

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 103 (1985)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Stahlbau und Brandschutz  
**Autor:** Holenweg, Hans R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-75763>

### **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>**

# Stahlbau und Brandschutz

Von Hans R. Holenweg, Russikon

Bei den hohen Temperaturen eines Brandfalles büsst der Baustoff Stahl bekanntlich seine Festigkeit ein. Verschiedene bauliche Massnahmen erlauben aber, das Stahltragwerk vor Brandeinwirkungen zu schützen. Sie werden hier näher beschrieben. Dieser Schutz, gleichbedeutend mit einem ausreichenden Brandwiderstand der Tragelemente, lässt sich rechnerisch nachweisen. Die Grundlagen und das Verfahren für diesen Nachweis sind in der neuen Dokumentation SIA 82 enthalten, welche im folgenden vorgestellt wird. Der Aufsatz schliesst mit einem Ausblick auf die Entwicklung bei der Behandlung der Brandschutzprobleme.

## Einführung

Feuer und Stahl sind keineswegs ideale Partner:

- das Feuer schätzt den Stahl nicht, da er sich nicht entflammen lässt und sich als Nahrungsquelle somit verweigert,
- der Stahl schätzt aber auch das Feuer nicht, da er unter dessen Einwirkung seine mechanischen Eigenschaften schwinden sieht, bis sie schliesslich völlig verloren gehen.

Diese Feststellung führt zum Schluss, dass Stahl und Feuer voneinander zu trennen sind.

Dafür sind zwei voneinander unabhängige Methoden bekannt:

- Methoden, die Brände verhindern oder bekämpfen – die aktiven Massnahmen
- Methoden, die Stahlbauteile vor Hitzeinwirkung schützen – die passiven Massnahmen.

Der bauliche Brandschutz umfasst vor allem passive Massnahmen. Im folgenden soll gezeigt werden, welche Möglichkeiten bestehen und wie ihre Schutzwirkung rechnerisch erfasst werden kann. Vorerst stellt sich die Frage, wie sich ungeschützte Stahlbauteile unter Feuereinwirkung verhalten. Wir orientieren uns darüber an einem praktischen Beispiel:

Die 3,6 m hohe Stütze HEB 200 eines Tragwerkes besitzt nach der Stahlbaunorm SIA 161 eine Knicklast von 1253 kN. Unter Berücksichtigung des Lastfaktors 1,6 beträgt die zulässige Last im Gebrauchszustand 783 kN.

Der Feuerwiderstand dieser Stütze beträgt ungefähr 11 Minuten, d.h. nach dieser Zeit versagt die Stütze, falls sie statisch voll ausgenutzt ist.

Ein an diese Stütze angeschlossener Unterzug PE 600, dessen oberer Flansch eine Decke trägt und deshalb gegen direkte Feuereinwirkung geschützt ist, widersteht dem Feuer ungefähr 13 Minuten, wenn er ebenfalls seine maximale Gebrauchslast trägt.

Das Beispiel zeigt, dass ungeschützte Stahlbauteile dieser Abmessungen unter ihrer vollen Gebrauchslast dem Feuer 10 bis 15 Minuten zu widerstehen vermögen.

Stützen widersetzen sich der Hitze im allgemeinen weniger lang als Träger. Zudem sind die Folgen ihres allfälligen Versagens auf das gesamte Tragwerk meist grösser als der Ausfall eines Trägers.

## Schutz des Tragwerkes vor hohen Temperaturen

Tragwerke lassen sich durch verschiedene Massnahmen vor Einwirkungen der hohen Temperaturen aus Bränden schützen:

### Abschirmung durch Wände und Unterdecken

#### Zwischenwände

Vor und hinter Stützen und Verbänden angeordnete Zwischenwände verhindern die direkte Feuereinwirkung. Voraussetzung ist die Eignung der gewählten Materialien für diese Anwendung.

Französische Versuche mit einer Stütze HEB 300 zwischen zwei Gipswänden ergaben nach einer Stunde Hitzeinwirkung eine Stahltemperatur von 390 °C und eine Lufttemperatur des Zwischenraumes von 450 °C, also Werte, die unter der kritischen Temperatur von 472 °C liegen [1], bei der eine nach

Norm SIA 161 statisch vollständig ausgenutzte Konstruktion versagen würde.

### Unterdecken

Die abschirmende Wirkung einer Unterdecke hängt nicht nur von den verwendeten Materialien, sondern auch von der Art und Weise der Verbindungen und Aufhängungen ab. Auf dem Markt findet sich eine Vielzahl geprüfter Unterdeckensysteme mit Feuerwiderständen von 30 bis 120 Minuten [2].

### Tragelemente ausserhalb des Brandraumes

Durch die Anordnung der Stützen ausserhalb der Fassaden lassen sich auch ohne Verkleidung hohe Feuerwiderstände erzielen. Ausgeführte Versuche bestätigen dies selbst für ungünstige Randbedingungen, wie biegesteife Anschlüsse mit den Deckenträgern unter voller Gebrauchslast und Position der Stützen vor gebrochenen Fensterscheiben [3].

