

ERFAHRUNGEN MIT ANLAGENTECHNIK IN BRANDSICHERHEITS-KONZEPTEN

EXPERIENCES WITH FIRE PROTECTION SYSTEMS IN FIRE SAFETY CONCEPTS

Mario Fontana, Zürich, Schweiz

ZUSAMMENFASSUNG

Traditionelle Brandschutzvorschriften legen ihren Schwerpunkt meist auf bauliche Brandschutzmaßnahmen, oft zum Nachteil für Tragwerke aus Stahl und Holz. Mit modernen technischen Maßnahmen wie Brandmelde- und insbesondere Sprinkleranlagen reduziert sich die Eintretenshäufigkeit von tragwerksgefährdenden Bränden markant. Mit Hilfe von probabilistischen Analysen kann man zeigen, dass damit eine Reduktion des Feuerwiderstandes möglich wird, ohne die globale Brandsicherheit zu verringern. Die neuen Schweizer Brandschutzvorschriften [1] nehmen diese Überlegungen auf und erlauben (ohne weitere Nachweise) die freie Wahl zwischen traditionellen, rein baulichen Konzepten und Brandschutzkonzepten mit Sprinkleranlagen und vorgegebenem reduziertem Feuerwiderstand. Selbstverständlich kann auch weiterhin eine reine leistungsorientierte „Fire Engineering“ Lösung auf der Basis eines Naturbrandes mit allen erforderlichen Nachweisen in Absprache mit den Behörden erstellt werden.

Neben den vorgeschlagenen Lösungen, werden die Hintergründe und verwendeten Analysemethoden für die neuen Vorschriften dargestellt.

SUMMARY

Traditional fire safety regulations focus on structural measures which are often a handicap for steel and timber structures. Efficient technical measures like smoke detection and sprinkler systems reduce markedly the frequency of fires, which are big enough to endanger the stability of structures. By means of a probabilistic approach it can be shown, that with technical measures present, the fire resistance of structures can be reduced, without reducing the global level of fire safety. New Swiss fire regulations [1] incorporate such considerations and allow a free choice between traditional structural and sprinkler standard fire safety concepts with a prescribed but reduced fire resistance of the structural and compartmentating elements. Further a full fire engineering approach based on natural fires is possible using parameters predefined in accordance with the authorities.

The paper explains the background of the proposed reductions and the probabilistic methods used to establish the new regulations.

PRÄSKRITIVE UND LEISTUNGSORIENTIERTE BRANDSCHUTZVORSCHRIFTEN

Die meisten Brandschutzvorschriften in den europäischen Ländern sind präskriptiv d. h. sie geben detaillierte Maßnahmen vor, wie z. B. Brandabschnittsgrößen, Dauer des Feuerwiderstandes der Tragwerke, Fluchtwege (Längen und Breiten, Anzahl Treppenhäuser) etc.. Werden diese z. T. sehr detaillierten Vorschriften (bis zur Schildergröße und dem Ort der Bezeichnung von Brandschutztüren) eingehalten, so wird davon ausgegangen, dass ein akzeptables Mass an Brandsicherheit erreicht wird.

Seit einigen Jahren etablieren sich leistungsorientierte Brandschutzvorschriften, die von Schutzzielen ausgehen und den Planern freie Wahl lassen bei der Wahl der Maßnahmen, um diese Ziele zu erreichen. Die Planer müssen jedoch den Nachweis erbringen, dass die Ziele erreicht werden. Dies ist oft nicht einfach, da zum Teil bereits bei den zu wählenden Nachweismethoden und auch beim akzeptierten Risiko die Meinungen der Experten weit auseinander liegen können. Es ist daher oft riskant, den Weg der leistungsorientierten Brandschutzkonzepte zu gehen, da kein Anspruch auf Akzeptanz durch die Behörden besteht und somit keine Planungs- und Terminalsicherheit gegeben ist. Die meisten so genannten modernen leistungsorientierten Vorschriften behelfen sich mit verschiedenen detaillierten und akzeptierten Vorgaben an Maßnahmen, („deemed to satisfy“), wobei man zwar auch relativ eng eingebunden ist, aber doch die Wahl zwischen verschiedenen Konzepten hat. Vorteil dieser Vorschriftentart ist die grössere Flexibilität bei der Planung gepaart mit relativ grosser Planungssicherheit.

Meistens erlauben solche Vorschriften eine Reduktion des Feuerwiderstandes des Tragwerkes und der brandabschnittsbildenden Bauteile, sofern technische Maßnahmen, insbesondere Sprinkleranlagen vorhanden sind. Dies kann für Tragwerke aus Stahl und Holz von grosser wirtschaftlicher Bedeutung sein und ihren Einsatz sogar erst ermöglichen.

Die Reduktionen sind aber meist sehr konservativ angesetzt und berücksichtigen in der Regel weitere positive Wirkungen der technischen Maßnahmen z. B. auf die Personensicherheit nicht. Oder die Maßnahmen dürfen nicht angerechnet werden, sofern für diese Nutzung bereits eine technische Maßnahme gefordert wäre. Somit stellt sich die Frage, wie der Einfluss von technischen Maßnahmen auf den erforderlichen Feuerwiderstand beurteilt werden kann.

FREIE WAHL ZWISCHEN BAULICHEN UND TECHNISCHEN BRANDSCHUTZKONZEPTEN

Die Ziele des Brandschutzes sind der Schutz von Personen und Tieren vor den Gefahren des Feuers und eine angemessene Begrenzung der Sachschäden. Diese Ziele können erreicht werden durch passive Maßnahmen wie feuerwider-

standsfähige Tragwerke und Brandabschnitte, welche die Ausbreitung von Feuer und Rauch im Gebäude begrenzen. Im Brandraum selbst müssen Schäden akzeptiert werden. Aktive Maßnahmen wie Sprinkleranlagen oder Brandmeldeanlagen zusammen mit einer schnell eingreifenden Feuerwehr haben zum Ziel, den Brand in einem Anfangsstadium zu begrenzen und möglichst rasch zu löschen. Durch solche Maßnahmen können auch Brandschäden innerhalb des Brandraumes begrenzt werden.

