

Zusammenfassung internationaler
Forschungsergebnisse zur
Erarbeitung harmonisierter
technischer
Brandschutzbestimmungen

T 1051

T 1051

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

T 1051: Zusammenfassung int. Forschungsergebnisse zur Erarbeitung harmonisierter technischer Brandschutzbestimmungen.

Prof. Dr.-Ing. habil. U. Schneider

Fachgebiet: Baustoffkunde

Leiter: Amtl. Prüfstelle für Beton

Abschlußbericht

=====

Zusammenfassung int. Forschungsergebnisse
zur Erarbeitung harmonisierter technischer
Brandschutzbestimmungen

von

Prof. Dr. - Ing. U. Schneider

Das Forschungsvorhaben wurde finanziell vom
Institut für Bautechnik, Berlin, unterstützt.

Az.: IV / I-5-317 / 82

1. Einleitung

Die in- und ausländischen Bemühungen bezüglich der Regelung baulicher Brandschutzmaßnahmen gehen dahin, solche Maßnahmen im Rahmen eines geschlossenen Sicherheitskonzeptes für den Brandschutz festzulegen. In der Bundesrepublik wurde ein solches Sicherheitskonzept erstmalig 1979 vorgestellt und diskutiert. Bei der Einbringung der darin enthaltenen Grundvoraussetzungen in die internationale Diskussion hat sich jedoch gezeigt, daß die Akzeptanz eines solchen Konzeptes von einer wesentlichen Erweiterung der bei uns bisher vertretenen Grundauffassungen abhängen wird.

Im Rahmen der CIB Arbeitsgruppe W 14 wird ein solches internationales Sicherheitskonzept unter deutscher Beteiligung erarbeitet. Die dafür aus unserer Sicht zu berücksichtigenden Berichte und zu verarbeitenden Forschungsergebnisse sind Gegenstand des durchgeführten Vorhabens. Weiterhin ist eine Zusammenstellung und Auswertung der in der Arbeitsgruppe W 14 verteilten Arbeitsunterlagen vorgesehen. Die Anwendung des Konzeptes im Rahmen der internationalen Harmonisierungsbestrebungen ist ebenfalls zu betrachten.

2. Durchgeführte Arbeiten

Auf der vorletzten Sitzung der CIB Arbeitsgruppe W14 in Athen (1980) wurde beschlossen, die vorliegenden Brandschutzkonzepte der verschiedenen Mitgliedsländer dahingehend zu überprüfen, ob die einzelnen Codes sich im Rahmen eines generellen Sicherheitskonzeptes auf vergleichbare Rahmenbedingungen abstellen lassen. Es war vorgesehen, einen sogenannten Model Code "Baulicher Brandschutz" zu erarbeiten, der Grundlage möglichst vieler Brandschutzordnungen der einzelnen Länder sein sollte. Die Arbeiten wurden mittels zweier Workshops unter der Leitung von Frau Dr.-Ing. M. Kersken-Bradley begonnen. Diese Workshops haben in Berlin und in Paris jeweils zweitägig getagt.

Im Zuge der Workshop-Arbeiten hat sich gezeigt, daß sich die vorliegenden unterschiedlichen Brandschutzkonzepte nicht ohne entsprechende Vorarbeiten zu einem allgemeinen Model Code "Baulicher Brandschutz" zusammenfassen lassen. Der Workshop ist deshalb so vorgegangen, zunächst einen State of Art Report über die vorliegenden Konzepte zu erarbeiten, so daß im Anschluß daran die Erarbeitung eines Model Codes möglich ist. Der erste Entwurf dieses Reports wurde auf der letzten CIB W14 Sitzung im Mai 82 in Den Haag erstmalig international diskutiert. Folgende wesentliche Einwendungen wurden dabei geltend gemacht:

- a) Eine statistische Bewertung von Brandereignissen (Häufigkeiten, Auftretensraten etc.) ist grundsätzlich schwierig, weil die vorliegenden Daten ggf. nicht hinreichend zuverlässig definiert sind. Allgemein wurde das Fehlen aussagefähiger statistischer Daten beklagt.

- b) Die Anwendungsgrenzen der im State of Art Report beschriebenen Verfahren sind teilweise unzureichend beschrieben.

- c) Die allgemeine Anwendbarkeit der Methode der Bestimmung der äquivalenten Branddauer wird in einigen Ländern stark bezweifelt. Vor allem wird der Mangel an fehlenden Forschungsberichten zu diesem Thema hervorgehoben.

