

Die optimale Sicherheit oder das akzeptable Risiko bei Bränden in Gebäuden

Autor(en): **Bamert, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **11 (1980)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-11394>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

X**Die optimale Sicherheit oder das akzeptable Risiko bei Bränden in Gebäuden**

Optimum Safety or Acceptable Risk in Case of Fire in Buildings

Sécurité optimale ou risque acceptable en cas d'incendie dans des bâtiments

E. BAMERT

Dr. sc. techn. dipl. Bauing.

Brand-Verhütungs-Dienst

Zürich, Schweiz

ZUSAMMENFASSUNG

Bauwerke können und müssen Personen und Sachwerten im Brandfalle eine optimale Sicherheit bieten. Dies gilt namentlich für Objekte, die der Öffentlichkeit zugänglich sind, wie Hotels, Versammlungsstätten, Warenhäuser usw. Wirksame und wirtschaftlich tragbare Lösungen von Brandschutzproblemen lassen sich in der Regel nur mit Schutzkonzepten verwirklichen, die auf klaren Vorstellungen über die Schutzziele für Personen und Sachen beruhen. Ein geeignetes Arbeitsmodell für die Beurteilung der Brandgefährdung und der Ableitung von Schutzzielen und Schutzkonzepten wird erläutert.

SUMMARY

Buildings must and can be constructed in such a manner as to offer an optimum of safety to persons and property. This becomes especially important for buildings accessible to the general public such as hotels, meeting-places, department stores, etc. As a rule, effective and economically acceptable solutions of fire protection problems can only be obtained by concepts based on clear objectives of personal and property protection. A tested method for assessing fire risk and quantifying them with reference to a defined acceptable risk is described.

RESUME

Les bâtiments peuvent et doivent offrir une sécurité optimale aux personnes et aux biens, et cela même en cas d'incendie. Pour les immeubles largement ouverts au public, tels qu'hôtels, salles de réunion, grands magasins etc., cette exigence devient d'une importance primordiale. Des solutions efficaces et économiques ne peuvent en générale être réalisées qu'au moyen d'une méthode basée sur les objectifs de protection pour les personnes et les biens. Un modèle éprouvé pour juger le risque d'incendie et déterminer les mesures de protection est présenté.



1. EINLEITUNG

Personen und Sachwerte in Gebäuden lassen sich gegen die Folgen eines Brandes durch verschiedenartige und verschieden aufwendige Massnahmen schützen. Nach welchen Kriterien werden diese ausgewählt und festgelegt?

Nach der üblichen Vorgehensweise beschafft sich der mit der Planung eines Bauwerkes beauftragte Architekt oder Ingenieur die geltenden Vorschriften und Weisungen der zuständigen Brandschutz-Behörden. Diesbezügliche bauaufsichtliche Forderungen werden aber oft nur mangelhaft verwirklicht, weil entweder das Verständnis für die Notwendigkeit der zu Recht geforderten Schutzmassnahmen fehlt, oder aber die Zweckmässigkeit einzelner Forderungen – manchmal berechtigt – bezweifelt wird. Die Folgen sind Aerger, unerwartete Störfaktoren und Zusatzkosten. Bei diesem Vorgehen bleibt wohl immer eine beträchtliche Unsicherheit bestehen, wie weit das Gebäude den sich darin befindlichen Personen und Sachen im Brandfall Schutz bietet und ob dieses Gebäude – falls es z.B. der Oeffentlichkeit zugänglich ist – die Qualifikation brandsicheres Objekt verdient.

Ein alternatives Verfahren besteht darin, das Ereignis Brand als Gefahr und somit als Lastfall rechtzeitig der Planung und Bemessung eines Bauwerks zu Grunde zu legen. Dies erfordert selbstverständlich Sachkundigkeit, namentlich was die Wahl der massgebenden Gefährdungsbilder, die Definition der Schutzziele und die Auswahl wirksamer und angemessener Schutzkonzepte anbetrifft.

