

Erläuterungen zur DASt-Richtlinie 019 Brandsicherheit von Stahl- und Verbundbauteilen in Büro- und Verwaltungsgebäuden

Commentary on DASt-Guideline 019 for Fire Safety of Steel and Composite Structural Elements in Office Buildings

**Peter Schaumann
Alexander Heise**

Aufsatz aus Stahlbau 71 (2002), Heft 5, Seiten 310 – 323:

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden die Hintergründe der DASt-Richtlinie 019 "Brandsicherheit von Stahl- und Verbundbauteilen in Büro- und Verwaltungsgebäuden" erläutert. Das Konzept basiert auf dem Verfahren der äquivalenten Branddauer und dem probabilistischen Sicherheitskonzept und setzt schutzzielorientierte Bemessungsverfahren mit Naturbrandszenarien um. Im Detail wird dargestellt, wie die Festlegungen der maßgebenden Parameter wie z.B. Sicherheitsbeiwerte und Brandbelastungen in der Richtlinie begründet sind. Ein stark vereinfachter Ansatz wird für einen bestimmten Gebäudetyp geringer Höhe verfolgt, für den keine Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile gestellt werden. In einer Parameterstudie werden exemplarisch Anforderungen an den Feuerwiderstand nach der neuen Richtlinie für unterschiedliche Gebäudegrößen und -höhen ermittelt und mit den zur Zeit gültigen Festlegungen der Landesbauordnungen verglichen. Dadurch werden die Bereiche identifiziert, in denen die neue DASt-Ri 019 Erleichterungen bringen kann.

1 Einleitung

In den letzten Jahren ist in die normativen und bauaufsichtlichen Regelungen zum baulichen Brandschutz in Deutschland Bewegung gekommen. Durch die sogenannten „heißen“ Eurocodes wurden rechnerische Verfahren bei der brandschutztechnischen Bemessung von Bauteilen genehmigungsrechtlich anwendbar. Die Neufassung der Musterindustriebaurichtlinie [1] in Verbindung mit der DIN 18230 [2] sorgt bundesweit für einheitliche Maßstäbe und ermöglicht die projektspezifische Definition brandschutztechnischer Anforderungen im Bereich des Industriebaus. Auch in dem letzten Entwurf der Musterbauordnung [3] (im Folgenden kurz: E-MBO) wird ein neues, differenziertes Brandschutzkonzept umgesetzt, das gegenüber den heutigen Regelungen Erleichterungen bringt und sich insgesamt dem europäischen Anforderungsniveau angleicht. Weil die Kosten für konstruktive Brandschutzmaßnahmen für den Stahlbau von je her eine große Bedeutung im Wettbewerb hatten, ist es naheliegend, dass Entwicklungen im baulichen Brandschutz maßgeblich vom Stahlbau angeregt und verfolgt wurden. So liegt der Ursprung der heutigen Regelungen für den Industriebau in den 1961 veröffentlichten Vorschlägen zu einer rechnerisch erforderlichen Feuerwiderstandsdauer von Bongard [4]. In den 80er Jahren war es die Entwicklung im Stahlverbundbau, die die numerischen Simulationsverfahren für Bauteile unter Brandbeanspruchung initiierte. In den 90er Jahren startete die Europäische Konvention für Stahlbau ein großes europäisches Forschungsprojekt „Natural Fire Safety Concept“ (NFSC) [5], das sich zum Ziel gesetzt hat, für die brandschutztechnische Bemessung Naturbrandszenarien zugrunde zu legen und diese in ein probabilistisches Sicherheitskonzept einzubetten.

Vor diesem Hintergrund hatten das Präsidium des Deutschen Stahlbauverbandes und der Deutsche Ausschuss für Stahlbau in Verbindung mit Bauen mit Stahl e.V. Ende 1999 einen Kreis von Interessenten zusammengerufen, um die in jüngerer Zeit erzielten Forschungsergebnisse insbesondere für den Stahlgeschossbau nutzbar zu machen und dafür über eine DAST-Richtlinie den baurechtlichen Rahmen zu schaffen. Der Richtlinienkommission gehörten unter dem Vorsitz des Verfassers Vertreter der Verbände, der Bauaufsicht, der Materialprüfämter, der Brandschutzsachverständigen und der Wissenschaft an. Nach knapp zweijähriger Arbeit wurde die Richtlinie als DAST-Richtlinie 019 [6] im November 2001 verabschiedet und an die Fachgremien der ARGEBAU mit dem Ziel der Aufnahme in die Liste der Technischen Baubestimmungen überantwortet.

Die Autoren erläutern in diesem Beitrag Grundlagen und Arbeitsschritte zu der Entstehung der DAST-Ri 019. Die Anwendung mit konkreten Beispielen wird Gegenstand zukünftiger Veröffentlichungen sein.