### Abtransport der Wärme

Durch die Füllung von Stahlbauteilen mit einem Kühlmittel, meist chemisch behandeltem Wasser, kann die am Brandherd auftretende Wärme abgeleitet werden: Zuerst mittels Konvektionsfluss (System Zentralheizung), dann durch Verdampfen. Mit diesem Verfahren lässt sich eine Konstruktion weitgehend feuerfest ausbilden. Für spezielle Bauwerke (schwer evakuierbare Hochhäuser, Spitäler usw.) findet man in der Literatur [4] viele Beispiele, die zeigen, dass wassergefüllte Stützen eine interessante und wirtschaftliche Lösung des Brandschutzproblems darstellen können.

### Verbundwirkung

In einem Verbundquerschnitt übernimmt der Beton auch tragende Funktionen, im Gegensatz zu Betonverschalungen. Stahlstützen im Verbund mit Beton erreichen eine grosse Tragfähigkeit, bei nur geringer Vergrösserung der Stützenabmessungen.

Verschiedene Möglichkeiten stehen zur Verfügung:

- Hohlprofile, mit Beton gefüllt,
- Stahlprofile, mit Beton ummantelt,
- Breitflanschprofile, zwischen den Flanschen ausbetoniert.

Die Verbundwirkung des Betons wird durch Bügel- oder Netzarmierung, durch Dübel oder Ummantelung mit Stahl sichergestellt.

Die genannten Konstruktionstypen widerstehen dem Feuer unterschiedlich:

Bezüglich dem Feuerwiderstand ergeben sich für die mit Beton gefüllten Rohre die ungünstigsten Ergebnisse. Das Stahlprofil wird nur auf der Innenseite durch das im Beton enthaltene Wasser gekühlt. Dieses Wasser muss durch Löcher im Stahlprofil verdampfen können, damit ein Aufsprengen verhindert wird. Der Feuerwiderstand solcher Stützen ist wenig grösser als derjenige ungeschützter Profile und erreicht ungefähr 15 Minuten. Bessere Werte erhält man durch einen äusseren Schutz oder durch Überdimensionierung.

Den grössten Feuerwiderstand, im allgemeinen ungefähr 90 Minuten, erreichen die ummantelten Stahlstützen. Besondere Beachtung ist dabei dem Schutz der Knotenpunkte zu schenken.

Ungefähr 60 Minuten widerstehen die zwischen den Flanschen ausbetonierten Stützen dem Feuer. Steg und Armierungen sind gut geschützt, während die Flansche sich rasch erhitzen.

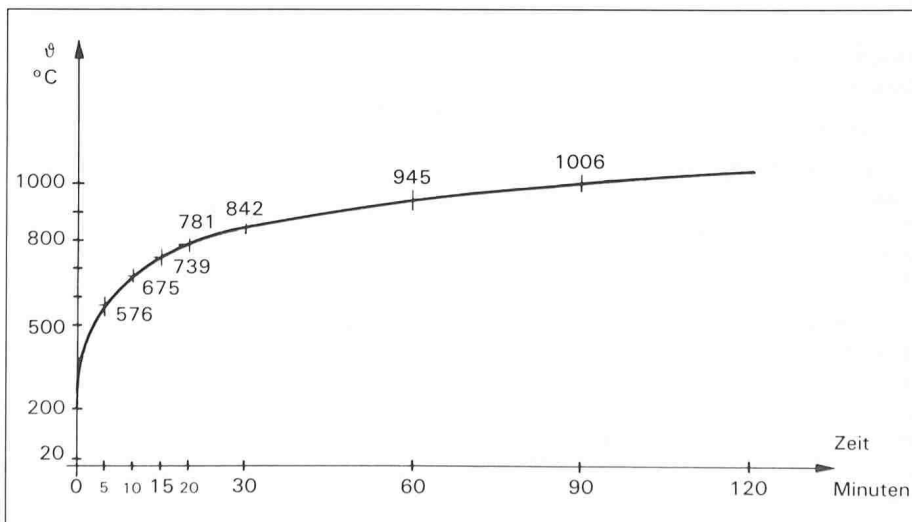
#### Elimination der immobilien Brandbelastung

Durch die Wahl nicht brennbarer Stoffe für den Gebäudeausbau wird die Brandbelastung herabgesetzt.

#### Massige Stahlprofile mit niedrigem Ausnutzungsgrad

Ein grösserer Feuerwiderstand ist auch durch die Wahl massiger Profile, die statisch nur teilweise ausgenutzt sind, zu erreichen. Allerdings ist dabei die Wirtschaftlichkeit der Konstruktion sorgfältig zu untersuchen.

Bild 1. Einfachstes Brandeinwirkungsmodell: Temperaturkurve gemäss ISO 834 (Normbrandkurve)



#### Verkleidungen für Träger und Stützen

Stahlbauteile können durch verschiedenartigste Verkleidungen gegen die Einwirkung hoher Temperaturen geschützt werden:

##### Bauplatten

sind meist als ebene Elemente im Handel erhältlich und werden mit üblichen Werkzeugen an die Abmessungen des Stahlprofils kastenförmig angepasst. Die Befestigung erfolgt mit Klammern, Nägeln oder Schrauben, selten mittels Verklebung.