Als ausgesprochen positiv ist zu werten, daß die CIB Arbeitsgruppe trotz dieser Einwendungen beschlossen hat, das vorliegende Dokument, nach redaktioneller Überarbeitung, als einen offiziellen CIB-Report zu veröffentlichen. Die vorzunehmenden Änderungen sind von einem int. Redaktionsausschuß unter Leitung von Frau Dr.-Ing. Kersken-Bradley nach Eingang der Änderungswünsche durchzuführen. Dem int. Redaktionsausschuß gehören weiterhin an: J.-P. Favre, O. Petterson, U. Schneider, L. Twilt, R.C. Vrouwenvelder, J. Witteveen.

Der Redaktionsausschuß hat am 27.Sept. 82 in Leiden und am 07.02.83 in Berlin getagt und alle wesentlichen Einwendungen bearbeitet. Das Dokument wird unter dem Titel "A Conceptual Approach Towards a Probability Based Design Guide on Structural Fire Safety" erscheinen. Es gliedert sich in 4 Teile:

- Allgemeine Einführung
- Allgemeine Grundlagen
- Nachweisverfahren
- Anhänge 1, 2 und 3.

In der Anlage 1 zu diesem Bericht ist der Teil 1 des Dokumentes beigelegt. Alle Teile wurden im Februar 83 in Berlin abschließend beraten und dem Verlag zur Veröffentlichung übersandt.

3. Folgerungen aus den durchgeführten Arbeiten

Im folgenden werden nur die aus bauaufsichtlicher Sicht wichtigen Ergebnisse des o.g. Dokumentes diskutiert. Eine allgemeine Diskussion ist nicht Gegenstand dieser Forschungsaufgabe.

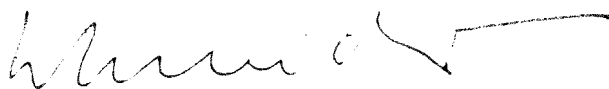
Entsprechend dem vorliegenden Erkenntnisstand kann davon ausgegangen werden, daß zukünftig brandschutztechnische Bemessungen von Bauteilen auf der Grundlage differenzierter Methoden ermöglicht werden muß, um bei konstantem Sicherheitsniveau, wirtschaftlich optimale Lösungen erarbeiten zu können. Auf der Bauteilseite sind somit neben der Bemessung von Einzelbauteilen auch größere Bauwerksausschnitte bzw. die Gesamtbauwerke zu betrachten. Dieses war bislang nur begrenzt der Fall. Regelungen über die brandschutztechnische Ausbildung von Gesamtkonstruktionen liegen bislang nicht vor.

Auf der Feuerbeanspruchungsseite wird neben der allgemein akzeptierten Normbrandbeanspruchung eine genauere Betrachtung der tatsächlichen Verhältnisse erforderlich. Zukünftige Regelungen sollten solche Beanspruchungsmodelle umfassen, die dem tatsächlichen Schadenfeuer Rechnung tragen. Die CIB Arbeiten haben ergeben, daß hierfür insbesondere zwei Modelle geeignet sind, wobei die Modelle sehr verschiedene Genauigkeits- und Schwierigkeitsgrade aufweisen. Die vereinfachte Ermittlung der äquivalenten Normbranddauer wird vor allem in Holland und Deutschland propagiert. In Schweden wird demgegenüber grundsätzlich eine komplette Wärmebilanzrechnung der Bemessung zugrundegelegt. Andere Beanspruchungsmodelle haben international praktisch keine Bedeutung erlangt. Der CIB W14 Workshop wird seine Model Code Arbeiten somit im Hinblick auf eine Verbesserung und Vereinheitlichung der Beanspruchungsmodelle ausrichten. Die ersten Entwürfe des Model

Codes werden im Mai 83 in Bern (Schweiz) diskutiert. Auf der Anlage 2 ist ein 1. Entwurf für das vereinfachte Beanspruchungsmodell angegeben. Ein Entwurf für das Wärmebilanzmodell liegt noch nicht vor (Bearbeitung: Pettersson, Schweden).