2 Grundlagen des Nachweiskonzeptes

2.1 Vorüberlegungen

Dem ursprünglichen Wunsche der Richtlinienkommission folgend sollte die DAST-Ri 019 eine brandschutztechnische Bemessung der tragenden Bauteile von Geschossbauten auf der Grundlage des sogenannten „Performance Based Design“ (schutzzielorientierte Bemessung) ermöglichen. Die Anforderungen an den Feuerwiderstand der tragenden Bauteile sollten dabei den zu erwartenden Bedingungen in dem geplanten Gebäude angepasst sein. Dabei sollten Brandlasten, Geometrie und thermische Eigenschaften der raumabschließenden Bauteile, die brandschutztechnische Infrastruktur und andere maßgebende Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Die thermischen Einwirkungen für die brandschutztechnische Bemessung sollten auf der Basis sogenannter Naturbrände ermittelt werden. Dabei konnte die Nichtbrennbarkeit von Stahl- und Verbundkonstruktionen als Basiseigenschaft mit in das Konzept einfließen.

Dem Rahmen des Forschungsprojektes „Natural Fire Safety Concept“ (NFSC) [5] folgend sollte anfänglich ein allgemeiner Ansatz gewählt werden, der den ganzen Geschossbau mit allen verschiedenen Nutzungen wie Wohngebäuden, Schulen, Krankenhäusern, Büro- und Verwaltungsgebäuden, Geschäftshäusern bis hin zu Hochhäusern abdeckt. In der Richtlinienarbeit wurde sehr schnell erkennbar, dass ein solcher allgemeiner Ansatz baupraktisch nicht zielführend sein kann, weil die projektspezifischen Schutzziele und Risiken zu unterschiedlich sind.

Die Richtlinienkommission entschloss sich daher, aus zwei Gründen den Anwendungsbereich der Richtlinie auf Büro- und Verwaltungsgebäude bis zur Hochhausgrenze zu fokussieren. Erstens handelt es sich dabei aus Sicht des Stahlbaus um einen interessanten Marktbereich und zweitens war erkennbar, dass sich hier spürbare Verbesserungen hinsichtlich der brandschutztechnischen Anforderungen realisieren lassen. Hinsichtlich der Verbesserungen dienten die Gebäudeparameter des in Bild 1 dargestellten Bürogebäudes häufig als Maßstab.



Foto: Donges Stahlbau GmbH

Bild 1: Bürogebäude des Zentrums für Klimatechnik, Wiesbaden

Büro- und Verwaltungsgebäude zählen nach der gültigen Musterbauordnung (1996) § 1 Abs. 2 zu den Gebäuden besonderer Art und Nutzung. Sonderbauvorschriften für Büro- und Verwaltungsgebäude existieren nicht. In der Praxis werden daher regelmäßig, zur Festlegung der erforderlichen Feuerwiderstandsklassen tragender Bauteile, die Regelungen der Landesbauordnungen angewendet, wobei die Forderung nach feuerbeständigen (F 90) Bauteilen häufig schon ab zwei Geschossen erhoben wird.

Eine weitere Rahmenbedingung für die Richtlinie war die Forderung nach einfacher Anwendung durch Planer und die Eingliederung in das bestehende nationale Normenwerk. Es war daher naheliegend, sich an das etablierte Konzept der Industriebaurichtlinie in Verbindung mit der DIN 18230 anzulehnen, dabei jedoch den Besonderheiten des Büro- und Verwaltungsbaus angemessene Bedeutung zu verleihen.

Eine Schlüsselgröße im Nachweiskonzept des baulichen Brandschutzes für den Industriebau ist die rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer t_f [min]:

$$\text{erf } t_f = q \cdot c \cdot w \cdot \gamma \cdot \alpha_L \quad (1)$$

Darin bedeuten:

- q rechnerische Brandbelastung [kWh/m²]
- c Umrechnungsfaktor zur Berücksichtigung der thermischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile [min m²/kWh]
- w Wärmeabzugsfaktor zur Berücksichtigung der Ventilationsverhältnisse [-]
- γ Sicherheitsbeiwert [-]
- α_L Zusatzbeiwert [-]

2.2 Vergleich der Brandrisiken in Wohngebäuden mit denen in Büro- und Verwaltungsgebäuden

Die Regelungen der Landesbauordnungen sind auf Gebäude normaler Art und Nutzung ausgerichtet. Damit sind üblicherweise Wohngebäude angesprochen. Die Brandgefahren sind jedoch stark von der Gebäudenutzung abhängig. Bereiche mit einem geringeren Brandrisiko können über Statistiken identifiziert werden. Die folgenden Ausführungen belegen, dass Büro- und Verwaltungsgebäude geringere Risiken als Wohngebäude aufweisen.