Diese Denk- und Arbeitsweise drängt sich heute insbesondere bei Objekten mit grossen Personen- und Sachwertrisiken auf. Sie wird künftig wahrscheinlich in vermehrtem Masse von Behörden und Feuerversicherern anerkannt oder gar gefordert werden. Dadurch lassen sich die Einzelvorschriften zu Konzepten mit bekanntem Schutzwert kombinieren und sich zudem allfällige widersprechende Forderungen erkennen und eliminieren. Auf das offensichtlich Vorteile versprechende Arbeitsmodell: "Analyse der Gefährdung, Wahl des Schutzkonzeptes nach Zielvorstellungen" soll nachstehend eingegangen werden. Dabei werden auch die Begriffe Gefährdung, Risiko und Sicherheit für die Lastfälle Brand und Explosionen kurz beschrieben.

2. RISIKOANALYSE, EIN ARBEITSMODELL

Die systematische Bearbeitung der Brandschutzprobleme für ein Bauvorhaben umfasst eine Reihe von Aufgaben. Diese rechtzeitig auszuführen und zeitgerecht in die Planung und Erstellung eines Bauwerks einzufügen, ist Voraussetzung, um ein gefordertes Sicherheitsniveau in optimaler Weise zu erreichen.

Brandrisiken mit einer hohen Schadenerwartung sind durch geeignete Schutzmassnahmen in Risiken mit einer verminderten, tragbaren Schadenerwartung zu verwandeln. Das folgende, bewährte Arbeitsmodell führt fast "zwangsläufig" zu wirksamen und angemessenen Schutzkonzepten:

Phase	Arbeit	Ergebnis
1	Gefahren erkennen	Gefahrenplan
2	Gefährdung und Risiko beurteilen quantifizieren und mit akzeptablem Risiko vergleichen	Ist-Zustand, - Gefährdungsbild - Brandproblem
3	Sicherheitsziele formulieren Schutzkonzepte planen optimales Brandschutzkonzept festlegen	Soll-Zustand - mögliche Lösungen - wirksamste und wirtschaftlichste Lösung

3. BRANDGEFAHREN

Ein Schadenfeuer in einem Gebäude wird verhältnismässig geringe Folgen haben, falls es gelingt, den Brand zu lokalisieren und die Ausbreitung der gefährlichen Brandprodukte Hitze, Rauch sowie der toxischen und korrosiven Zersetzungsprodukte zu unterbinden. Zu folgenschweren Ergebnissen führen Brände, die sich ausweiten - von einem Raum auf ein Geschoss, auf mehrere Geschosse und auf ein ganzes Gebäude - und damit in erheblichem Masse Personen und Werte gefährden.

Brände entstehen nicht von selbst. Sie werden verursacht durch Unvorsichtigkeit, fahrlässiges Handeln oder gar Böswilligkeit des Menschen, durch das Versagen technischer Einrichtungen oder durch Umweltgefahren. Leider lassen sich durch alle Vorbeugungsmassnahmen diese Gefahren nie vollständig ausschalten.

Deshalb sind Massnahmen erforderlich, die wirksam Brände zu lokalisieren vermögen, und die den Löschkraften gute Voraussetzungen für die Brandbekämpfung und die Rettung bieten. Zur Brandausbreitungsgefahr tragen nebst dem Gebäudeinhalt (Stoffe, Waren, Einrichtungen) das Gebäude selbst, seine Bauart und die an ihm verwendeten Baustoffe bei.

3.1 Gefahren durch den Gebäudeinhalt

Einige wesentliche Gefahrenfaktoren, mit denen sich die Gefahrenschwerpunkte eines Gebäudeinhaltes zahlenmässig festhalten lassen, sind: Die Brandbelastung in MJ/m² oder kWh/2 (pro Einheit der Bodenfläche gespeicherte Wärmeenergie, die im Brandfall maximal theoretisch freigesetzt werden kann), die Brennbarkeit (Entzündbarkeit und Abbrandgeschwindigkeit), die Qualmgefahr (durch einige in der Hitze dichten Qualm bildende Kunststoffe), die Korrosionsgefahr durch die Anwesenheit von Materialien, die bei Hitzeeinwirkung grosse Mengen korrosiver Gase und Dämpfe abgeben, und die Toxizität durch Stoffe und Waren, die unter Brandeinwirkung giftige oder erstickende Gase und Dämpfe entwickeln oder als starke Gifte anzusprechen sind.