4. Zusammenfassung

Die Erstellung eines Model Codes "Baulicher Brandschutz" wird auf internationaler Ebene von der CIB Arbeitsgruppe W14 vorgenommen. Zunächst wurde ein internationales Dokument über die Berechnung baulicher Brandschutzmaßnahmen auf der Grundlage probabilistischer Methoden erstellt. Dieses Dokument ist Grundlage des zu erarbeitenden Model Codes. Um Überschneidungen mit anderen internationalen Organisationen (CEB, CIB, EKS) zu vermeiden, wird der Model Code insbesondere die Beanspruchungsseite im Brandgeschehen umfassen. Als praktisch relevante Methoden haben sich die Methode der Bestimmung der äquivalenten Branddauer und die Wärmebilanzmethode erwiesen. Aus bauaufsichtlicher Sicht sind beide Methoden von grundsätzlicher Bedeutung, weil sie einen optimalen Brandschutz bei vergleichbarem Sicherheitsniveau ermöglichen, woraus sich für bestimmte Bereiche deutliche wirtschaftliche Vorteile ableiten lassen.



(Prof. Dr.-Ing. habil. Schneider)

Kassel, den 24.02.1983

A Conceptual Approach Towards
a Probability Based Design Guide
on Structural Fire Safety

Workshop Report

Preface

This report has been prepared on behalf of the Fire Commission of the Conseil International du Bâtiment (CIB W14). The intention was to compile the state of the art of reliability based structural fire design for basically two purposes

1. to investigate the possibilities of preparing design recommendations for structural fire protection,
2. to focus future research and development.

Hence, the report is primarily concerned with a design concept rather than with final operational solutions. This implies that the document does not cover all aspects relevant to practical design and that the numerical values given are only considered as examples. Apart from these limitations in terms of application it should be noted that this publication is the result of a joint study only within a workshop entrusted with this task and, thus, may reflect personal views in various details.

The issue of possibly preparing design recommendations arose, because some countries, e.g. Sweden and Germany, have already issued Model Codes for structural fire protection in terms of an engineering design and various countries will commence activities in the near future. At the same time, material-related recommendations, e.g. by the ECCS or FIP/CEB, are still at a stage allowing adaptation to a common design concept. Hence, preparing recommendations on common design rules in close cooperation with countries and technical organizations concerned, may substantially promote a gradual harmonization in this field.

Publication of this report is with the authority of CIB W14. It is intended to draw the attention of a broader audience of code authorities, fire brigades, insurance agencies, researchers and practical engineers to the concept and methods outlined and to stimulate discussion on its possibilities and limitations. In particular, responses from these experts in the various fields of fire engineering are solicited with respect to preparing specific recommendations in terms of a Design Guide (Model Code) on the basis of this report.

Within a workshop of CIB W14 the following experts were involved in the preparation of this report by active contributions as well as critical reviews:

Dr. M. KERSKEN- BRADLEY (Chairman), Institut für Bautechnik, Berlin)	
Prof. O. PETERSSON, Lund Institute of Technology, Lund/S)	
Prof. U. SCHNEIDER, Gesamthochschule Kassel, Kassel/FRG)	Editorial
Mr. L. TWILT, Institute TNO, Delft/NL)	Group
Mr. T. VROUWENVELDER, Institute TNO, Delft/NL)	
Prof. J. WITTEVEEN, Institute TNO, Delft/NL)	
Mr. V. BECK, Experimental Building Station, Chatswood/AUS	
Mr. D. CLUZEL, UTI, St. Remy-les Chevreux/F	
Dr. R. DOBBERNACK, Technical University, Braunschweig/FRG	
Prof. J. P. FAVRE, Service de Prévention d'Incendie, Neuchâtel/CH	
Prof. J. FERRY BORGES, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisbon/P	
Mr. D. GROSS, National Bureau of Standards, Washington/USA	
Dr. T. HARMATHY, National Research Council, Ottawa/CDN	
Dr. V. HENKE, Technical University, Braunschweig/FRG	
Prof. K. KAWAGOE, Technical University, Tokyo/J	
Mr. J. J. KEOUGH, Experimental Building Station, Chatswood/AUS	
Prof. Dr. K. KORDINA, Technical University, Braunschweig/FRG	
Mrs. L. KRAMPF, Technical University, Braunschweig/FRG	
Dr. J. KRUPPA, CTICM, Puteaux/F	
Mrs. M. LAW, Ove Arup & Partners, London/UK	
Dr. T. T. LIE, National Research Council Canada, Ottawa/CDN	
Dr. P. MÄKELÄINEN, Helsinki University of Technology, Espoo/SF	
Mr. H. MALHOTRA, Building Research Establishment, Hertfordshire/UK	
Mr. G. MATHEZ, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Marne-la-Vallée/F	
Prof. R. MINNE, Rijks Universiteit, Gent/B	
Mr. F. G. OLESEN, Institute of Building Technology, Aalborg/DK	
Mr. E. PEDERSEN, The Danish Fire Protection Association, Rødovre/DK	
Prof. D. J. RASBASH, University of Edinburgh, Edinburgh/UK	
Mr. E. SCHAFFER, US Forest Products Laboratory, Madison/USA	
Dr. G. THIELEN, Comité Euro-International du Béton, Paris/F	
Dr. P.H. THOMAS, Building Research Establishment, Hertfordshire/UK	
Prof. E. J. THRANE, Norsk Verstedindustri, Oslo/N	
Dr. P. VANDELDE, Rijks Universiteit, Gent/B	