Eine Betrachtung des Risikos in Abhängigkeit von der Gebäudenutzung zeigt, dass 80 % der Todesfälle durch Brände in Wohngebäuden verursacht werden [5, 7]. Auffällig sind hierbei die große Anzahl von Kleider- und Bettbränden [7]. Wird das Risiko in Abhängigkeit des Lebensalters analysiert, dann stellt sich heraus, dass Kleinkinder bis zu fünf Jahren sowie Personen mit einem Alter über 65 Jahren [5] stärker als die übrigen Altersgruppen gefährdet sind. Statistische Auswertungen zeigen weiter, dass die Gefahr der Entstehung eines gefährlichen Brandes in Büro- und Verwaltungsgebäuden geringer ist als in Wohngebäuden. Tabelle 1 zeigt dazu die Häufigkeiten gefährlicher Brände nach [5]. Die Konstruktion wird durch die Temperatureinwirkung im Brandfall beansprucht, welche maßgeblich von der vorhandenen Brandbelastung abhängt. Wie ein Vergleich der Mittelwerte zeigt, ist die Brandbelastung in Büro- und Verwaltungsgebäuden deutlich geringer als in Wohngebäuden [5, 8] (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Häufigkeit gefährlicher Brände und Brandbelastung nach Gebäudenutzung		
Gebäudenutzung	Häufigkeit gefährlicher Brände pro m ² und Jahr (a) [1/m ² a]	Mittelwert der Brandbelastung [kWh/m ²]
Büro- und Verwaltungsgebäude	2·10 ⁻⁶ bis 4·10 ⁻⁶	115
Wohngebäude	4·10 ⁻⁶ bis 9·10 ⁻⁶	215

Die Statistiken zeigen, dass Personen im gewerblichen Bereich geringer gefährdet sind als im Wohnungsbereich. Ursache hierfür ist zum einen die Tatsache, dass in Wohngebäuden auch alte Menschen und Kinder wohnen, die in Gefahrensituationen nicht schnell genug handeln können und zum anderen die Tatsache, dass der Personenkreis in Büro- und Verwaltungsgebäuden im Gegensatz hierzu zu jeder Zeit handlungsfähig ist. So erfolgt eine Brandmeldung zu den üblichen Arbeitszeiten schnell und sicher. Die Personen in Büro- und Verwaltungsgebäuden sind ortskundig. Allerdings ist für das erhöhte Risiko an arbeitsfreien Tagen oder nachts ein entsprechender Sachschutz vorzusehen.

Aus diesem Vergleich werden insgesamt das geringere Risiko und die geringere Brandbelastung in Büro- und Verwaltungsgebäuden gegenüber Wohngebäuden deutlich. Es ist daher gerechtfertigt, in einem schutzzielorientierten Sicherheitskonzept Büro- und Verwaltungsgebäude günstiger als Wohngebäude und damit günstiger als nach den Landesbauordnungen zu beurteilen.

2.3 Berechnungsmodelle zum Naturbrand

2.3.1 Übersicht

Die Bauordnungen der Länder einschließlich der Sonderbauverordnungen berücksichtigen bei der Festlegung der Anforderungen an den Feuerwiderstand für Bauteile lediglich implizit projektspezifische Brandszenarien. Eine Ausnahme bilden hier lediglich die Regelungen zum Industriebau.

Für die Beurteilung des Feuerwiderstandes von Bauteilen ist die zeitliche Entwicklung der Heißgastemperaturen im Brandraum von entscheidender Bedeutung. Die wichtigsten Parameter der in Büro- und Verwaltungsgebäuden vorstellbaren Raumbrände sind wissenschaftlich bestimmt. Es sind dies die Brandbelastung, die Größe der Öffnungsflächen, die Raumgeometrie und die thermische Wirkung der Umfassungsbauteile. Es ist daher möglich, bei Kenntnis der genannten Parameter gesicherte Prognosen über den zu erwartenden, realen Brandverlauf (Naturbrand) insbesondere hinsichtlich der Heißgastemperaturen zu stellen.

Für die Berücksichtigung solcher Naturbrände in dem brandschutztechnischen Nachweiskonzept gibt es derzeit drei unterschiedliche Ansätze mit unterschiedlicher Modellgenauigkeit, die auch in den „heißen“ Eurocodes berücksichtigt werden:

- äquivalente Branddauer;
- parametrische Temperatur-Zeitkurven;
- numerische Simulation des Brandverlaufs.