##### Brandschutzputze

werden in Maurerarbeit auf die Stahlprofile aufgetragen. Sie verlangen eine Haftbrücke auf der Stahloberfläche aus Rippen- oder Streckmetall und können somit sowohl profilfolgend als auch kastenförmig ausgebildet werden.

##### Sprays

sind aus Mineralfasern bestehende Beschichtungen, meist locker und porös, die direkt auf die Profile, der Oberfläche folgend, aufgetragen werden.

##### Dämmschichtbildende Anstriche

schäumen unter dem Einfluss hoher Temperaturen auf und bilden auf der Stahloberfläche eine lockere Isolierschicht. Ihre Schutzwirkung ist im allgemeinen auf 30 Minuten beschränkt.

##### Metallbleche

aus rostfreiem Stahl der Stärke 0,8 mm mit einem Abstand von 12 mm vom Stahlprofil erhöhen nach englischen Versuchen [5] den Feuerwiderstand des ungeschützten Profils auf das Doppelte. Werden die Zwischenräume zudem mit mineralfaser- oder vermiculithaltigen Isolationsmaterialien aufgefüllt, können Feuerwiderstände von 90 Minuten erreicht werden.

#### Massgeschneiderter Schutz

Die aufgezählten Schutzmöglichkeiten gestatten, Stahltragwerke jeder gewünschten Brandschutzanforderung anzupassen. In diesem Zusammenhang darf der Planende daran erinnert werden, dass bei vielen Bauten aber kein passiver Brandschutz der Stahltragkonstruktion notwendig ist. Dazu gehören zum Beispiel:

- eingeschossige Hallenbauten mit ausreichend ausgebauten Fluchtwegen,
- Bauten mit geringen Brandbelastungen, wie z.B. seitlich offene Parkhäuser für PKW,
- Bauten mit spezieller Raum- und Ventilationsgestaltung, welche die Auswirkung des Feuers nachweisbar unter die Gefahrgrenze für die Konstruktion abmindern.

Die Möglichkeiten für die Anwendung unverkleideter Konstruktionen sollten in möglichst frühem Planungsstadium mit Behörden und Fachleuten abgeprochen werden.

#### Grundlagen für die Ermittlung des Feuerwiderstandes

##### Brandeinwirkung und Tragwerk

Das Verhalten eines ganzen Tragwerkes unter der Einwirkung eines Brandes ist trotz vieler neuer Erkenntnisse und Forschungsarbeiten kaum exakt zu beschreiben. Zudem führen die unzähligen Möglichkeiten der Feuereinwirkung in einer globalen Konstruktion bezüglich Intensität und Ort des Auftretens zu einem enormen Rechenaufwand. Um das Problem analysieren zu können, werden deshalb für die Einwirkung des Feuers und für das Tragwerk je ein vereinfachendes Modell gebildet.

Die *Brandeinwirkung* wird definiert durch die Entwicklung der Temperatur in Funktion der Zeit.

Die tatsächlich möglichen Brandfälle wären unter Berücksichtigung der lokalen Brandbelastung, der verwendeten Baumaterialien und der möglichen Sauerstoffzufuhr durch Fenster, Türen, Kanäle usw. zu untersuchen. Von den verschiedensten denkbaren Modellen wird das einfachste, die im Bild 1 dargestellte Normbrandkurve nach Norm ISO 834 gewählt und dabei angenommen, dass jedes Brandgeschehen dieser Funktion folgt.

Unsere *Tragwerke* sind in Wirklichkeit räumliche Gebilde. Ihre statische Berechnung durch den Ingenieur beruht auf vereinfachenden Modellbildungen für die Belastungen und auf einer Gliederung des Bauwerks in verschiedene

	Tragelement T <sub>1</sub> 	Teiltragwerk T <sub>2</sub> 	Tragsystem T <sub>3</sub> 
Temp. ISO 834 B <sub>1</sub> ISO Zeit t	ISO-Klassierung mittels Ofenversuchen oder Nachrechnung $t_r \geq t_{erf}$ (international)		
Temp. ISO 834 B <sub>2</sub> ISO Zeit t	ISO-Klassierung mittels Ofenversuchen oder Nachrechnung $t_r \geq \gamma \cdot t_{eq}$ (1) (z.B. DIN 18 230)	(in der Praxis noch nirgends verankert)	
B <sub>3</sub> Naturbrand		Anforderung: Das Teiltragwerk überlebt das Schadenfeuer Nachweis: nur analytisch $\vartheta_{cr} \geq \gamma \cdot \vartheta_{s \max}$ (1) (z.B. schwedische Norm)	(grosser Rechenaufwand) (2)

(1) Sicherheitsfaktor  $\gamma$  häufig aufgeteilt in  $\gamma_r$  und  $\gamma_s$ , d.h.  $\gamma = \gamma_r \cdot \gamma_s$

(2) Bedenke: Auch die normalen statischen Nachweise (unter Gebrauchstemperatur) erfolgen selten am globalen Tragsystem