Passive Brandschutzmaßnahmen können je nach Bauweise erhebliche Kosten verursachen und sind vor allem für Stahl- und Holzkonstruktionen ein Wettbewerbsnachteil im Vergleich zu Massivbauten, wo der passive Feuerwiderstand meist nur geringe Mehrkosten verursacht. Die Möglichkeit, aktive Brandschutzmaßnahmen ohne weiteren Nachweis von Beginn an in die Planung einbeziehen zu dürfen, schafft Planungs- und Kostensicherheit und kann in vielen Fällen den Materialentscheid erleichtern.

EINFLUSS DER FEUERWIDERSTANDSKLASSE AUF DIE VERSAGENS- WAHRSCHEINLICHKEIT DES TRAGWERKES

Die Zuverlässigkeit eines Bauteils bei Brandeinwirkung nimmt üblicherweise mit zunehmendem Feuerwiderstand zu. Das heisst für das gleiche Brandszenario und den gleichen Brandraum ist die Versagenswahrscheinlichkeit eines F 30 Bauteils grösser als die eines F 60 Bauteils. Dies lässt sich an Hand eines Trägers in einem Büroraum wie folgt erläutern.

Der Temperaturverlauf im Stahlträger hängt ab vom Temperaturverlauf im Brandraum und der Art und der Dicke der Brandschutzbekleidung. Die erforderliche Dicke der Isolation wird mit Berechnungen oder in Versuchen ermittelt. Für F 60 ist eine dickere Isolation erforderlich als für F 30. Der Temperaturverlauf im Brandraum ist abhängig von der Brandlast, den Lüftungsbedingungen und der Geometrie des Brandraumes sowie den thermischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile. In einem gegebenen Raum sind die Geometrie und die thermischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile unveränderlich, die Ventilationsverhältnisse hingegen können sich z. B. durch das Bersten von Fensterscheiben ändern. Insbesondere aber verändert sich die Brandlast tagtäglich im Raum. Sie ist somit eine der wichtigsten Zufallsvariablen bei der Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit. Zur Brandlast in verschiedenen Nutzungen liegen umfangreiche statistische Daten vor [2].

Der Tragwiderstand unseres Trägers wird erreicht, sobald die Stahltemperatur die kritische Temperatur überschreitet und keine Lastumlagerung auf andere Bauteile möglich ist, d. h. keine günstige globale Tragwirkung auftritt. Da der Stahl mit zunehmender Temperatur an Festigkeit verliert, wird die Festigkeit bei einer bestimmten Temperatur auf den Wert der vorhandenen Spannung absinken, der Stahlträger beginnt zu fließen und erreicht seinen Tragwiderstand. Die Temperatur, bei der die Fließgrenze des Stahls den Wert der vorhandenen

Spannung erreicht, nennt man die kritische Temperatur. Bild 1 zeigt die Temperatur in einem Brandraum und die zugehörige Temperatur in je einem Stahlträger mit F 30 und F 60 Verkleidung. Die maximale Temperatur im F 30 bekleideten Träger beträgt 650°C im F 60 bekleideten Träger rund 520°C. Unter Annahme einer kritischen Temperatur von 550°C würde der F 30 bekleidete Träger versagen, während der F 60 bekleidete Träger den Brand überstehen würde.

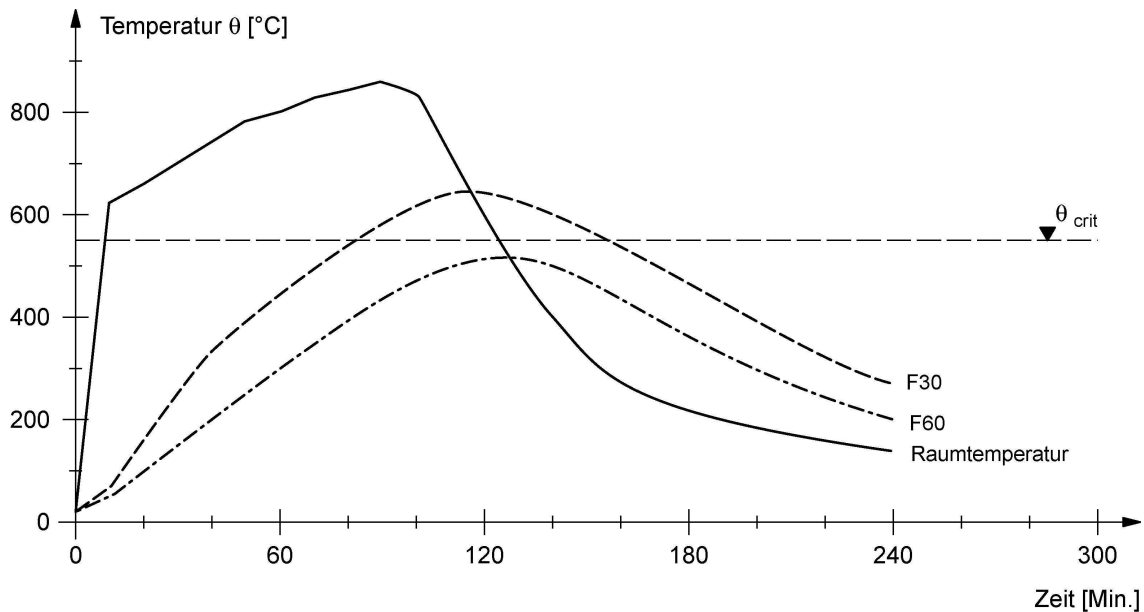


Bild 1 Einfluss des Feuerwiderstandes auf die Bauteiltemperatur bei Naturbrand in einem Bürogebäude mit hoher Brandlast

Fig. 1 Influence of fire resistance on the temperature of the structural element in a natural fire in an office building with high fire load density

Bild 2 zeigt die Temperatur im selben Brandraum und für dieselben Träger bei einer geringeren Brandlast. In diesem Falle erreicht der F 30 verkleidete Träger im Maximum 450°C, der F60 verkleidete Träger rund 370°C. Beide Träger erreichen die kritische Stahltemperatur nicht und beide würden den Brand überstehen.