3.2 Gefahren des Gebäudes

Ein Gebäude dient als Schutzmassnahme gegen die Auswirkungen von Rauch und Hitze für die sich im Brandobjekt befindlichen Personen und Güter, sofern bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind (Brandabschnitte, Brandzellen, Feuerwiderstand der Tragkonstruktion, abgetrennte Flucht- und Löschangriffswege).

Das Gebäude trägt auch wesentlich zur Brandgefahr bei, weil die Decken und Umfassungswände von Räumen, Geschossen und Gebäuden die Brandprodukte, wie Hitze, Rauch, Feuchtigkeit, korrosive und toxische Gase und Dämpfe einschliessen. Der entstehende Wärmestau lässt die Raumtemperatur mehr oder weniger rasch ansteigen. Der Wärmestau ist wesentliche Ursache für die oft sehr rasch einsetzende Brandausbreitung (Feuersprung, Flash-over Bedingungen).

Weitere Brandgefahren ergeben sich durch die Bauweise eines Gebäudes: Ein brennbarer Innenausbau begünstigt die schnelle Brandentwicklung in einem Raum, brennbare Wand- und Deckenkonstruktionen erleichtern bei fehlenden Unterteilungen die Brandausdehnung auf ein ganzes Gebäude.

Eine Zusammenstellung von gebäudebedingten Gefahrenfaktoren enthält [1]. Im weiteren orientieren Fachpublikationen regelmässig über die an Brandobjekten festgestellten baulichen Mängel.



4. BRANDGEFAEHRDUNG - BRANDRISIKO

4.1 Brandgefährdung

Die vorher dargestellten "potentiellen Gefahren" bedrohen oder gefährden die im Gefahrenbereich sich befindlichen Personen und Sachen. Ein Zusammenwirken mehrerer Gefahrenfaktoren erhöht die Gefährdung; geeignete, gegen die erkannten Gefahren getroffene Schutzmassnahmen verringern sie. Deshalb ist es naheliegend, den Begriff der Brandgefährdung wie folgt zu definieren:

$$\text{Brangefährdung} = \frac{\text{potentielle Gefahren}}{\text{Schutzmassnahmen}} \quad \text{oder} \quad B = \frac{P}{M} \quad (1)$$

Die derart definierte Brandgefährdung B kann sich auf einen Raum, auf ein Geschoss oder ein ganzes Brandobjekt beziehen. Sie ist als objektbezogene Grösse personen- und sachwertneutral.

4.2 Schadenerwartung

Das zu erwartende Schadenausmass - die sog. Schadenerwartung - schliesst die Zahl der bedrohten Personen bzw. den Wert der gefährdeten Sachwerte oder die zu erwartenden Folgeschäden ein. Die Schadenerwartung $S_{E,H}$ ist demzufolge abhängig von der Brandgefährdung B, der Zahl der gefährdeten H Personen und deren von der Gebäudenutzung her gegebenen Brandempfindlichkeit p (mangelnde Mobilität, Ortskenntnisse und Selbsthilfemöglichkeit) bzw. der gefährdeten Sachwerte V und deren Zerstörbarkeit d (durch Rauch, Feuchtigkeit, Hitze etc.).

Mit diesen Grössen kann die Schadenerwartung als Funktion dargestellt werden

$$\text{- für Personen:} \quad S_{E,H} = f (B, H, p) \quad (2)$$

$$\text{- für Sachen:} \quad S_{E,V} = f (B, V, d) \quad (3)$$

4.3 Brandrisiko

Ein weiterer, im Zusammenhang mit Gefahren und Gefährdungen verwendeter Begriff ist der des Risikos. Während sich die erstgenannten Begriffe auf objektiv feststellbare und zumeist messbare Einflussgrössen stützen, beinhaltet der Risikobegriff aber noch einen grundsätzlich anderen Aspekt, nämlich die nicht exakt erfassbare Eintretenswahrscheinlichkeit (E_w) eines Ereignisses.