Bild 2. Brand- und Tragmodelle: von den einfachen heutigen Verfahren zur genauen Analyse

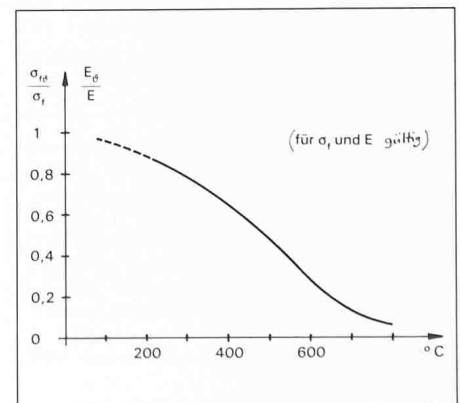
Teiltragwerke, bei denen die statische Mitwirkung der nichttragenden Elemente und Einbauten vernachlässigt wird.

Wollte man hier auch noch den Lastfall «Brand» mit einwirken lassen, so wären zu viele Lastfälle aufzukombinieren. Das Tragwerksmodell wird deshalb für die «Brandberechnung» noch weiter vereinfacht, indem die Konstruktion in einzelne Elemente wie Träger und Stützen aufgeteilt wird. Diese Elemente, denen bestimmte Lagerungsbedingungen zugeordnet sind, werden dann für den Brandfall mit gegebenen Lasten beansprucht.

Auf der Basis dieser beiden Modelle erfolgt die Klassierung der Tragelemente, d.h. die Bestimmung ihres Feuerwiderstandes bei voller statischer Ausnutzung.

Die Spannung zwischen der stark vereinfachten Nachweispraxis und den Bemühungen der Fachleute, die Wirklichkeit genauer zu erfassen, kommt im Bild 2 zum Ausdruck, wo verschiedene Brand- und Tragmodelle dargestellt sind: Von der einfachen Klassierung von Bauteilen mit der Normbrandkurve (Kasten oben links) führt die Tendenz zum Kasten unten rechts, in welchem komplizierte Tragwerke mit

Bild 3. Abhängigkeit der Streckgrenze und des fiktiven Elastizitätsmoduls von der Temperatur



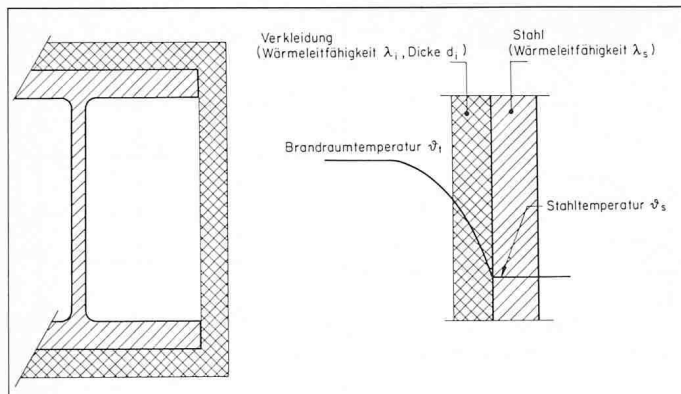


Bild 4. Temperaturverlauf in einem verkleideten Stahlelement, eindimensionales Wärmeübertragungsmodell

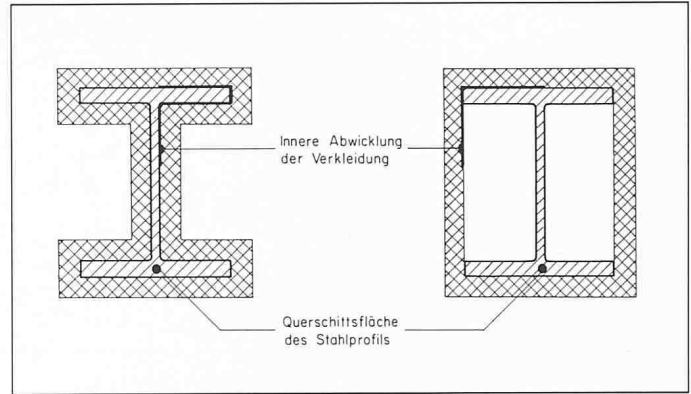


Bild 5. Verkleidete Stahlprofile: massgebend wird die innere Abwicklung der Verkleidung

einem tatsächlichen Brand, dem sogenannten Naturbrand, kombiniert werden.

### Bestimmung des Feuerwiderstandes

Mit unseren beiden Modellen kann der Feuerwiderstand der Tragelemente ermittelt werden, gewissermassen also die Zeit in Minuten, während der das Tragmodell dem Brandmodell widersteht. Dafür werden zwei Verfahren angewendet:

#### Ofenversuche

Dabei werden Bauteile unter Last in einem Brandofen dem Normbrand ausgesetzt. Der Feuerwiderstand wird definiert als die Zeit, die vom Versuchsbeginn bis zum Versagen des Bauteils verstreicht. Das Resultat ergibt eine Klassierung des Elements, kann aber nicht ohne weiteres auf das Tragwerk übertragen werden.