Trägt man nun die maximalen Stahltemperaturen in Abhängigkeit der Brandlast für einen bestimmten Brandraum auf, so kann man in Abhängigkeit der kritischen Temperatur die kritische Brandlast bestimmen, d. h. die Brandlast, bei deren Überschreitung mit einem Versagen des Trägers zu rechnen ist. Kennt man zudem die Verteilungsfunktion der Brandlast für eine bestimmte Nutzung, so kann man deren Summenhäufigkeitskurve bestimmen und die Auftretenswahrscheinlichkeit einer Brandlast, die gleich oder grösser der kritischen Brandlast ist, feststellen (Bild 3). Daraus erhält man vereinfacht direkt die Versagenswahrscheinlichkeit des Trägers.

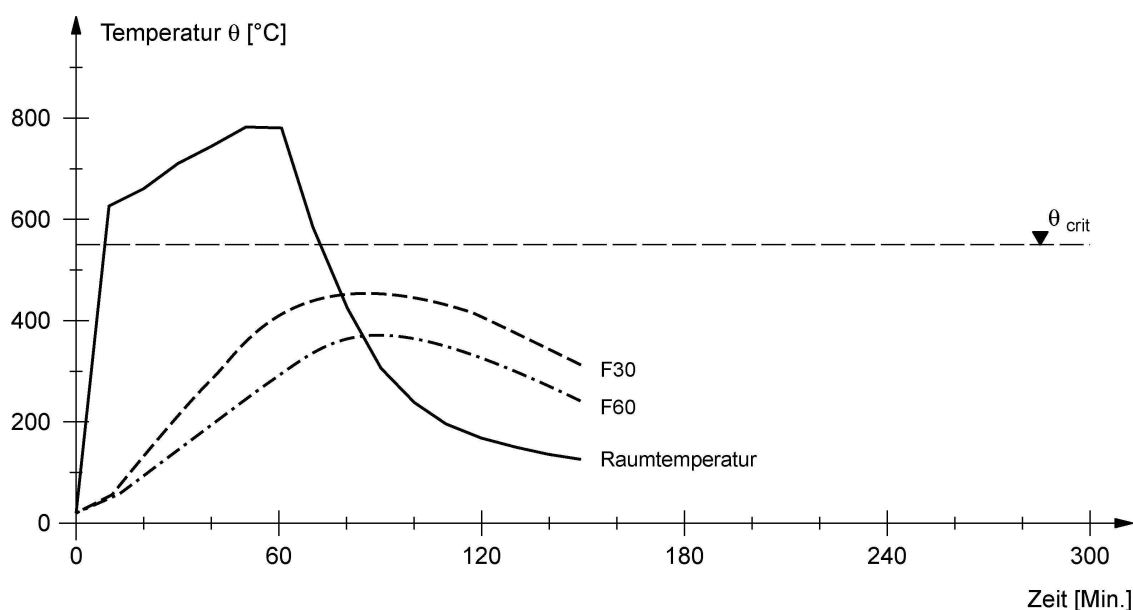


Bild 2 Einfluss des Feuerwiderstandes auf die Bauteiltemperatur bei Naturbrand in einem Bürogebäude mit mittlerer Brandlast

Fig. 2 Influence of fire resistance on the temperature of the structural element in a natural fire in an office building with average fire load density

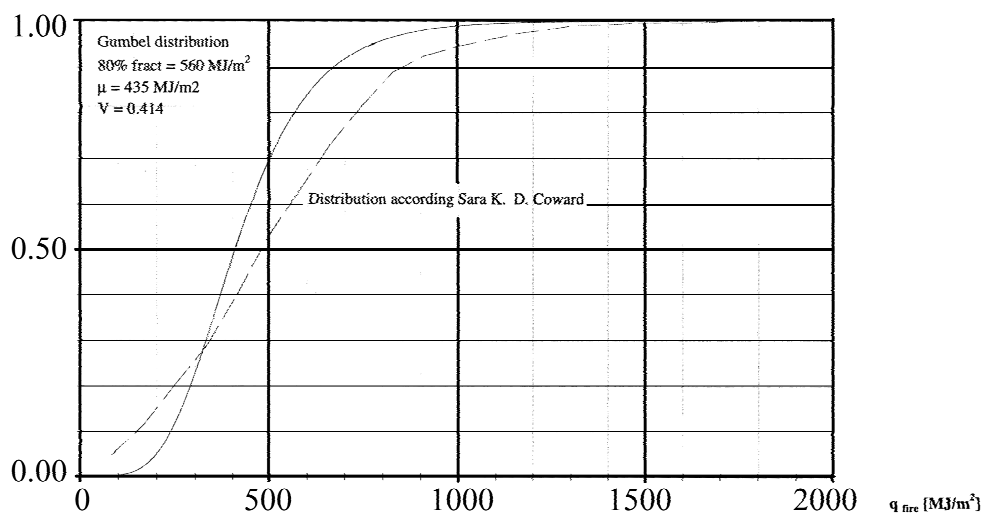


Bild 3 Summenhäufigkeit der Verteilung der Brandlasten in Bürogebäuden nach einer Studie aus England [3] und mit einer Gumbelverteilung

Fig. 3 Distribution function of fire loads in office buildings according to study in U.K. [3] and as Gumbel distribution

Dieses vereinfachte Verfahren berücksichtigt nur die Brandlast als Variable während die anderen Einflussgrößen deterministisch festgelegt werden. Der Einbezug weiterer Variablen wäre aber prinzipiell möglich.

Mit Hilfe der Methode der äquivalenten Branddauer kann näherungsweise aus den maximalen Stahltemperaturen auch ein erforderlicher Feuerwiderstand der

Bauteile gegenüber dem ISO-Normbrand abgeleitet werden (vgl. Bild 4). Weist ein Bauteil diesen Feuerwiderstand auf, kann es den Brand mit einer bestimmten Zuverlässigkeit überstehen. Auf dieses Nahrungs-Verfahren soll aber hier nicht näher eingetreten werden.