.../

entfällt

Contents

1. General Introduction
- 1.1 Background
- 1.2 Need for Improved Requirements
- 1.3 Heat Exposure Models - Structural Models
- 1.4 Uncertainties, Frequencies, and Safety Considerations

PART A: GENERAL PRINCIPLES

2. Scope
3. Objectives
- .
- .
- .

PART B: METHODS OF VERIFICATION

- 7.
- .
- .
- .

Appendix 1:

Appendix 2: Statistical Assessment of Test Results

Appendix 3: Simple Fault Tree for Multiple Fatality Disasters

1. General Introduction

1.1 Background

The generally accepted method for the design of load bearing structural elements exposed to fire is based on a classification system. The vast majority of national building codes refers to a design procedure comprising two main components (see fig. 1):

- a standard fire exposure according to ISO 834¹⁾ - given as a fixed gas temperature time curve - with a required time of fire duration, stipulated in building regulations and codes for the structural application in question - usually expressed in multiples of 30 minutes,
- a standard fire resistance test according to ISO 834¹⁾ by which the fire resistance time of the structural element in question is determined experimentally - usually classified in multiples of 30 minutes.

If the structural element has a fire resistance which meets the required time of fire duration, adequacy of the design is presumed.

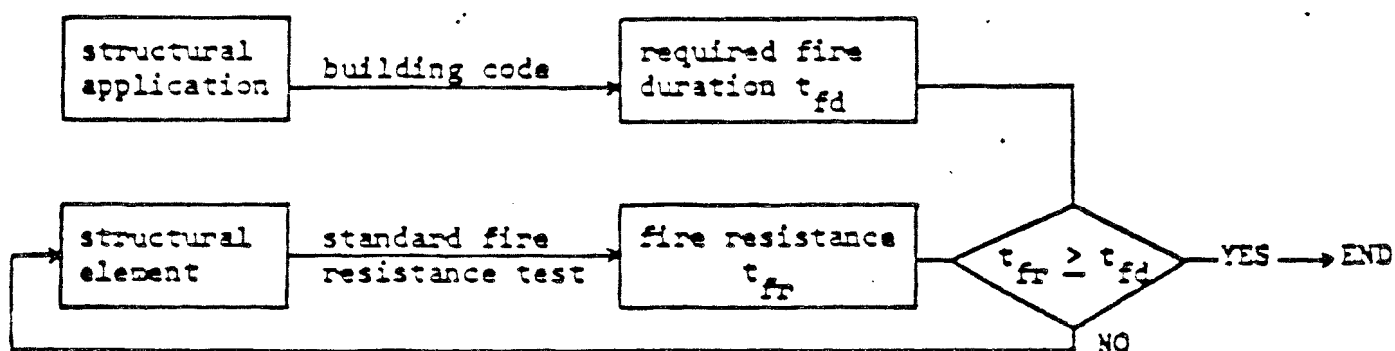


Fig. 1. Fire engineering design based on a classification system related to the standard fire resistance test.

¹⁾ or its national variant

Although widely employed, this classification system has serious deficiencies:

- The standard fire exposure according to ISO 834¹⁾ with a required duration is applied without explicitly allowing for the actual fire exposure to be expected. E.g. fire load, ventilation, and thermal properties of the enclosure which significantly influence the gas-temperature time curve are not clearly considered.
- Moreover, the required fire duration (t_{fd}) is generally related to safety considerations relevant to broad classes of buildings, thus, intermingling physical aspects and safety considerations inextricably. Consequently, building regulations provide no guidance as to the safety levels they imply and, thus, provide no guidance in situations differing from the average situations covered by the regulation.
- Although the standard fire resistance test according to ISO 834¹⁾ can be considered as one of the best fire test methods, it is deficient in various respects. Repeated tests in the same furnace and even more so in different furnaces may render significantly different results, due to insufficiently controllable or insufficiently specified testing conditions (e.g. heat flow characteristics, test load, restraint conditions). Eventually, rough idealization of the actual conditions in the structure are forced by the dimensions of the furnace and limited testing facilities. It is recognized that exclusive reference to test results may be sufficient for the purpose of grading structural members, but gives inadequate information on the actual response of a complete structure in a fire.

