit des Gebäudes nie gefährdet gewesen.

5.3. Verkleidete Stahlkonstruktionen im Gebäudeinneren

5.3.1. Innenstützen

Die thermische Beanspruchung erfolgte je nach Lage der Mittelwand ein- oder zweiseitig. Bei allen Versuchen war die Erwärmung der Mittelstützen relativ gering. Die höchsten Temperaturen lagen bei 120 ° C und stellten somit keinerlei Gefährdung dar.

Bild 4

Brandversuch im Raum 2 (1. OG)
Brandbelastung q = 60 kg/m^2 HGW bzw. 240 Mcal/m^2

5.3.2. Riegel, Deckenträger und Stahlzellendecke

Die freiliegenden Riegelenden unterlagen bei Erwärmung den gleichen Einflüssen wie die freistehenden Außenstützen.

Die höchsten Temperaturen der Dekkenträger traten im Fensterträger auf infolge eingetretener Spaltbildungen der Unterdecke.

Die Temperaturen der Stahlzellendecke unterschieden sich nur unwesentlich von den jeweils zugehörigen Trägertemperaturen.

5.4. Unverkleidete Stahlkonstruktionen im Gebäudeinneren.

Der Temperaturverlauf an den einzelnen Meßstellen der Innenstützen zeigte, daß die kurzzeitigen Spitzentemperaturen von über 900 ° C am Flansch sowie eine über 10 min anhaltende Temperatur von 600 ° C in Stegmitte des Profils den Stützen keinen Schaden zugefügt hatten. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß die Spannungsauslastung sehr gering war.

Die Durchschnittswerte an den Meßstellen über der Riegellänge lagen bei 480 ° C bis 640 ° C. Die Riegel blieben unbeschädigt. Auch hier war nur eine geringe Spannungsauslastung vorhanden.

Bei der unverkleideten Stahlzellendecke betrug die Auslastung infolge statischer Belastung 70 % der zulässigen Spannung. Die maximalen Temperaturwerte lagen bei 1200 ° C. Wie die Auswertungen ergaben, haben die Stahlzellendecken und ein mittlerer Träger diesen thermischen Belastungen nicht widerstanden. Wenn auch kein Deckendurchbruch erfolgte, waren die Verformungen jedoch so stark, daß diese einem Versagen der tragenden Konstruktion gleichgestellt werden müssen.

ZUSAMMENFASSUNG

Für mehrgeschossige Gebäude mit Deckenlasten bis 500 kp/m^2 in Stahlbauweise wurde nachgewiesen, dass ungeschützte Stahlkonstruktionen (ausser Stahlzellendecken) bei Brandbelastungen bis 20 kg/m^2 HGW = 80 Mcal/m^2 nicht gefährdet sind. Es wurde weiterhin bewiesen, dass gesellschaftliche Bauten in Stahlbauweise bei Brandbelastungen bis 80 kg/m^2 = 320 Mcal/m^2 bei geeigneten Brandschutzmassnahmen ungefährdet sind.

Die Ergebnisse der Brandversuche, die durch Vergleich der Integral-Zeitkurven mit der Temperatur-Normkurve gewonnen wurden, waren Grundlage für ein progressives Vorschriftenwerk für den bautechnischen Brandschutz.

Aufbauend auf diesen Versuchen erfolgten unterdessen weitere Grundlagenuntersuchungen, die dazu beitragen werden, den Lastfall "Brand" umfassend zu lösen.

SUMMARY

It has been proved on multifloor steel constructions with slab loads up to 500 kp/m^2 that unprotected steel structures, with the exception of steel cell slabs, are not exposed to danger under fire loads up to 20 kg/m^2, or 80 Mcal/m^2. Furthermore it has been proved that public constructions in steel with appropriate protection measures against fire, are not exposed to danger under fire loads up to 80 kg/m^2, or 320 Mcal/m^2.

The results of fire tests compared with the ISO curve, were the basis for a progressive code of practice for fire protection in constructions.

Based on these tests, fundamental researches have been effected, which will help to solve the "fire load" problem in an extensive way.

RESUME

Pour les immeubles à étages présentant des surcharges inférieures à 500 kg/m^2, on peut montrer que des ossatures non protégées, à l'exception des planchers cellulaires, ne sont pas en danger tant que la charge calorifique ne dépasse pas 20 kg/m^2, soit 80 Mcal/m^2. De plus, il est prouvé que les bâtiments publics en acier, ne présentent pas de danger pour des charges calorifiques allant jusqu'à 80 kg/m^2 = 320 Mcal/m^2, lorsque l'on a pris les mesures de protection adéquates.

Les résultats des essais au feu, obtenus en comparant le déroulement réel à la courbe ISO, ont servi à l'etablissement de directives plus évoluées en matière de protection contre l'incendie.

Ces essais ont en outre permis d'effectuer d'autres recherches fondamentales qui permettront de résoudre très largement le problème du cas de charge "incendie".

Leere Seite
Blank page
Page vide