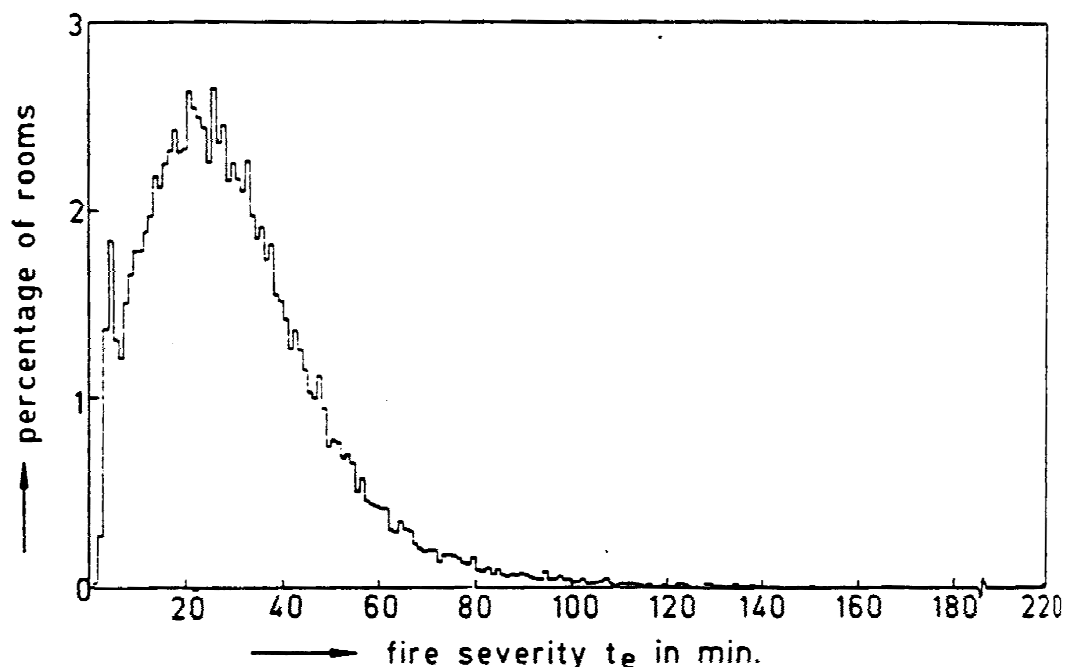


Bild 4 Brandheftigkeit ausgedrückt als äquivalente Branddauer gemäss einer Untersuchung aus England [3]

Fig. 4 Intensity of a fire as equivalent fire duration according to a study in U.K. [3]

EINFLUSS AKTIVER MASSNAHMEN AUF DEN ERFORDERLICHEN FEUERWIDERSTAND

Ein tragendes Bauteil wird im Feuer nur versagen, wenn das Feuer eine gewisse Grösse erreicht. In der Regel ist dazu ein Vollbrand im Brandraum erforderlich. Ein Vollbrand tritt aber nur in seltenen Fällen während der Lebensdauer eines Tragwerks auf. Aufgrund der geringen Auftretenshäufigkeit kann man somit eine höhere Versagenswahrscheinlichkeit für ein Bauteil unter Feuereinwirkung akzeptieren als bei häufig auftretenden Einwirkungen wie den Nutzlasten. Daher erlauben die Tragwerksnormen in der Regel für aussergewöhnliche Einwirkungen wie Brand und Erdbeben geringere Last- und Widerstandsbeiwerte als bei der normalen Bemessung [4]. Vereinfacht kann man folgende Gleichung ansetzen:

$$p_{\text{Vollbrand}} \cdot p_{\text{Tragwerksversagen, vorausgesetzt Vollbrand}} \leq p_{\text{versagen, akzeptiert}} \quad (1)$$

Aus Gleichung 1 wird offensichtlich, dass der erforderliche Feuerwiderstand nicht nur von den thermischen und mechanischen Einwirkungen im Brandfalle

abhängt, sondern auch von der Wahrscheinlichkeit, dass ein grosses Feuer auftritt, welches das Potenzial zur Tragwerksbeschädigung hat. Im Weiteren haben selbstverständlich die Konsequenzen eines Tragwerksversagens einen großen Einfluss auf die akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit [5]. So darf z. B. die Versagenswahrscheinlichkeit von sekundären Bauteilen, welche nur zu lokalen Schäden führen, höher ausfallen als diejenige von primären Bauteilen wie Stützen, die z. B. zu einem Totalversagen führen könnten. Gleichung (1) erlaubt nun die Berücksichtigung aller wichtigen Aspekte für die Beurteilung des erforderlichen Feuerwiderstandes. Eine Sprinkleranlage oder eine durch eine Brandmeldeanlage rasch alarmierte Feuerwehr reduziert die Auftretenshäufigkeit eines vollentwickelten Brandes ($p_{\text{Vollbrand}}$). Isolationstärke und reduzierter Ausnutzungsgrad sowie die Möglichkeit von Kraftumlagerungen in redundanten Systemen reduzieren die Versagenswahrscheinlichkeit unter der Voraussetzung eines Vollbrandes ($p_{\text{Tragwerksversagen, vorausgesetzt Vollbrand}}$). Die akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit schliesslich hängt ab von den Konsequenzen eines Bauteilversagens auf die Personensicherheit und den Sachgüterschutz. Diese Überlegungen erlauben es, z. B. den Feuerwiderstand von Stahlbauteilen zu reduzieren, sofern Sprinkleranlagen oder andere aktive Brandschutzmaßnahmen vorhanden sind. Eine detaillierte Tragwerksanalyse unter Berücksichtigung verschiedener Brandszenarien und des globalen Gebäudeverhaltens, des Verhaltens der Menschen und des Einsatzes der Feuerwehr, ist sehr aufwändig und lohnt sich meist nur in Sonderfällen.

Unter Berücksichtigung verschiedener Vereinfachungsgrade haben wir eine Bemessungsmethode entwickelt und auf mehrere reale Projekte angewendet. Ziel dieser Untersuchungen war es, Grundlagen zu schaffen für leistungsorientierte Brandschutzkonzepte oder für vereinfachte Bemessungstabellen im Sinne der Schweizer Brandschutznorm 2003 [1]. Die Methode soll sowohl zu wirtschaftlichen Vorteilen als auch zu einer erhöhten Brandsicherheit führen. Da primär die Personensicherheit im Vordergrund steht, Personen aber wesentlich empfindlicher auf Temperaturen reagieren als Tragwerke, sind viele Maßnahmen aus dem Bereich der Personensicherheit auch wirksam im Bereich des Sachgüterschutzes. Dadurch wird das vorhandene Geld optimal genutzt und nicht allein für hohe Feuerwiderstandszeiten der Tragwerke eingesetzt, sondern insbesondere für aktive Maßnahmen verwendet.