At a time, when engineering knowledge gave only limited information on the actual fire exposure and structural response to be expected, this traditional classification system was the only procedure possible. Since then, however, knowledge in the field of fire design has increased to a state comparable to other fields of normal structural design. Hence, a fair amount of information is available on the dependency of the gas-temperature time curve on the fire load and various characteristics of the fire compartment. Likewise, considerable

.../

progress has been made in developing analytical methods for the interpretation of test results and extrapolation to "similar" cases; for various applications analytical methods are developed to an operational level, allowing analytical determination of the fire resistance - or more general: the structural response - of individual structural members, sub-assemblies and, eventually, of complete structures.

Admittedly, the traditional classification system is convenient and may provide a reasonable design for types of structures and types of occupancies, the risk of which is well-experienced. But the design becomes questionable in cases where the heat exposure and/or the structural response as well as the associated uncertainties may considerably affect the fire risk, in turn affecting safety or economy.

Safety or economy may be even more affected if conditions governing the frequency of fire or the exposure of a structure to a severe fire differ from average conditions and are not adequately accounted for. These aspects can be dealt with in the frame work of probability based design concepts, which have become widely accepted in the field of structural design including design for accidental hazards such as earthquake, tornado, impact, etc. In conjunction with improved models these concepts introduce the possibility of dealing with fire - as a man-made accidental hazard - in a similar way.

1.2 Need for Improved Requirements

Problems associated with the attempt to utilize the improved knowledge in fire engineering design arise from the division of responsibility for structural fire protection. Traditionally, the building authorities determine requirements for fire duration, compartmentation, etc., and the designer is responsible for compliance. Within the traditional classification system, the designer is concerned only with choosing structural members of the required grade.

.../

On the other hand, advanced design procedures are based on well-defined limit states. Hence, the designer is concerned with

- the identification of the relevant limit states, and
- the verification that the design is adequate to avoid these limit states.

The latter comprises appropriate modelling of the heat exposure and of the structural response under defined loading conditions. Models have been improved so far to be applicable to the majority of design situations (see section 1.3). Identification of limit states, however, calls for functional requirements of the expected performance of the structure or parts thereof, such as

"Structures should adequately sustain all actions²⁾ expected to occur

- . during ... minutes of fire exposure or
- . throughout the entire heating phase or
- . throughout the entire fire exposure including the cooling-down phase".

Such requirements - comparable to requirements referring to normal design situations - are a prerequisite for using the improved engineering knowledge. They differ substantially from the traditional requirements which explicitly refer to structural members of a particular grade. Of course, a possible way of providing compliance with the aforementioned requirement could be by simply choosing members of a particular grade - but this is not the only way.

As a result, practical application of improved engineering knowledge calls for a clearer statement of requirements - which is in the responsibility of the public authorities. Hence, progress relies on the broad cooperation among all concerned.

²⁾ temperature, loads, imposed deformations

1.3 Heat Exposure Models - Structural Models

An advanced structural fire design is thus concerned with ensuring that the structure or structural member will adequately meet certain functional requirements. These are expressed in terms of limit states with respect to the

- load bearing capacity
- thermal insulation
- integrity during fire exposure

and verification calls for an appropriate

- heat exposure model (H), for the determination of the rise of temperature³⁾ as a function of time, and a
- structural response model (S), for the determination of the heat transfer to and within the structure and the ultimate bearing capacity of the structure - which may be experimental or analytical.

Basically, three types of heat exposure models may be identified

- corresponding to a sequence of improved modelling, but consequently, also to an increased complexity in practical application (see fig. 2):

- (H1) A rise of temperature versus time according to ISO 834¹⁾, the duration of which is equal to the "required time of fire duration" expressed in building regulations and codes for the particular use of the building or fire compartment.
- (H2) A rise of temperature versus time according to ISO 834¹⁾, the duration of which is approximated on the basis of the combustion and thermal conditions expected to prevail in the particular fire compartment.
- (H3) A rise of temperature versus time expected in a compartment fire, directly related to the combustion and thermal conditions expected to prevail in the particular fire compartment.