#### Berechnung

Um die kostspieligen Ofenversuche zu umgehen, wurde durch eine Fachkommission der Europäischen Konvention für Stahlbau ein Rechenverfahren als Ersatz für diese Versuche entwickelt [6]. In der Dokumentationsreihe des SIA steht nun dieses auf schweizerische Verhältnisse umgearbeitete Rechenverfahren als Publikation zur Verfügung (siehe Kasten).

Die Methode geht von den Eigenschaften des Stahls bei hohen Temperaturen aus, insbesondere vom Abfall der Fließgrenze (Bild 3), und setzt in Übereinstimmung mit den Ofenversuchen voraus:

**Dokumentation SIA 82 «Feuerwiderstand von Bauteilen aus Stahl».** 1985, Fr. 60.- (SIA-Mitglieder Fr. 36.-). Berechnungsgrundlagen, ausgearbeitet durch SZS (Schweiz. Zentralstelle für Stahlbau) in Zusammenarbeit mit BVD (Brand-Verhütungs-Dienst für Industrie und Gewerbe), SIA (Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein), VKF (Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen).  
Bezug: SIA-Generalsekretariat, Postfach, 8039 Zürich.

- Temperaturanstieg im Brandraum gemäss Norm ISO 834
- Träger als einfache Balken gelagert, Stützen zentrisch belastet mit einem eingespannten und einem gelenkigen Lager
- Last während des Versuches konstant mit maximaler Gebrauchslast nach Norm SIA 161 «Stahlbauten» (1979)
- Keine Behinderung der Wärmedehnungen.

Versagenskriterium ist das Nichterfüllen der Tragfunktion.

### Rechnerisches Verfahren zur Klassierung

#### Erwärmung der Stahlelemente

Der Erwärmungsvorgang von Stahlelementen ist abhängig vom Brandverlauf, von der Wärmeübertragung, der Form des Stahlprofils und den wärmetechnischen Eigenschaften allfälliger Verkleidungen.

#### Wärmeübertragung

Der Wärmestrom vom Brandraum zum Stahlelement ist proportional zur globalen Wärmedurchgangszahl, zum Umfang und zur Länge des Stahlelementes sowie zur Temperaturdifferenz zwischen umgebendem Gas und Stahl. In der Regel lässt sich die Wärmeübertragung als eindimensionales Problem behandeln (vgl. Bild 4); dabei sind für unverkleidete Elemente nur Strahlung und Konvektion, für verkleidete Elemente häufig nur die Wärmeleitung von Bedeutung.

#### Profilmfaktor

Die Form des Stahlprofils wird mit einem Profilmfaktor angegeben. Er ist das Verhältnis der dem Brand ausgesetzten Oberfläche zum Stahlvolumen. Für die Stabwerke des Stahlbaus kann der Profilmfaktor als Verhältnis des beflamnten Umfangs  $U$  zur Querschnittsfläche  $A$  des Stabes ausgedrückt werden. Bei verkleideten Elementen ist

anstelle des beflamnten Umfangs  $U$  die innere Abwicklungslänge  $U_i$  der Verkleidung einzusetzen (vgl. Bild 5).

#### Verkleidung

Für unverkleidete Elemente kann die Berechnung der Temperaturerhöhung in Abhängigkeit der Wärmeübergangszahl, der spezifischen Wärme und der Dichte des Stahls sowie des Profilmfaktors vorgenommen werden. Die Temperaturerhöhung verkleideter Stahlbauteile hängt zusätzlich von der Wärmeleitfähigkeit, der Dicke, der spezifischen Wärme und der Dichte des Verkleidungsmaterials ab. Das Bild 6 zeigt den Einfluss gebundenen Wassers in Verkleidungen. Bei der Verdampfungstemperatur tritt eine Verzögerung der Temperaturerhöhung ein.

#### Kritische Temperatur

Die im Versagenszustand im Stahlquerschnitt eines Tragelements auftretende mittlere Temperatur wird als kritische Temperatur bezeichnet. Sie hängt ab von der Materialqualität, den Lagerungsbedingungen und dem Belastungs- bzw. Ausnutzungsgrad des Tragelements.

Im Ofenversuch stehen die Elemente unter voller Gebrauchslast. Gegenüber dem Tragwiderstand bei Zimmertemperatur ergibt sich unter Beachtung des Sicherheitsfaktors  $\gamma = 1,6$  nach Norm SIA 161 ein rechnerischer Ausnutzungsgrad von  $\eta = 1/\gamma = 0,625$ . Aus den Ofenversuchen ergibt sich ein geringerer Ausnutzungsgrad. Dies wird mit einem Kalibrierungsfaktor  $\kappa = 0,85$  berücksichtigt.

Für die Klassierung von Stützen und Trägern ergibt sich daraus eine kritische Temperatur von  $472^\circ\text{C}$ .

Für sehr massige Profile (namentlich Vollstahlstützen) ist die Rechenmethode nicht mehr direkt anwendbar.