Je nach Modell können mehr oder weniger Parameter erfasst werden. Je mehr Parameter berücksichtigt werden oder je detaillierter das Modell die Verhältnisse abbildet, desto größer ist der Aufwand der Berechnung.

Bei der äquivalenten Branddauer wird die Wirkung eines Naturbrandes auf die Bauteilerwärmung bewertet und in Bezug zu den Normbrandbedingungen gesetzt. Naturbrandversuche und umfangreiche Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass für Raumbrände ein einfacher mathematischer Zusammenhang zwischen den maßgebenden Parametern Brandbelastung, thermische Wirkung der Umfassungsbauteile und Ventilationsverhältnisse und der äquivalenten Branddauer hergestellt werden kann (s. Abschn. 2.3.2). Beim brandschutztechnischen Nachweis wird aus der äquivalenten Branddauer eine erforderliche Feuerwiderstandsklasse ermittelt, die dann maßgebend für den Nachweis der Bauteile wird.

Parametrische Temperatur-Zeitkurven beschreiben in einer rein mathematischen Approximation den zeitlichen Verlauf der Heißgastemperatur im Brandraum. Sie sind an experimentell oder durch Simulationsrechnungen gewonnenen Temperaturverläufen kalibriert. Die bestimmenden Parameter sind identisch mit denen, die maßgebend für die äquivalente Branddauer sind, nämlich Brandbelastung, thermische Wirkung der Umfassungsbauteile und Ventilationsverhältnisse. Im brandschutztechnischen Nachweis sind die parametrischen Temperatur-Zeitkurven Eingangparameter für die Erwärmungsberechnung der Bauteile. Der brandschutztechnische Nachweis für die Bauteile erfolgt, indem der Grenzzustand der Tragfähigkeit unter erhöhten Bauteiltemperaturen betrachtet wird.

Für die numerische Simulation von Naturbränden werden Zonen- und Feldmodelle verwendet. Zonenmodelle sind begrenzt auf die Lösung der Energie- und Massenbilanzen. Zur Berechnung der Temperaturbelastung von Bauteilen sind sie im allgemeinen ausreichend genau. Dabei wird der zu untersuchende Brandabschnitt in mehrere Teilräume unterteilt, die wiederum mehrere Zonen aufweisen. In den einzelnen Zonen können Temperaturen, Rauch- und Gaskonzentrationen und Druckverteilungen berechnet und damit alle wesentlichen Größen, die das Brandgeschehen beschreiben, ermittelt werden. Für die Berechnungen ist eine Fülle von Eingangsparametern erforderlich. Diese lassen sich grob in Bauwerks- und in Brandparameter gliedern. Zu den Bauwerksparametern gehören im Wesentlichen die Gebäudegeometrie mit Zu- und Abluftöffnungen und die wärmephysikalischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile (Wände, Decken und Böden). Mit den Brandparametern werden Art, Menge und Verteilung der Brandlasten sowie Abbrand- und Plumemodelle beschrieben. Hinzu kommt ggfs. die Berücksichtigung von speziellen betrieblichen Einrichtungen wie Rauch- und Wärmeabzugsanlagen und Sprinkler. Bei Feldmodellen wird zusätzlich das Strömungsfeld durch die Bewegungsgleichungen beschrieben. Diese Form der numerischen Verfahren aus der Strömungsmechanik (CDF Computational Fluid Dynamics) wird bei der Beurteilung der Rauchentwicklung in komplexen Brandräumen herangezogen.

Bei der Wahl eines geeigneten Ingenieurmodells muss beachtet werden, dass der Aufwand vertretbar ist, das Modell die gewünschten Parameter hinreichend genau berücksichtigt und die für die Berechnung erforderlichen Parameter zur Verfügung stehen. Bei der DAST-Ri 019 war es wichtig, dass sich das Nachweiskonzept für tragende Bauteile im Brandfall in das bauaufsichtliche Gesamtkonzept zur Erreichung der Schutzziele einordnet.

Der Aufwand ist bei den Brandsimulationsrechnungen am größten und bei dem Verfahren der äquivalenten Branddauer am kleinsten. Der direkte Bezug zu den gültigen bauaufsichtlichen Vorschriften ist nur bei der äquivalenten Branddauer gegeben. Dieser Bezug ist insbesondere hinsichtlich der klassifizierten Bauteile und für die Brandschutzbekleidungen von Stahlbauteilen bezüglich der Allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassungen vorhanden. Die wesentlichen Parameter der Brandeinwirkung werden auch mit der Methode der äquivalenten Branddauer erfasst, so dass der normale Nachweis in der DAST-Ri 019 mit der Methode der äquivalenten Branddauer konzipiert wurde. Im Anhang A der DAST-Ri 019 werden darüber hinaus die Voraussetzungen genannt, die für genauere Ermittlungen der Naturbrandbeanspruchung über Brandsimulationsrechnungen notwendig sind.