³⁾ or some other appropriate characteristics, e.g. heat flux
.../

Likewise, three types of structural response models can be distinguished:

- (S1) The structure is considered as a number of individual structural members with simplified support and restraint conditions - the model can either be experimental or analytical.
- (S2) The structure is considered as a number of sub-assemblies - analytical models prevail.
- (S3) The structure is analyzed as a whole assuming fire exposure throughout the structure or only within an individual compartment.

Thus (according to fig.2), various combinations of heat exposure and structural response models are conceivable. The combination (H1 - S1) corresponds to the traditional classification procedure, the deficiencies of which have already been outlined in section 1.1. The combination (H3 - S3) may meet scientific striving for accuracy. Combinations (H2 - ...) provide the basis for an improved classification system, assessing fire compartments more closely with respect to the real thermal conditions (for safety considerations, see section 1.4). Some considerations for the choice of models are as follows:

- preparedness of national building authorities to recognize structural fire design as part of the normal structural design procedure,
- establishing a sensible relation between the accuracy of the heat exposure model and the structural model, thus, questioning combinations H1 - S3 and H3 - S1 (apart from exceptional cases),
- the functional requirement (e.g. consideration of the cooling-down phase can only be by H3-models),
- the sensitivity of the structure to the temperature history not accounted for by H1- and H2-models,

- consideration of the fact that in a structural fire engineering design, the standard fire resistance tests will still be used for many years to come, especially, for assessing thermal insulation and integrity. The advantage of dealing with the load bearing capacity, thermal insulation and fire integrity, by presumably the same approach, promotes H2-models,
- establishing a sensible balance between the degree of accuracy desired and and the calculational effort acceptable.

From this incomplete list of criteria it can be seen that there are strong arguments for replacing H1-models in favour of either (H2 - ...) or (H3 - ...) model combinations at least as concerns certain classes of buildings. The final choice may depend on national preference, the simplicity of application and the particular design situation.

1.4 Uncertainties, Frequencies, and Safety Considerations

Prediction of the behaviour of a structure in any situation - normal or accidental - is associated with uncertainties. The prediction models themselves exhibit uncertainties as a result of the schematization (model uncertainties); the influence variables accounted for in the models exhibit uncertainties with respect to their numerical values attained in the individual case (stochastic variables).

The only consistent method available for dealing with these uncertainties is a probability based design which specifies safety factors, the value of these depending on the effect of these uncertainties and on the desired degree of structural reliability.

The degree of structural reliability reflects the acceptable risk associated with the attainment of limit states referring to the load bearing capacity, thermal insulation and integrity. The acceptable risk, in turn, is governed by

- the assessment of frequency concerned with probability of fire occurrence and the possible development of fires to severe fires
 - depending on the effect of other than structural measures in the overall fire protection system such as the installation of sprinklers, fire brigade action, compartmentation,

- safety considerations concerned with the consequences of a structural failure - depending on the occupancy and importance of the building, its height and volume, etc.

As pointed out in section 1.1, all these aspects are intermingled inextricably with physical aspects in the traditional classification procedure, offering no explicit rational criteria for an appraisal of structural measures in the context of the overall fire protection system.

The conceptual approach outlined in the report is, thus, devoted to an advanced structural fire design comprising

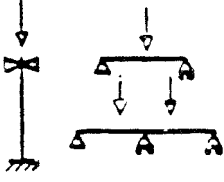
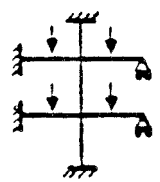
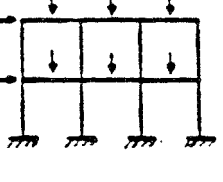
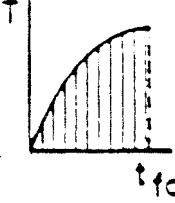
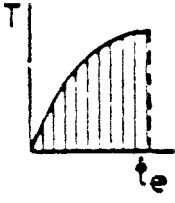
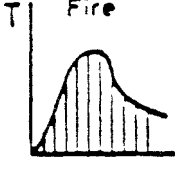
- improved prediction models for the heat exposure and structural response with a discussion of their limitations,
- a treatment of prediction uncertainties,
- consideration of the conditions and organizational measures influencing the probability of occurrence of severe fires and some discussion on data sources

based on clearly defined functional requirements and safety considerations.