#### Berechnung des Feuerwiderstandes

Der Feuerwiderstand ist die Zeit, die erforderlich ist, um das Stahlelement auf die kritische Temperatur zu erwärmen.

Zu seiner Bestimmung müssen bekannt sein: für unverkleidete Profile die Querschnittswerte, für verkleidete Profile zusätzlich Dicke, Isoliereigenschaften und Wassergehalt der Verkleidung.

**Feuerwiderstand bei unvollständiger statischer Ausnutzung**

Sind die betrachteten Träger und Stützen bei Zimmertemperatur statisch nicht voll ausgenutzt, ergeben sich dafür höhere kritische Temperaturen beziehungsweise grössere Feuerwiderstände.

**Praktische Anwendung der Dokumentation SIA 82**

Die Publikation enthält für die praktische Anwendung ein äusserst benutzerfreundliches Nomogramm. Es ist im Bild 7 in vereinfachter Form wiedergegeben.

Durch die Einführung eines sogenannten thermischen Profilfaktors, der von den physikalischen Werten des Stahls und des Verkleidungsmaterials abhängt, gelingt es, auch für verkleidete Stahlbauteile alle möglichen Aufgaben zu lösen:

- den vorhandenen Feuerwiderstand aus Profilmfaktor und rechnerischem Ausnutzungsgrad zu bestimmen,
- den erforderlichen Profilmfaktor aus rechnerischem Ausnutzungsgrad und festgelegtem Feuerwiderstand zu suchen,
- den möglichen rechnerischen Ausnutzungsgrad aus Feuerwiderstand und Profilmfaktor anzugeben.

Tabellen im Anhang der Dokumentation SIA 82 zeigen die physikalischen Werte des Baustahls in Abhängigkeit der Temperatur, die Eigenschaften von Verkleidungsmaterialien, Profilmfaktoren der gängigen Walzprofile und eine Zusammenstellung durchschnittlicher Stahltemperaturen von verkleideten Stahlelementen.

Diese Tabellen gestatten dem Benutzer die Anwendung der in der Publikation gegebenen Formeln zur Lösung von Brandschutzaufgaben als Alternative zur Verwendung des Nomogramms.

**Ausblick**

Die Unterkommission «Brandschutz» der Schweizerischen Zentralstelle für Stahlbau hat weitere Publikationen in Bearbeitung:

- Feuerwiderstand von Verbunddecken,
- Feuerwiderstand von Verbundstützen und -trägern,

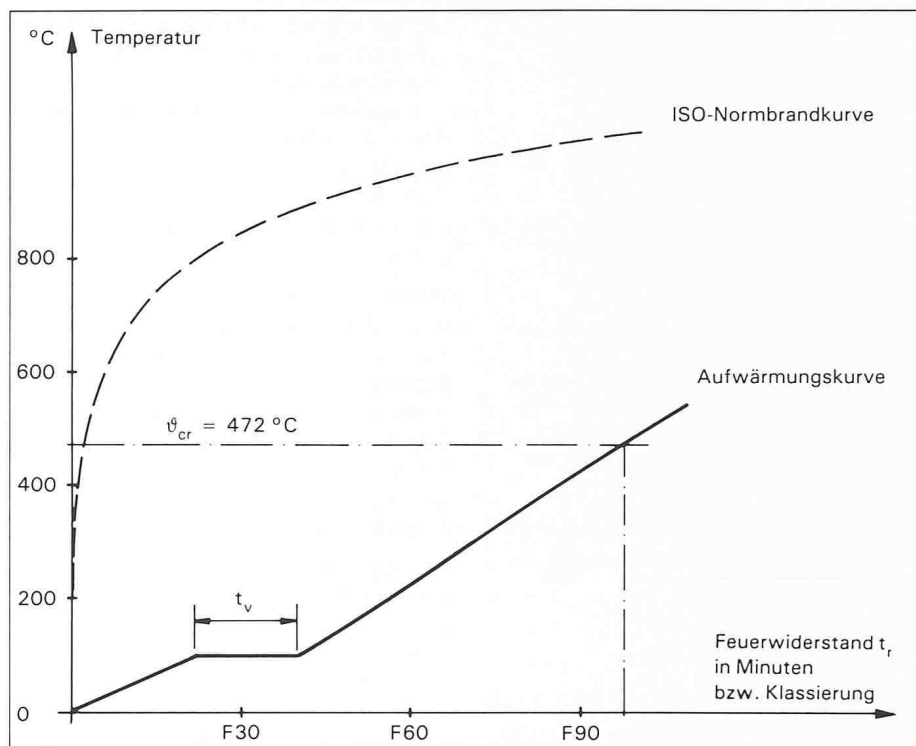


Bild 6. Verzögerung  $t_v$  in der Temperaturerhöhung des Stahlelementes bei Verkleidungen mit gebundenem Wasser

- Brandschutzverkleidungen von Stahlbauteilen.