ANWENDUNGSBEISPIEL VERWALTUNGSGEBÄUDE

Die Methode wird nachfolgend an einem realen Bürogebäude in der Schweiz erläutert. Dabei wurden zwei Gebäudekonzepte untersucht. Konzept 1 entspricht den feuerpolizeilichen Standardvorschriften, d. h. Feuerwiderstandsklasse F 60 und maximale Brandabschnittsgrösse $< 600 \text{ m}^2$. Konzept 2 ist ein Alternativkonzept mit Feuerwiderstandsklasse F 30 und Brandabschnittsgrösse $< 1600 \text{ m}^2$ sowie einer Sprinkleranlage. Bild 5 zeigt dieses Bürogebäude mit je 1600 m^2 Geschossfläche und einem 4-geschossigen Verbundtragwerk mit Attikageschoss.

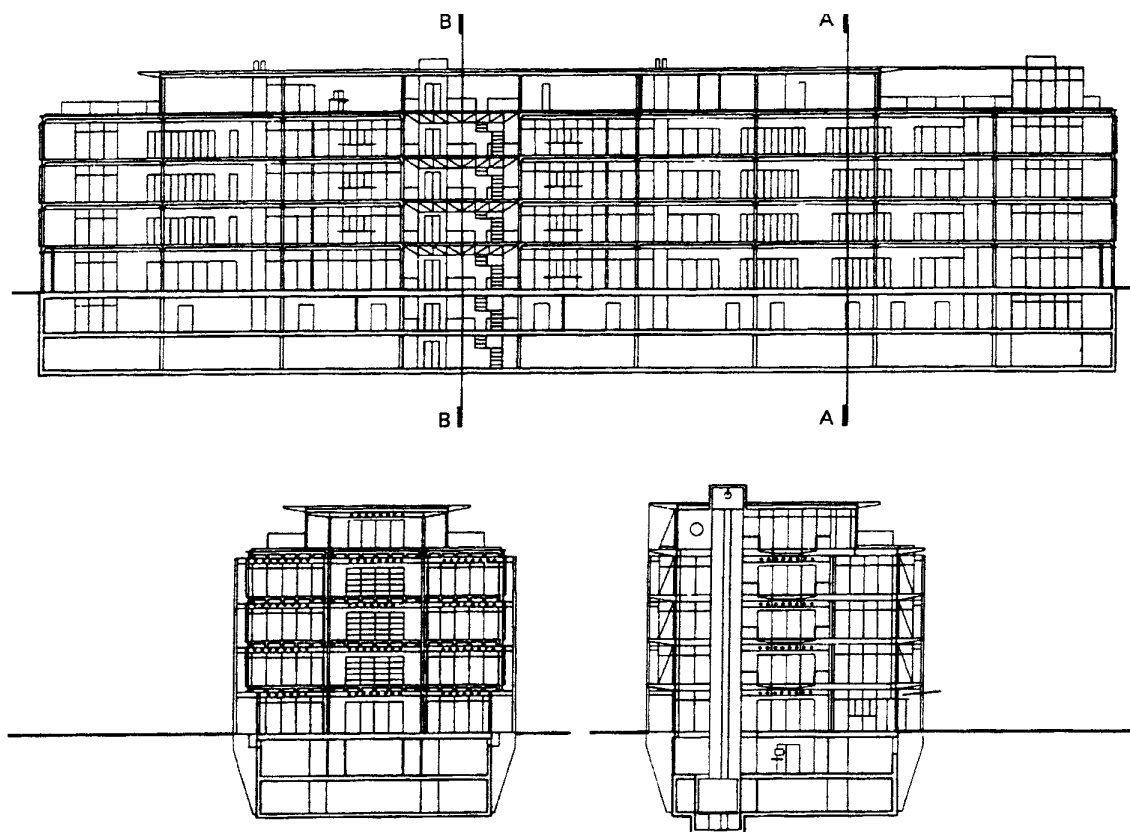


Bild 5 Bürogebäude in Verbundbauweise des Anwendungsbeispiels
 Fig. 5 Office building with composite structures as example

Mit Hilfe der Methode wird überprüft, ob die beiden Konzepte gleichwertig sind. Ausgehend von der Wahrscheinlichkeit des Tragwerksversagens p_f (ohne Brand), der Auftretenshäufigkeit eines Vollbrand $p_{\text{vollbrand}}$ und der Versagenswahrscheinlichkeit eines Bauteils im Brandfalle $p_{f,fi}$ ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$p_f = p_{\text{vollbrand}} \cdot p_{f,fi} \quad (2)$$

Die Auftretenshäufigkeit eines Vollbrandes kann berechnet werden aus einem charakteristischen Wert für Vollbrand p_1 (ermittelt aus Statistiken) multipliziert mit der Fläche des Brandraumes A (evtl. unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors x für die vorhandene Brandabschnittsgröße im Vergleich zu einer Referenzgröße x_0) und der Anzahl Jahre n des Bezugszeitraums (Nutzungsdauer), sowie eines Korrekturfaktors für aktive Maßnahmen p_m :

$$p_{\text{vollbrand}} = p_1 \cdot A^{\left(\frac{x}{x_0}\right)} \cdot n \cdot p_m \quad (3)$$

Aufgrund von statistischen Untersuchungen an 40'000 Bränden [6] haben wir eine Auftretenshäufigkeit von Bränden in Büros von $0,4 \cdot 10^{-6}$ Brände pro m^2

und Jahr festgestellt. Für eine Nutzungsdauer n von 50 Jahren und ohne Einfluss aktiver Maßnahmen (d. h. $p_m = 1,0$) ergibt sich die Auftretenshäufigkeit eines Vollbrandes zu:

$$p_{\text{vollbrand}} = p_1 \cdot A \left(\frac{x}{x_0} \right) \cdot n = 0,4 \cdot 10^{-6} / \text{m}^2 \cdot \text{Jahr} \cdot 600 \text{ m}^2 \cdot 50 = 0,012 \quad (4)$$