Eventually, by considering the interaction between structural and organizational measures, a rational framework for decisions on accepting a certain equivalency of measures (trade-off) is established. Of course, this equivalency is mainly launched by types of material and constructions for which structural fire requirements often impose excessive rise in project costs - hence it is often regarded as an unfair challenge to established patterns of competition. A strong argument in the debate on equivalency is the uncertainty in the long-term effectiveness of organizational measures as factory fire brigades, extinguishing systems, venting devices, etc. Definitely, allowance must be made for this uncertainty; but if in the long run, acceptance of trade-off promotes fire prevention as well as fire and smoke control at an early stage, society may benefit by a considerable decrease in the national fire costs.

.../

Methods of Structural Fire Engineering Design

Structural Model Heat Exposure Model		S_1	S_2	S_3
		Elements	Sub-assembly	Structures
				
H_1	<p>ISO - 834</p> 	test or calculation	calculation occasional test	difference in schematization becomes too large
H_2	<p>ISO - 834</p> 	test or calculation	calculation occasional test	calculation unpractical
H_3	<p>compartment Fire</p> 	calculation occasional	calculation	calculation occasional and for research

t_d = required time of fire duration
 t_e = equivalent time of fire exposure

Figure 2. Matrix of heat exposure and structural models in sequence of improved schematization

Model Code Teil 2

=====

1. Zweck

Der Code dient der Ermittlung der rechnerisch erforderlichen Feuerwiderstandsdauer der Bauteile von bestimmten Gebäuden innerhalb eines Brandabschnittes. Die brandschutztechnische Bemessung beruht auf dem Nachweis ausreichender Brandsicherheit für den Fall eines vollentwickelten Brandes. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die der Feuerwiderstandsklasse gemäß ISO DISC 834 gleich oder größer ist als die rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer.

2. Anwendungsbereich

Der Code kann für definierte Gebäude oder Teile davon angewendet werden. Die in dem Code verwendeten Sicherheitsfaktoren sind auf den jeweils angegebenen Gebäudetyp bezogen.

Der Code kann nur angewendet werden, wenn die Brandlast im Gebäude und die mittlere Auftretensrate von Bränden im Rahmen der üblichen Sicherheitsbetrachtungen festlegbar sind.

Der Code setzt allgemeine Brandschutzmaßnahmen zur Verhütung und Bekämpfung von Bränden voraus (öffentliche Feuerwehr, Löschwasserversorgung), wobei die Brandabschnittsgrößen entsprechend den vorliegenden Bedingungen zu begrenzen sind.

3. Angaben für den Nachweis

- Gebäudeart, -nutzung und -abmessungen,
- Anzahl der Brandabschnitte und Geschosse,
- Art und Menge der beweglichen und festen Brandbelastung,
- Gebäudeventilation und Baustoffe,
- Brandbekämpfungseinrichtungen (Lösch- und Meldeanlagen),
- Feuerwehr- und Löschwasserversorgung.

4. Rechnerischer Nachweis

4.1 Berechnung der äquivalenten Branddauer

In dem betrachteten Brandabschnitt wird aufgrund der Brandbelastung, der Ventilationsbedingungen, der Abbrandbedingungen und der Baukonstruktion die äquivalente Branddauer berechnet:

$$t_e = c \cdot w \cdot q \quad [\text{min}]$$

Die Brandbelastung q in kWh/m² wird aus den nicht geschützten Stoffen im Brandabschnitt berechnet

$$q = \frac{\sum M_i \cdot H_{ui} \cdot m_i}{A} \quad [\text{kWh/m}^2]$$

M_i : Masse der brennbaren Stoffe in kg.

H_{ui} : Heizwert der brennbaren Stoffe in kWh/kg.

m_i : Abbrandfaktor der brennbaren Stoffe. Er ist im Einzelfall zu bestimmen (Normalfall: $m = 0.7$).

A : Grundfläche des betrachteten Brandabschnitts.

Geschützte brennbare Stoffe, z.B. in Behältern, oder Anhäufungen von brennbaren Stoffen in bestimmten Bereichen sind ggf. gesondert zu betrachten.

Es wird empfohlen, die Brandbelastung im Einzelfall zu ermitteln oder die 90%-Fraktile der für die Gebäudeart typischen Brandbelastung in die Berechnung einzuführen.