2.3.2 Das Verfahren der äquivalente Branddauer

Die äquivalente Branddauer beschreibt die Zeit, nach der ein Bauteil unter Normbrandbedingungen mit der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) die gleiche Temperatur erreicht wie unter der Beanspruchung eines Naturbrandes (Bild 2).

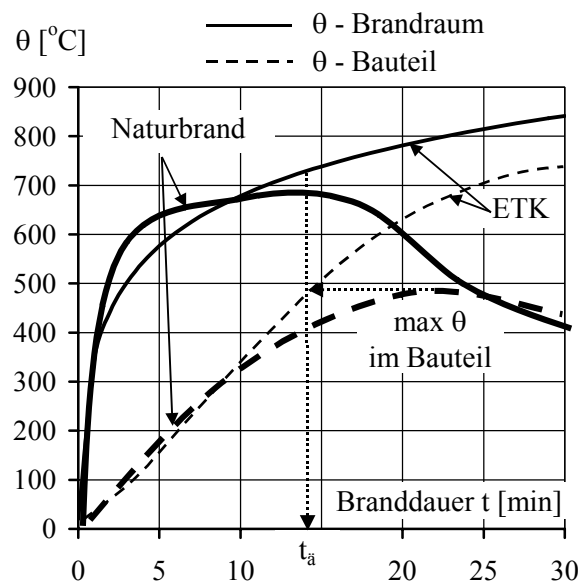


Bild 2: Äquivalente Branddauer t_a

Bei den Grundlagenuntersuchungen zur DIN 18230 wurden Naturbrände mit Holzkrippen in Brandöfen durchgeführt. Dabei wurden vollentwickelte Brände vorausgesetzt. Neben den Heißgastemperaturen im Brandraum wurden in einem sogenannten Vergleichselement Bauteiltemperaturen gemessen. Das Vergleichselement war eine Stahlgussplatte (400×400×150 mm), in der die Temperatur in 50 mm Tiefe gemessen wurde [9].

Die Brandversuche berücksichtigten die thermischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile über die Materialeigenschaften und die Geometrie der Ofenwände. Die Brandbelastung, die über die Menge und die Anordnung der Holzkrippenbrandlast gesteuert wurde, ergab sich aus einem Vergleich des Abbrandverhaltens von Holzkrippen mit dem Abbrandverhalten anderer Materialien. Mit dem Produkt aus m-Faktoren und Brandbelastung lässt sich das unterschiedliche Abbrandverhalten der Baustoffe [10] vergleichen. Aus den Versuchsergebnissen wurde ein proportionaler Zusammenhang zwischen der äquivalenten Branddauer t_a und der Brandbelastung q , sowie dem Umrechnungsfaktor c zur Berücksichtigung der thermischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile abgeleitet. Über den Faktor w zur Berücksichtigung der Ventilationsverhältnisse wurden dann, die aus dem Versuch gewonnen Zusammenhänge auf große Brandräume extrapoliert. Der Faktor w wurde über umfangreiche Simulationsrechnungen ermittelt. Der Anwendungsbereich liegt bei Brandbekämpfungsabschnittsflächen zwischen 400 m² und 50 000 m² [9].

Der Temperaturverlauf des Vergleichselementes unter der Beanspruchung eines Naturbrandes wurde mit dem Temperaturverlauf im Normbrand verglichen. Das Vergleichselement wurde so gewählt, dass der Wärmeeintrag und damit die Temperaturentwicklung gut mit der Temperaturentwicklung in Bewehrungsstählen mit einer Betondeckung von 3 cm übereinstimmt [10]. Über den Vergleich der Temperaturen erfolgte eine eindeutige Zuordnung eines Naturbrandes zu einer entsprechenden Branddauer im Normbrand. Die Temperatur in den Bewehrungsstählen beeinflusst maßgeblich die Feuerwiderstandsdauer von Betonbauteilen. Die Feuerwiderstandsdauer im Normbrand wiederum ermöglicht einen werkstoffunabhängigen Vergleich verschiedener Bauteile. Da der Normbrand ein einheitlicher Maßstab für alle Bauteile ist, ist die so ermittelte äquivalente Branddauer werkstoffunabhängig und die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Bauteile, Bauteilformen und Materialien ist über den Normbrand nach DIN 4102-2 mit der ETK gegeben.

Das Verfahren der äquivalenten Branddauer ist nach Auffassung der Verfasser jedoch nicht generell geeignet, um beispielsweise die höchsten im Naturbrand auftretenden Stahltemperaturen zu ermitteln. Zahlreiche Vergleichsrechnungen des Verfassers in [15] haben gezeigt, dass dieses Vorgehen lediglich bei bekleideten Stahlprofilen zu verlässlichen Ergebnissen führt.