Mit den Beziehungen (2) und (3) für die Schadenerwartung ergeben sich die Funktionen:

- Risiko für gefährdete Personen

$$R_H = f (S_{E,H}, E_w) = f (H, p, B, E_w) \quad (4)$$

- Risiko für gefährdete Sachwerte

$$R_V = f (S_{E,V}, E_w) = f (V, d, B, E_w) \quad (5)$$

Die Ergebnisse dieser Funktionen sind verunfallte Personen oder zerstörte Werte pro Zeitabschnitt (z.B. pro Jahr).

In den beiden Risikofunktionen (4) und (5) erscheinen die selben Grössen B und E_w . Es ist nun naheliegend, ein objektbezogenes, eine normale Sachwert- und Personengefährdung einschliessendes Brandrisiko wie folgt zu bilden:

$$R = f(B, E_w) \quad (6)$$

Mit einer formelmässigen Auswertung der Beziehung (6) wie sie z.B. in Oesterreich und der Schweiz [2, 3] seit einigen Jahren bekannt ist, lässt sich jedes Bauobjekt in Abhängigkeit von Bauweise, Gebäudeinhalt und vorhandenen Schutzmassnahmen nach der spezifischen Schadenerwartung oder dem durch die Schaden Eintrittswahrscheinlichkeit mitgeprägten Brandrisiko klassieren.

5. DAS AKZEPTIERTE BRANDRISIKO

Eine gewisse Gefährdung durch Ereignisse mit einer nicht vernachlässigbaren und durch die Statistiken belegten Eintretenswahrscheinlichkeit muss in jedem Objekt in Kauf genommen werden. Es ist deshalb Sache jedes Gebäudeeigentümers und der Behörde, insbesondere bei öffentlich zugänglichen Bauten, wie Hotels, Spitäler, Warenhäuser, Versammlungsstätten, ein zulässiges oder akzeptables Risiko festzulegen.

Sind in einem Objekt Personen in besonderem Masse gefährdet, wie z.B. bei hoher Belegungsdichte (Bürohäuser, Hotels), spezieller Panikgefahr (Warenhäuser, Theater), Fluchterschwerung durch Krankheit und Alter (Spitäler, Heime), Haft (Gefängnisse) oder bauliche Gegebenheiten (Hochhäuser, Tiefgaragen), muss das akzeptable Risiko angemessen reduziert werden.

$$R_{\text{akzeptabel}} = f(B, E_w, p, H) \quad (7)$$

Es mag auf den ersten Blick als äusserst schwierig erscheinen, zulässige Brandrisiken mit Zahlen zu nivellieren. Doch darf nicht übersehen werden, dass die Öffentlichkeit oder die "Volksmeinung" mit geringfügigen Abweichungen von Land zu Land limitierte Risiken für viele Nutzungen längst akzeptiert hat. Ein begrenzter Zimmerbrand in einem Hotel wird z.B. akzeptiert; erfasst das Feuer mehrere benachbarte Räume und sind mehrere Todesopfer zu beklagen, wird nach Schuldigen gefragt; das tolerierte Mass ist überschritten. Zahlreiche Publikationen, z.B. auf dem Gebiete der Arbeitssicherheit geben über dieses Thema näheren Aufschluss [4, 5].

Für die Verantwortlichen für die Planung und den Betrieb eines Gebäudes folgt als logische Konsequenz, sich Klarheit über die möglichen Ereignisse zu verschaffen, die es zu vermeiden gilt.

Die zu vermeidenden Ereignisse führen zu den Zielen für den Schutz von Personen und Sachen im Brandfall. Diese Schutzziele gilt es dann mittels baulicher und gegebenenfalls zusätzlicher technischer und organisatorischer Massnahmen nach einem Brandschutzkonzept oder Sicherheitsdispositiv, das alle massgebenden Gefährdungsbilder des Brandes berücksichtigt, zu verwirklichen.

Die erwähnten rechnerischen Beurteilungsmethoden bieten eine wertvolle Entscheidungshilfe bei der Einschätzung eines Brandrisikos. Ein zu lösendes Brandproblem liegt vor, falls das objektbezogene, vorhandene Risiko R nach (6) grösser ist als das akzeptable Risiko nach (7); Berechnung nach [2].