Für das Konzept mit einer Sprinkleranlage, welche in 98% der Fälle das Entstehen eines Vollbrandes verhindert ($p_m = 0,02$), ergibt sich für die Konzeptvariante mit Sprinkleranlage und 1600 m^2 Brandabschnittsfläche die Auftretenswahrscheinlichkeit eines Vollbrandes zu:

$$p_{\text{vollbrand}} = p_1 \cdot A \left(\frac{x}{x_0} \right) \cdot n \cdot p_m = 0,4 \cdot 10^{-6} / \text{m}^2 \cdot \text{Jahr} \cdot 1600 \text{ m}^2 \cdot 50 \text{ Jahre} \cdot 0,02 = 0,00064 \quad (5)$$

Die bedingte Versagenswahrscheinlichkeit $p_{f,fi}$ eines Tragelementes unter Vollbrand kann z. B. mit Hilfe einer Monte Carlo Simulation berechnet werden. Die wichtigsten Einflussgrößen werden als Variable eingesetzt und die Grenzzustandsfunktion berechnet. So kann z. B. für den Zweifelddeckenträger im Gebäude die Grenzwertfunktion für Biegung (ohne Berücksichtigung des globalen Tragwerksverhaltens) wie folgt festgelegt werden:

$$G = R_{pl} - \left(\frac{(N_B + G_B) \cdot \ell^2}{11,67} \right) = (k_{y,\Theta} \cdot f_y \cdot Z) - \left(\frac{(N_B + G_B) \cdot \ell^2}{11,67} \right) \quad (6)$$

Für die vorhandenen Büroabmessungen und Lüftungsverhältnisse (wobei teilweise zerbrochene Fenster angenommen wurden), sowie eine Brandlastverteilung für Bürobauten wurden die Brandraumtemperaturen der Luft und die Temperaturentwicklung im Stahl bestimmt. Sodann wurden die maximalen Stahlttemperaturen in Funktion der Brandlast aufgezeichnet und daraus die Versagenswahrscheinlichkeit und der Zuverlässigkeitsindex β für den Träger bestimmt. Die FORM-Analyse zeigt, dass der Gewichtungsfaktor α_i die Brandlast als hauptsächlichen Einflussparameter aufzeigt. Für einen F 60 isolierten Träger IPE 400 ergab sich ein Zuverlässigkeitsindex $\beta = 3,22$ und eine Versagenswahrscheinlichkeit $p_{f,fi} = 6,52 \cdot 10^{-4}$ und für den F 30 isolierten Träger IPE 400: $\beta = 3,16$ und $p_{f,fi} = 7,97 \cdot 10^{-4}$. Damit beträgt die Gesamtversagenshäufigkeit, ausgehend von einem brandfreien Zustand,

für das bauliche Konzept nach Brandschutzvorschriften

$$p_f = p_{\text{vollbrand}} \cdot p_{f,fi} = 0,012 \cdot 6,52 \cdot 10^{-4} = 7,82 \cdot 10^{-6}$$

und für das alternative Konzept mit Sprinkleranlage und Brandabschnittsfläche von 1600 m^2

$$p_f = p_{\text{vollbrand}} \cdot p_{f,fi} = 0,00064 \cdot 7,97 \cdot 10^{-4} = 5,10 \cdot 10^{-7}$$

Das Resultat zeigt, dass der alternative Entwurf mit reduziertem Feuerwiderstand und Sprinkleranlage eine grössere Zuverlässigkeit im Bezug auf das Tragwerksversagen aufweist, als eine F 60 Lösung ohne aktive Brandschutzmaßnahmen. Nicht berücksichtigt sind in diesem Vergleich weitere Vorteile des Sprinklerkonzeptes im Bezug auf den Personen- und Sachgüterschutz.

WEITERE BEURTEILUNGSMETHODEN

SIA Dokumentation 81 Brandrisikobewertung

Die anfangs der 60er Jahre von Max Gretener, damals Direktor des Brandverhütungsdienstes für Industrie und Gewerbe (BVD), entwickelte Berechnungsmethode, wurde 1984 stark überarbeitet und als SIA Dokumentation 81 vom SIA, dem BVD und der VKF gemeinsam herausgegeben [2]. Die Methode listet Brandgefahren und Maßnahmen in einem Gebäude auf und stellt den potenziellen Gefahren die Maßnahmen (unterteilt in Normal-, Sondermaßnahmen und bauliche Maßnahmen) gegenüber. Das Berechnungsverfahren beschreibt insbesondere im Bereich des Sachgüterschutzes das relative Brandrisiko gut, wie die Anwendung auf 70 Grossschäden über 10 Jahre deutlich zeigt (Bild 6).

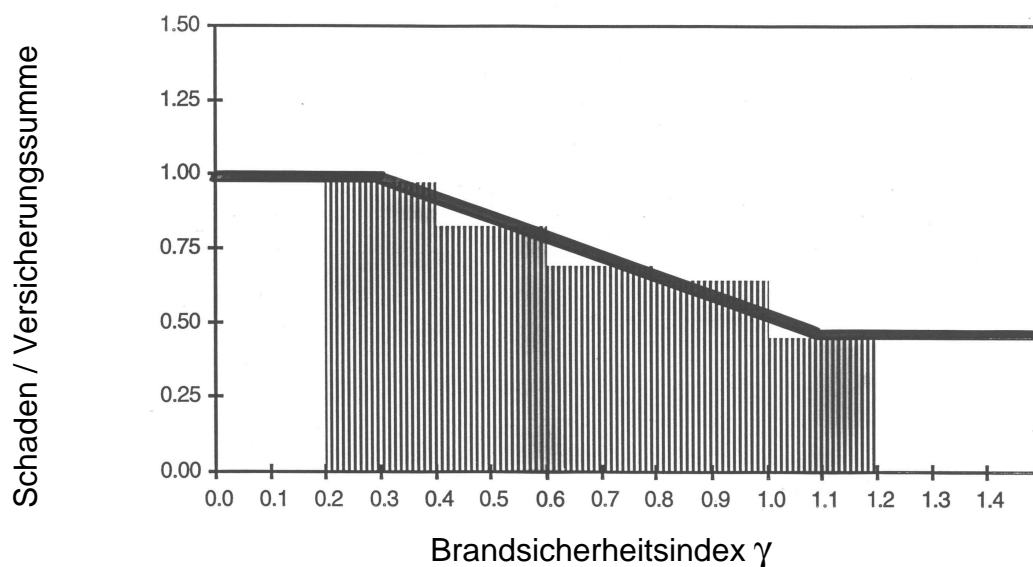


Bild 6 Vergleich von gerechneter Brandsicherheit γ und relativem Schaden für 67 Grossbrände 1986-1995. Die Methode ist ein guter Indikator für den Gebäudeschaden [2]