Die Gültigkeit der Äquivalenz von Naturbrand und Normbrand bezieht sich in erster Linie auf die von Bauteilen erreichten Feuerwiderstandsklassen. Das bedeutet, Naturbrandszenarien können Feuerwiderstandsklassen (F 30, F 60, F 90 usw.) zugeordnet werden. So sieht es die Industriebaurichtlinie vor und so wird es auch in der DAST-Ri 019 umgesetzt.

2.4 Sicherheitskonzept

2.4.1 Allgemeines

Das Ingenieurmodell der äquivalenten Branddauer quantifiziert die Brandeinwirkung von Naturbränden unter Bezug auf den Normbrand. Der Widerstand der Bauteile wird durch das Verhalten im Normbrand charakterisiert. Streuungen der beteiligten Parameter verursachen eine Streuung der Widerstände und der Einwirkungen. Eine Bemessung erfordert unter diesen Umständen einen Sicherheitsabstand des Widerstandes von der Einwirkung. Sicherheitsbeiwerte stellen den ausreichenden Abstand her.

Der "ausreichende Abstand" bzw. das Sicherheitsniveau muss für eine Bemessung quantifiziert werden. Das Sicherheitsniveau kann implizit in den Anforderungen enthalten und geschichtlich gewachsen sein oder aber explizit über einen probabilistischen Ansatz gefordert werden. Das Sicherheitskonzept der DAST-Ri 019 beruht auf einem probabilistischen Konzept. Das Sicherheitsniveau wird über eine Zielvorgabe festgelegt, die durch die akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit der Bauteile im Brandfall ausgedrückt wird. Im Folgenden wird die Berechnung der Sicherheitsbeiwerte γ erläutert.

Die Rettungs- und Brandbekämpfungsmöglichkeiten der Feuerwehr beeinflussen die Sicherheit der Personen im Gebäude. Je schneller Personen das Gebäude verlassen können, oder je einfacher die Feuerwehr zu einem Brand gelangen kann, um diesen zu löschen, desto geringer müssen die Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile sein. In den derzeitigen Vorschriften wird dieser Sachverhalt implizit berücksichtigt. In Abhängigkeit der Gebäudehöhe wird die erforderliche Feuerwiderstandsklasse abgestuft. Durch die Festlegung der erforderlichen Feuerwiderstandsklasse wird ein Sicherheitsniveau festgelegt. Die implizit enthaltene Versagenswahrscheinlichkeit der tragenden Bauteile richtet sich nach den Rettungs- und Brandbekämpfungsmöglichkeiten der Feuerwehr. Die derzeit gültigen, geschichtlich gewachsenen Brandschutzanforderungen spiegeln das in der Gesellschaft akzeptierte Sicherheitsniveau mit den entsprechenden akzeptierten Kosten wieder.

2.4.2 Festlegung der akzeptierten Versagenswahrscheinlichkeiten

Aus internationalen Statistiken ist das persönliche Risiko für den Brandfall mit $1 \cdot 10^{-5}$ pro Jahr ermittelt worden. In Deutschland wird im Brandfall eine zulässige Versagenswahrscheinlichkeit für tragende Konstruktionen und normale Risiken mit $1 \cdot 10^{-5}$ bewertet [7, 9, 11]. Dieser Wert ist auch Grundlage der DAST-Ri 019. Diese Festlegung wird im Folgenden näher begründet. Dazu werden aus der Literatur entnommene akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeiten mit den implizit in den Vorschriften enthaltenen Versagenswahrscheinlichkeiten verglichen. Um diesen Vergleich zu ermöglichen, wird die implizit enthaltene Versagenswahrscheinlichkeit ermittelt.

In [12] werden akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeiten angegeben, die über Optimierungsprozesse berechnet wurden (Tabelle 2). Die akzeptierten Versagenswahrscheinlichkeiten werden in Abhängigkeit der Konsequenzen im Versagensfall, sowie der Kosten die für die Sicherheitsmaßnahmen aufzubringen sind, angegeben:

Tabelle 2: Akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit p_t über Optimierungsprozesse [12] (Bezugszeitraum 1 Jahr)

Relative Kosten für die Sicherheitsmaßnahmen	Versagensfolgen		
	gering	mäßig	beträchtlich
groß	10^{-3}	$5 \cdot 10^{-4}$	10^{-4}
durchschnittlich	10^{-4}	10^{-5}	$5 \cdot 10^{-6}$
gering	10^{-5}	$5 \cdot 10^{-6}$	10^{-6}

Das Risiko eines Versagens und die wirtschaftlichen Folgen werden für Büro- und Verwaltungsgebäude als mäßig eingestuft [12]. Dabei ist zu beachten, dass die Folgen auch von der Art des Versagens abhängig sind. Plötzliches Versagen wird ungünstiger als Versagen mit Ankündigung beurteilt, weil letzteres den Gebäudenutzern eine bessere Fluchtmöglichkeit einräumt. Ein Versagen mit Ankündigung liegt bei einer Konstruktion im Brandfall im Gegensatz zum Versagen im Kaltzustand vor, da ein Großteil der Gebäudenutzer frühzeitig durch Rauch und Feuer zur Flucht veranlasst wird [5].