6. SCHUTZZIELE - SCHUTZKONZEPTE

Brandschutz-Ziele zu setzen ist eine wesentliche und anspruchsvolle Planungsarbeit. Das Brand-Risiko zu ermitteln, welches der Gebäudeeigentümer, die Benutzer und die zuständigen Behörden zu akzeptieren bereit sind, ist keine leichte Aufgabe. Einem Entscheid soll nicht ausgewichen werden, indem Einzelheiten geregelt werden, ohne das Brandproblem in seinen grundsätzlichen Aspekten zu lösen.

Schutzziele müssen so formuliert sein, dass sie der Planer versteht und auch verwirklichen kann. Allgemein gehaltene Sätze wie: "Es müssen alle Insassen des Hotels gerettet werden können" bringen nichts. Notwendig sind Zielvorgaben wie: "Ein Brand im Hotelrestaurant darf die Geschosse mit den Gästezimmern nicht durch Hitze und Rauch beeinträchtigen; ein Zimmerbrand darf sich nicht auf benachbarte Zimmer ausbreiten, die Rauchausbreitung muss auf ein Geschoss beschränkt bleiben".

Grundsätzlich sollen in grösseren Bauobjekten Ziele derart gewählt werden, dass nur der direkt von einem Brand betroffene Bereich geräumt werden muss. Ein optimal brandsicheres Objekt gewährleistet den Personen und Sachen in den nicht direkt vom Brande betroffenen Gebäudeteilen einen sicheren Aufenthalt. Dieses Ziel führt zum sogenannten Aufenthaltskonzept [6, 7], dessen Vorteile offensichtlich sind. Die heute zum allgemeinen Sicherheitsstandard gehörenden Fluchtwege werden dadurch nicht überflüssig. Diese stehen, da sie bei allen voraussehbaren und eingeplanten Brandereignissen nicht durch flüchtende Personen blockiert werden, den Feuerwehren als raschester und recht sicherer Löschangriff zur Verfügung.

Für kleinere Gebäude, Versammlungsräume und für ältere Bauten ohne feuerwiderstandsfähige Unterteilungen in Brandabschnitte und in Brandzellen kommt als Ziel oft nur die sofortige Räumung vor Eintritt einer direkten Bedrohung in Frage. Das daraus abgeleitete "Soforträumungskonzept" nimmt grundsätzlich grössere Verluste an Leben und Sachen in Kauf als das einen Verbleib im Objekt ermöglichende erste Konzept.

7. OPTIMALE SICHERHEIT

Eine optimale Sicherheit weisen Objekte auf, die in erster Linie und mit hoher Zuverlässigkeit gegen einen Grossschaden abgesichert sind. Teilschäden werden akzeptiert, sofern sich daraus keine erhöhten Gefährdungen für Personen und keine wesentlichen Folgeschadengefahren ergeben. Auf der Grundlage dieser klaren Definition lassen sich die Kriterien für die Beurteilung und Klassierung von Bauten aller Art nach ihrer Brandsicherheit herleiten.

REFERENZEN

- [1] BAMERT E.: Anwendung der brandschutztechn. Sicherheitsregeln im Bauwesen, ETH-Seminar "Brandschutz und Sicherheit", 1979
- [2] SIA (Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein): Empfehlung Nr. 183, Baulicher Brandschutz, 1974, Neuauftrag in Vorbereitung
- [3] Oesterreichische Brandverhütungsstelle und Oest. Bundesfeuerwehrverband: TRVB 100, Brandschutzeinrichtungen
- [4] KLETZ T.A.: Risk Analysis in the Process Industries, ETH-Seminar, 1979
- [5] BVD-Bulletin 3/78: Gefahren-Massnahmen-Restrisiken, Zürich, 1978
- [6] BAMERT E. + KAISER H.: Brandschutzanlagen im Dienste der Personensicherheit, Int. Brandschutzseminar, Karlsruhe, 1976
- [7] WEBER H.R.: Anwendung von automatischen Brandschutz-Systemen, CTIF-Tagung, Bozen, 1977