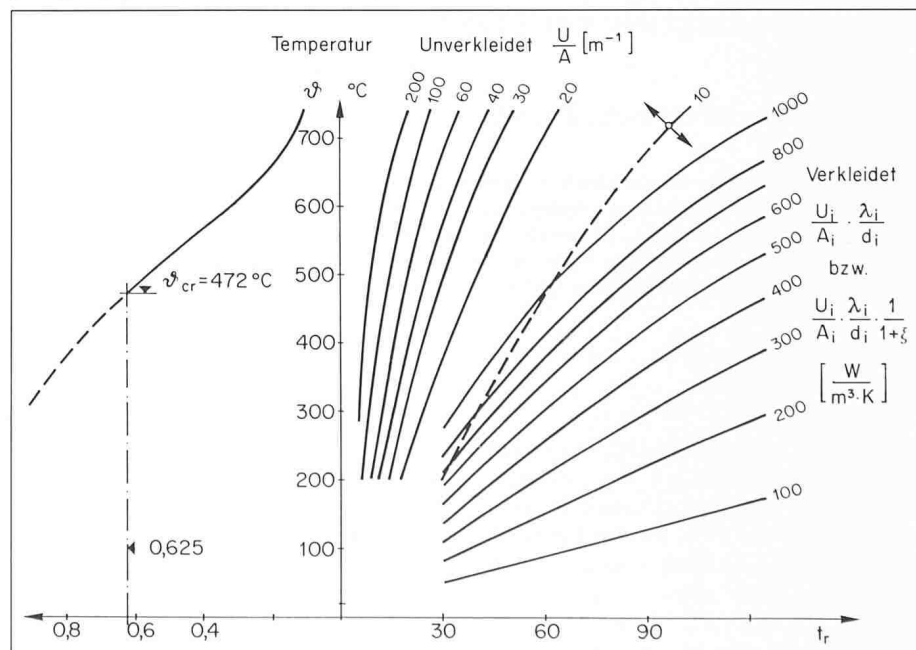
Sie werden mithilfe, die Brandschutzprobleme im Zusammenhang mit Stahlkonstruktionen in einfacher Art zu lösen.

Die Technische Kommission der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) erteilte einer Unterkommission den Auftrag, Vorschläge für die brandschutztechnische Behandlung von Tragwerken auszuarbeiten. Erste Entwürfe liegen vor. Sie basieren auf dem Brandmodell mit der äquivalenten Branddauer, das den Naturbrand der

ISO-Normbrandkurve gegenüberstellt. Die Zusammenhänge gehen aus Bild 8 hervor. Damit wird ein erster Schritt getan in Richtung des Wunschzieles, Brände als Katastrophenlastfälle in Tragwerken zu betrachten.

Stahlkonstruktionen haben bezüglich ihres Brandverhaltens einen eher schlechten Ruf. Brände bei grossen mehrstöckigen Gebäuden, die für den Brandfall schlecht geplant waren, und die grossen Deformationen von Traggliedern abgebrannter Hallenkonstruktionen stehen diesem schlechten Ruf Pate. Bei diesen Brandfällen lässt sich

Bild 7. Nomogramm für die Brandberechnung. Zusammenhang zwischen rechnerischem Ausnutzungsgrad  $\eta$ , Profilmfaktor und Feuerwiderstand  $t_r$



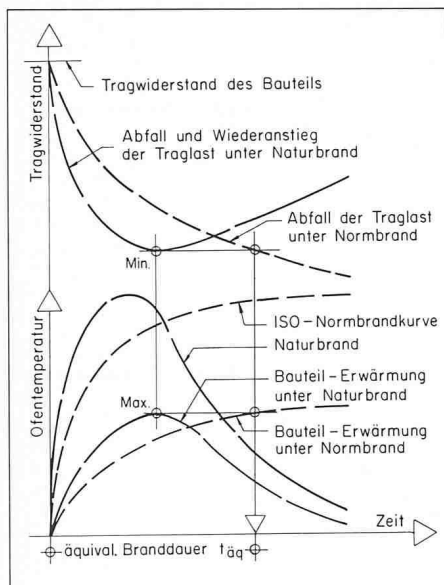


Bild 8. Äquivalente Branddauer

jedoch feststellen, dass eher Rauchentwicklung und Hitze Opfer gefordert haben als der Einsturz des Tragwerkes.

Die Auswertung von Brandfällen bei kleineren und mittleren Stahlkonstruktionen [7] zeigte, dass sich unter gewissen Bedingungen Stahlkonstruktionen wesentlich günstiger verhalten als vorgesehen. Es handelt sich dabei vornehmlich um:

Überarbeitetes Referat an der Informations-tagung Brandschutz vom 25.4.1985 an der ETHZ. Vgl. Dokumentation SIA 86.

- Tragelemente seitlich offener Parkhäuser, die unverkleidet ausgeführt werden können,
- Tragelemente in Gebäuden mit kleiner Brandbelastung, bei denen die Stahltemperatur beim Brand klein bleibt,
- Tragelemente ausserhalb der Fassaden.

Weiter ergab sich, dass die Wiederherstellungskosten einer von einem Brand betroffenen Stahlkonstruktion im allgemeinen nicht höher, oft aber geringer ausfallen als bei einer Konstruktion aus Stahlbeton oder Mauerwerk. Die aus Brandschutzgründen getroffene Baustoffwahl kann eben selber keine Brände verhindern.