Grundlage der Tabelle sind durchschnittliche Kosten für übliche Baumaßnahmen. Die Streuung der Einwirkungen oder des Widerstandes beeinflussen über den Sicherheitsbeiwert die relativen Kosten einer Sicherheitsmaßnahme. So haben große Streuungen größere Sicherheitsbeiwerte zur Folge, welche ihrerseits die Kosten der Sicherheitsmaßnahmen steigern. Konsequenterweise führt eine hohe Zuverlässigkeit bei großen Streuungen (Variationskoeffizient $V > 0,3$) zu hohen Kosten. Mit diesen Überlegungen ergibt sich aus Tabelle 2 mit „mäßigen“ Versagensfolgen und hohen Kosten eine akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit von $5 \cdot 10^{-4}$. Demgegenüber ist die für die DAST-Ri 019 getroffene Festlegung von $1 \cdot 10^{-5}$ konservativ.

In [5] wird folgender Ansatz für die akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Evakuierungsmöglichkeiten vorgeschlagen:

- normale Evakuierung: $p_t = 1,3 \cdot 10^{-4}$
- schwierige Evakuierung: $p_t = 1,3 \cdot 10^{-5}$ (z. B. Krankenhaus)
- keine Evakuierung: $p_t = 1,3 \cdot 10^{-6}$ (Versagen im Kaltzustand)

Im Vergleich zu diesen Angaben ist der für die DAST-Ri gewählte Wert ebenfalls konservativ und gilt eher für schwierige Evakuierungsbedingungen. Die obige Aufstellung [5] weist auf eine Abstufung der akzeptierten Versagenswahrscheinlichkeit und damit der erforderlichen Feuerwiderstandsklassen in Abhängigkeit von den Evakuierungsbedingungen hin. Dieser Ansatz ist implizit in der E-MBO umgesetzt worden und wird auch im Folgenden aufgegriffen.

In der E-MBO werden die Gebäudeklassen 1 bis 5 unterschieden. Die für Büro- und Verwaltungsgebäude wichtigsten Gebäudeklassen 3 bis 5 wurden in der DAST-Ri 019 aufgenommen (siehe Tabelle 3). Wesentliches Unterscheidungsmerkmal sind die Gebäudehöhe und die damit verbundenen Bedingungen für Flucht, Rettung und Brandbekämpfung.

Tabelle 3: Gebäudeklassen in Abhängigkeit der Höhe und der Nutzungseinheiten (Bezugszeitraum 1 Jahr)

Gebäudeklasse gemäß DAST-Ri 019 und E-MBO	Erforderliche Feuerwiderstandsklasse gemäß E-MBO
3 Gebäude mit einer Höhe bis 7 m	F 30
4 Gebäude mit einer Höhe bis 13 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m ² in einem Geschoss.	F 60
5 Gebäude mit einer Höhe bis 22 m.	F 90

Die Höhe eines Gebäudes ist hierbei das Maß der Fußbodenoberkante des höchstmöglichen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über der Geländeoberfläche im Mittel.

In der DAST-Ri 019 sind die grundsätzlichen Sicherheitsbetrachtungen der Musterindustriebaurichtlinie aus [11] übernommen worden. Dabei wird für einen bauordnungsrechtlich zulässigen Brandabschnitt in der Gebäudeklasse 5 mit einer Brandbelastung von $q_R = 300 \text{ kWh/m}^2$ und mit einer durchschnittlichen brandschutztechnischen Infrastruktur eine akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit von $p_t = 1 \cdot 10^{-5}$ zugrunde gelegt. Unter diesen Voraussetzungen wird für die tragenden Bauteile die Feuerwiderstandsklasse F 90 gefordert. In der E-MBO sind für die Gebäudeklassen 3 (F 30) und 4 (F 60) davon abweichende, höhere akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeiten implizit enthalten. Im Rahmen der Richtlinienbearbeitung wurden die akzeptierten Versagenswahrscheinlichkeiten für die Gebäudeklassen 3 und 4 unter Anwendung des probabilistischen Ansatzes ermittelt (Tabelle 4).