Fig. 6 Comparison of calculated fire safety γ and relative damage for 67 big fires 1986-1995. The method is a good indicator for the building damage [2]

Die Methode ist sehr einfach anwendbar, setzt aber auch ein grundlegendes Wissen im Brandschutz voraus, um nicht unlogische Konzepte gesund zu rechnen. Die Methode enthält zudem ein umfangreiches Verzeichnis an Brandlasten für verschiedene Nutzungen.

Durch die starke Verbreitung neuer Materialien, insbesondere von Kunststoffen, haben sich die Brandlasten in den letzten Jahren verändert. Es ist daher vorgesehen, in diesem Jahr in über 100 Betrieben und 20 unterschiedlichen Nutzungen in der Schweiz erneut die Brandlasten zu erfassen und statistisch aufzuarbeiten. Zudem soll im Sinne einer Arbeitshilfe eine vereinfachte Methode entwickelt werden, welche nur auf die Beurteilung der möglichen Brandabschnittsgröße gegenüber dem Standardkonzept infolge zusätzlich eingebauter technischer Maßnahmen zielt. Die Brandlastaufnahmen sollen im Herbst dieses Jahres erfolgen und die Methode bis Ende des nächsten Jahres erarbeitet werden.

Bayes'sche Netze

In einem weiteren Schritt soll die Brandrisikomethode dem Stand der Technik angepasst werden. Es ist vorgesehen, auf der Basis umfangreicher Parameterstudien erneut eine vereinfachte Methode, ähnlich der SIA Dokumentation 81, zu entwickeln. Dabei soll von den 3 wichtigsten Parametern den Einwirkungen (Brandgefahren), der Verletzbarkeit (Schäden) und der Robustheit (Schadensbegrenzung) ausgegangen werden. Diese Grundphilosophie wird heute auch bei Naturgefahren, wie z. B. Erdbeben, angewandt. Die quantitative Brandrisikobewertungsmethode wird auf Bayes'schen Wahrscheinlichkeitsnetzen beruhen, welche sich in den letzten Jahren zu einem sehr wirksamen Werkzeug für die Risikobewertung entwickelt haben [7, 8]. Bayes'sche Wahrscheinlichkeitsnetze berücksichtigen gleichzeitig frequentistische Informationen (Statistik) zu Versagenswahrscheinlichkeiten und subjektive Wahrscheinlichkeiten (Fachwissen, Expertenmeinung) und erlauben daher, alle vorhandenen Informationen und das Expertenwissen zu nutzen und in einem Modell abzubilden. Dabei werden neben den technischen und baulichen auch organisatorische und menschliche Aspekte berücksichtigt. Es ist vorgesehen auch deterministische Methoden zur Erarbeitung der Eingabedaten zu verwenden.

FREIE WAHL ZWISCHEN BAULICHEM KONZEPT UND SPRINKLERKONZEPT IN DER VKF-BRANDSCHUTZNORM

Die neuen Schweizerischen Brandschutzvorschriften 2003 [1] bestehen aus einer Brandschutznorm, welche die grundsätzlichen Anforderungen enthält und verschiedenen Brandschutzrichtlinien, welche einzelne Themenbereiche vertieft behandeln. Die Anforderungen an den Feuerwiderstand von tragenden und brandabschnittsbildenden Bauteilen sind in der Brandschutzrichtlinie 'Tragwerke' zusammengefasst. Kernpunkt bilden 2 Tabellen, welche die Anforderungen für rein bauliche Konzepte und für Sprinklerkonzepte wiedergeben. Sie enthalten auch eine Differenzierung in brennbare und nicht brennbare Konstruktionen. Für nicht brennbare Konstruktionen sind folgende Feuerwiderstände vorgesehen.

Tabelle 1 Anforderungen an den Feuerwiderstand von Tragwerken für Büro-, Industrie- und Parkingnutzungen mit bzw. ohne Sprinkleranlage

Tab. 1 Required fire resistance of structural systems for office buildings, industrial buildings and car parkings with and without sprinklers

Nutzung Geschosse	Büro/Industrie < 1000 MJ/m ²		Industrie > 1000 MJ/m ²		Parking Bauweise geschlossen offen		
	ohne SPA	mit SPA	ohne SPA	mit SPA	ohne SPA	mit SPA	ohne SPA
1	keine Anf.	keine Anf.	keine Anf.	keine Anf.	keine Anf.	keine Anf.	keine Anf.
2 ≤ 1200 m ²	nbb	nbb	R30	nbb	nbb	nbb	nbb
2 > 1200 m ²	R30	nbb	R60	R30	R30	nbb	nbb
4	R60	R30	R90	R60	R60	nbb	nbb
6	R60	R60	R90	R60	R60	R60	nbb
8	R60	R60	R90	R90	R60	R60	nbb

Ohne weitere Nachweise können, mit Ausnahme hoher Gebäude, die Feuerwiderstände um rund 30 Minuten reduziert werden. Diese Reduktionen sind vorsichtig angesetzt, um entsprechende Erfahrungen sammeln zu können. Auf der Basis dieser Erfahrungen und weiteren Studien sind bei zukünftigen Revisionen weitere Reduktionen denkbar.