Der Ventilationsfaktor w ist entsprechend den im Brandfall zu erwartenden Bedingungen festzulegen. Für den Normalfall soll das Niveau so angelegt werden, daß $w = 1.0$ ist. Es wird empfohlen, die Werte in Abhängigkeit von den Fenster- und Dachöffnungen zu tabellieren. Der Umrechnungsfaktor c in $\text{min}/(\text{kWh}/\text{m}^2)$ berücksichtigt die Wärmeeindringung in die Konstruktion (Normalfall: $c = 0.2$ bis 0.3). Es wird empfohlen, die Werte in Abhängigkeit von der Wärmeeindringzahl zu tabellieren.

4.2 Bestimmung der rechnerischen Feuerwiderstandsdauer

Die erforderliche Feuerwiderstandsdauer ergibt sich durch Multiplikation der äquivalenten Branddauer mit Sicherheitsbeiwerten

$$\text{erf } t_f = t_e \cdot \gamma_e \cdot \gamma_s \quad [\text{min}]$$

Die Sicherheitsbeiwerte berücksichtigen die unterschiedlichen Sicherheitsanforderungen an die einzelnen Bauteile für die jeweiligen Gebäudearten γ_e und die Brandbekämpfungsmöglichkeiten entsprechend des vorgesehenen Aufwandes an Löschanlagen γ_s .

Für die Bauteile sind drei Sicherheitsklassen Sc_f vorzusehen:

- Sc_f 3 : hohe Anforderungen
(z.B. Stützen, Wände, Decken)
- Sc_f 2 : mittlere Anforderungen
(nichttragende Wände, Feuerschutzanschlüsse)
- Sc_f 3 : niedrige Anforderungen
(Brüstungen, untergeordnete Bauteile)

Entsprechend den Sicherheitsklassen Sc_f sind in Abhängigkeit von der Brandabschnittsfläche A die Sicherheitsbeiwerte γ_e festzulegen. Grundlage sind die im Grundlagenpapier des CIB W14 erarbeiteten Berechnungsformeln /1/. Es wird empfohlen, zwischen ein- und mehrgeschossigen Gebäuden zu unterscheiden. Im folgenden ist als Beispiel ein Auszug aus einer Tabelle angegeben, die in der Bundesrepublik Deutschland für mehrgeschossige Industriegebäude zur Anwendung kommt.

Tabelle 1: Beispiel für Sicherheitsbeiwerte γ_e für mehrgeschossige Industriegebäude /2/

A m ²	Sicherheitsklassen		
	Sc_f 3	Sc_f 2	Sc_f 1
≤ 1.600	1.3	1.0	0.6
≤ 5.000	1.6	1.25	0.95
≤ 10.000	1.8	1.45	1.15
≤ 20.000	2.0	1.65	1.35

Entsprechend des vorgesehenen Löschaufwandes sind die Sicherheitsbeiwerte γ_s festzulegen. Dazu ist entsprechend den im Grundlagenpapier des CIB W14 /1/ erarbeiteten Richtlinien vorzugehen. Bei normaler Brandbekämpfungsmöglichkeit ist $\gamma_s = 1.0$. Sofern eine automatische Sprinklerung vorgesehen ist, kann γ_s entsprechend der vorliegenden Ausfallwahrscheinlichkeit der Anlage < 1.0 angenommen werden, z.B. Ausfallwahrscheinlichkeit $10^{-2} \rightarrow \gamma_s = 0.6$.

Bei besonders guten Brandbekämpfungsmöglichkeiten, z.B. bei Vorhandensein einer Werkfeuerwehr, kann γ_s entsprechend des zu erwartenden Löscherfolges < 1.0 angenommen werden.

4.3 Ermittlung der Feuerwiderstandsklasse

Die im nationalen Bereich angewendeten Prüfbedingungen sind dahingehend zu überprüfen, ob sie mit dem in Abschnitt 4.1 eingeführten Wärmebeanspruchungsmodell im Rahmen der im Sicherheitskonzept /1/ berücksichtigten Streuungen und Modelleinflüsse korrespondieren.

Die rechnerisch ermittelte Feuerwiderstandsdauer t_f ist im allgemeinen direkt den Nennfeuerwiderstandsklassen z.B. gemäß ISO DISC 834 zuzuordnen. Entsprechend den nationalen Klassifizierungssystemen ist z.B. folgende Einstufung möglich.

15	<	t_f	≤	30 min	→	F 30
30	<	t_f	≤	60 min	→	F 60
60	<	t_f	≤	90 min	→	F 90
90	<	t_f	≤	120 min	→	F 120
120	<	t_f	≤	150 min	→	F 150
150	<	t_f	≤	180 min	→	F 180