Die verbleibenden Wünsche der Stahlbauer an Planer, Bauherren und Feuerpolizei lassen sich kurz zusammenfassen:

□ Die Planer mögen das Vorurteil ablegen, dass sich Stahlkonstruktionen im Brandfall schlecht verhalten. Bei richtiger Planung und richtigem Schutz werden gleiche Feuerwiderstandswerte erreicht wie bei anderen Bauweisen. Die Tragkonstruktion selbst erhöht die Brandbelastung nicht.

□ Vorschriften und Empfehlungen sollen in Zukunft so gestaltet werden, dass:

- das Brandmodell Tragwerke mit kleiner Brandbelastung nicht benachteiligt,
- das Tragmodell und die angenomme-

nen Belastungen die Wirklichkeit realistischer abbilden, um Konstruktionen mit grossem Nutzlastanteil nicht zu benachteiligen, besonders brandgefährdete Räume brandschutztechnisch gesondert behandelt werden können, die sehr wirkungsvollen aktiven Brandschutzmassnahmen mit einbezogen werden dürfen.

□ Die Empfehlung SIA 183 «Baulicher Brandschutz» möge breite Anerkennung finden und für alle Baukonstruktionen zugezogen werden.

Adresse des Verfassers: Hans R. Holenweg, dipl. Bauing. ETH/SIA, Wettsteinstrasse 75, 8332 Russikon.

**Literatur**

[1] *Aimone-Cat, C.; Kruppa, J.; Lambole, G.*: »Stabilité au feu des charpentes métalliques, Matériaux de protection». C.T.I.C.M., Paris, 1982  
 [2] VKF, «Brandschutzregister/Verzeichnis der Technischen Auskünfte», Bern, 1985  
 [3] *Kruppa, J.*: «Comportement au feu des poteaux extérieurs en acier». C.T.I.C.M., Paris, 1980  
 [4] *Bond, G.V.L.*: «Water cooled hollow columns» Croydon, Constrado, 1975  
 [5] *Thomson, G.; Smith, C.I.; Timms, R.G.*: «Fire resistance of sheet steel protected beams» BSC, London, 1981  
 [6] ECCS - Technical Committee 3: «European Recommendations for the Fire Safety of Steel Structures», Elsevier, Amsterdam, 1983  
 [7] *Brozzetti, J.; Law, M.; Peterson, O.; Witteveen, J.*: «Fire Protection of Steel Structures, Examples of Applications», IABSE Proceedings P-61, Zürich, 1983

# Nutzungs- und Sicherheitspläne

## Zwei neue Begriffe bei Tragwerken im Bauwesen

Von Miroslav Matousek, Zürich

Der Bauherr sowie die Baufachleute werden immer häufiger mit den Begriffen Nutzungs- und Sicherheitsplan konfrontiert, insbesondere weil diese bereits in der neuen SIA-Ordnung 103 (1984) gefordert werden [1]. Es besteht demnach unter den am Bau Beteiligten ein Bedürfnis, mehr über die Hintergründe sowie das Vorgehen bei der Erarbeitung dieser Pläne zu erfahren. Dieser Beitrag geht auf dieses Informationsbedürfnis ein.

### Bauwerksschäden

Es ist eine Tatsache, dass im Bauwesen immer wieder Schäden zu beklagen sind. Der direkte Sachschaden an Bauwerken wird mit 2 bis 5% der Bausumme geschätzt [2, 4]. Dazu kommen noch Personenschäden sowie Folgeschäden infolge Verzögerung, Betriebsunterbruch, Verlust von Marktanteilen usw.

Diese Folgeschäden können im Einzelfall den direkten Sachschaden mehrfach übersteigen.

Trotz dieses Schadensgeschehens wird oft von den Fachleuten behauptet, dass im Bauwesen wenig «passiert». Dabei genügt es bereits, die Presse zu verfolgen. Man wird sich rasch überzeugen können, dass im Bauwesen alles «passieren» kann. Einige Beispiele aus der

Presse sollen hier in Erinnerung gerufen werden: Einsturz der Kongresshalle in Berlin, Einsturz einer Stahlbrücke im Bundesstaat Connecticut (USA), Einsturz der Reichsbrücke in Wien, Einsturz einer Galerie in einem Hotel in Kansas City (USA), Einsturz eines Eisstadions im Tessin, Einsturz des Parkhauses in Gattikon (Kanton Zürich), Explosion in einem Leitungskanal der Sihlbrücke in Zürich, Hauseinsturz in Castellaneta (Italien) usw. Neben diesen in der Presse breitgeschlagenen Schadenfällen ereignen sich laufend weitere Grossschäden, insbesondere während der Ausführung. Zu diesen Grossschäden kommt noch eine wesentlich höhere Anzahl von kleinen Schäden wie Risse, undichte Isolierung, unerwünschte Schwingungen, Setzungen usw., die hauptsächlich in der Nutzungsphase festgestellt werden. Solche Schäden kommen selten an die Öffentlichkeit.

Geht man den Schadenursachen nach,