Der Nachweis des Feuerwiderstandes erfolgt meist traditionell auf der Grundlage des ISO-Normbrandes. In Sonderfällen darf der geforderte Feuerwiderstand von Tragwerken mit Zustimmung der Brandschutzbehörde auch rechnerisch oder durch Brandversuche nachgewiesen werden. Dabei dürfen Naturbrände oder Naturbrandkurven verwendet werden. Die Parameter für Naturbrände sind aber vorgängig mit den Brandschutzbehörden festzulegen.

Auch im Bereich des Holzbaus wurden aufgrund umfangreicher Arbeiten der Lignum in einem Forschungs- und Informationsprojekt im Umfang von ca. 5 Mio € wichtige Grundlagen erarbeitet, welche zu erheblichen Erweiterungen des Anwendungsbereichs von Holzbauten geführt haben [9].

So ist es neu möglich, Holzbauten für Wohn- und Büronutzung mit bis zu sechs Geschossen zu bauen. Bis 4 Geschosse sind brennbare Oberflächen innen erlaubt, 5- und 6geschossige Gebäude müssen innen nicht brennbare Oberflä-

chen aufweisen. Der Feuerwiderstand beträgt ab 4 Geschossen F 60. Mit einer Sprinkleranlage reduziert sich der Feuerwiderstand auf F 30 bei 4 Geschossen und bei 5- und 6geschossigen Gebäuden sind brennbare Oberflächen erlaubt.

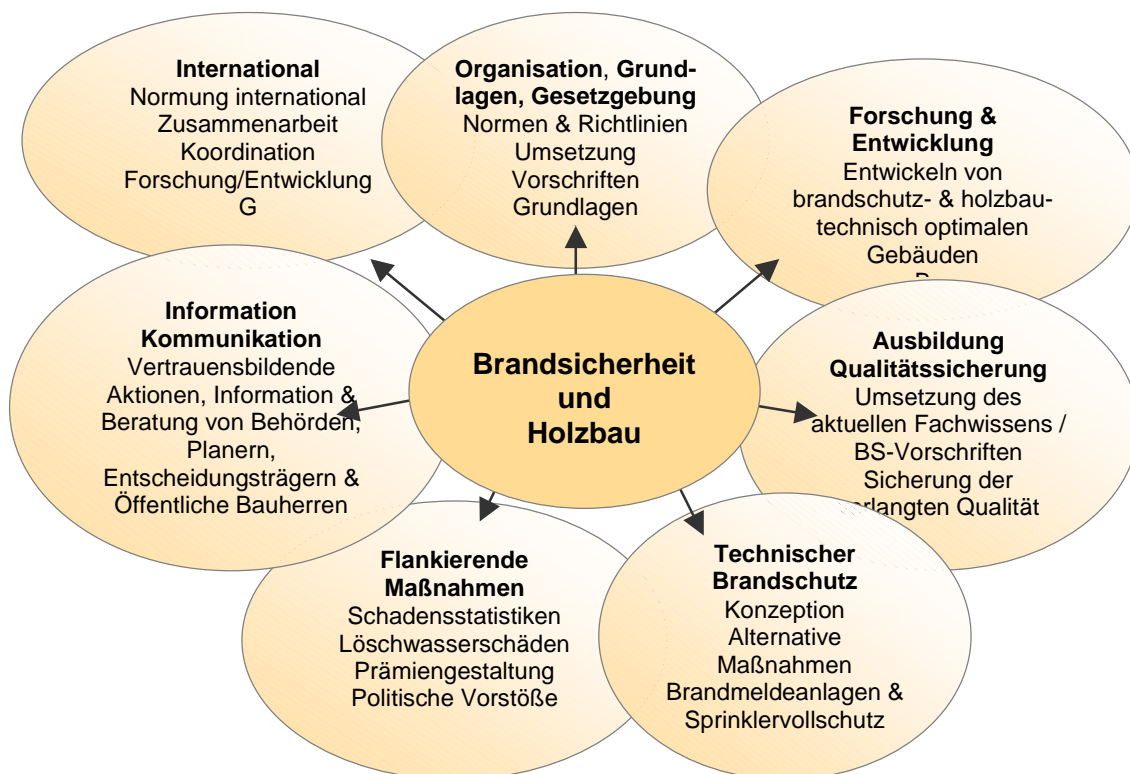


Bild 7 Forschungs- und Informationsprojekt „Brandsicherheit und Holzbau“ der Lignum und des Buwal [9] hat zu einer wesentlichen Erweiterung des Anwendungsbereiches von Holzbauten geführt

Fig. 7 Research and development project „Fire safety and timber structures“ of Lignum and Buwal [9] which has widened the range of application of timber structures essentially

LITERATUR

- [1] VKF-Brandschutznorm 2003, in Kraft gesetzt durch das Interkantonale Organ per 1.1.2005: Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bern, 2003.
- [2] SIA Dokumentation 81: Brandrisikobewertung. Berechnungsverfahren SIA/BVD/VKF, Schweizerischer Ingenieur und Architekten Verein, Zürich, 1984.
- [3] S.K.D. Coward: A Simulation Method for Estimating the Distribution of Fire Severities in Office Rooms. Note No 9/74, Fire Research Station, Borehamwood, Herts, 1974.
- [4] EN-1991: „Actions on Structures“. CEN, Brüssel, 2000.

- [5] Faber M.; Kübler O.; Fontana M.: Acceptance Criteria for the Design of High-Rise Buildings. IABSE Symposium, Shanghai, 2004.
- [6] Fontana M.; Favre J.P.; Fetz C.: A survey of 40'000 building fires in Switzerland. Fire Safety Journal, No. 32; Elsevier, Amsterdam, 1999.
- [7] Maag T.: Risikobasierte Beurteilung der Personensicherheit von Wohnbauten im Brandfall unter Verwendung von Bayes'schen Netzen. Dissertation ETH Zürich Nr. 15366; Zürich, March 2004.
- [8] Bayraktarli Y.; Faber M.H. et al.: Management of Earthquake Risks using Condition Indicators. 14th International Conference on Engineering Surveying; ETH Zurich, Zürich, 15. – 19. März 2004.
- [9] Kolb J., Wiederkehr R., Furrer B.: Neues für den Holzbau in den schweizerischen Brandschutzvorschriften, Schweizer Holzbau 2/2005, AG Verlag Hoch- und Tiefbau, ISSN 1421-7651 Zürich