Tabelle 4: Akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit der Bauteile in Abhängigkeit der Gebäudeklasse (Bezugszeitraum 1 Jahr)

Gebäudeklasse	akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit p_t
5	$1 \cdot 10^{-5}$
4	$10 \cdot 10^{-5}$
3	$20 \cdot 10^{-5}$

In diesen Werten sind die besseren Evakuierungs- und Brandbekämpfungsmöglichkeiten der Feuerwehr für die Gebäudeklassen 3 und 4 berücksichtigt, so dass für alle Gebäudeklassen der gleiche Personenschutz bzw. das gleiche Sicherheitsniveau gewährleistet ist.

2.4.3 Sicherheitsbeiwert γ

Die Ermittlung der Sicherheitsbeiwerte erfolgt über die Grenzzustandsgleichung

$$g(X) = R - S \quad (2)$$

Ist die Zufallsvariable R - der Widerstand - kleiner als die Zufallsvariable S - die Einwirkung - dann versagt das Bauteil. Über den Abstand der beiden Zufallsvariablen wird der Sicherheitsbeiwert γ in zwei Schritten berechnet.

1. Schritt: Bestimmung der bedingten Versagenswahrscheinlichkeit [13], [14]

Die bedingte Versagenswahrscheinlichkeit legt den Abstand zwischen den Zufallsvariablen R und S fest.

Ein Brand ist ein seltenes Ereignis und wird als außergewöhnlicher Lastfall betrachtet. Die Gefahr bzw. die Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Brandes in einem Bürogebäude ist beispielsweise niedriger als die in einem Wohngebäude (Tabelle 1). Werden die Bauteile eines Gebäudes für den Lastfall Brand bemessen, dann ist das Bauteil für eine bedingte Versagenswahrscheinlichkeit auszulegen [13]. Für die Bemessung wird unter der Voraussetzung eines gefährlichen Brandes eine Wahrscheinlichkeit des Tragwerksversagens ermittelt. Versagen tritt ein, wenn erstens ein gefährlicher Brand entsteht und zweitens das Bauteil unter dieser Brandeinwirkung versagt. In der Bemessung wird die Brandaktivierungsgefahr bzw. die Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Brandes in Büro- und Verwaltungsgebäuden berücksichtigt. Die Wahrscheinlichkeit gefährlicher Brände kann über die Poissonverteilung errechnet werden. Nachfolgend wird das Vorgehen nach [14] beschrieben.

Mit der Poissonverteilung lässt sich die Anzahl n extremer, seltener Ereignisse, die in einem Zeitintervall t auftreten, über die mittlere Auftretensrate $v \cdot t$ berechnen.

$$\text{Poissonverteilung:} \quad P(N|v \cdot t) = \frac{(v \cdot t)^n}{n!} e^{-v \cdot t} \quad (3)$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass in einem Zeitintervall t das Ereignis mindestens einmal auftritt ist:

$$P(N \geq 1|v \cdot t) = 1 - e^{-v \cdot t} \quad (4)$$

Aus Statistiken ist die Häufigkeit eines gefährlichen Brandes pro Fläche A im Zeitraum eines Jahres bekannt:

$$v \cdot t = \lambda \cdot A \cdot t \quad (5)$$

Näherungsweise kann für $t = 1$ a und für $\lambda \cdot A \ll 1,0$ die Wahrscheinlichkeit mindestens eines gefährlichen Brandes p_1 mit folgender Gleichung berechnet werden [14]:

$$p_1 = 1 - e^{-\lambda \cdot A} \cong \lambda \cdot A \quad (6)$$

Offensichtlich ist die Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Brandes p_1 von der Fläche des betrachteten Brandbekämpfungsabschnittes abhängig.

Für die Häufigkeit λ eines größeren Brandes, welcher von den Gebäudenutzern nicht mehr gelöscht werden kann, werden in [5] Werte zwischen $2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/(m}^2\text{a)}$ und $4 \cdot 10^{-6} \text{ 1/(m}^2\text{a)}$ angegeben. Die in [5] empfohlenen Werte sind über eine statistische Auswertung von Bränden in der Schweiz, Holland, Finnland, Luxemburg und Frankreich ermittelt worden. Im Wesentlichen wurde über eine aus Versicherungen bekannte Schadenssumme auf die Schwere der Brände geschlossen. Übersteigt die Schadenssumme einen Grenzwert, dann wurde unterstellt, dass die Gebäudenutzer den Brand nicht mehr selbständig löschen konnten.

In [12] wird für die Häufigkeit λ der Wert $1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/(m}^2\text{a)}$ empfohlen. In Anlehnung an [5] wurde für die DAST-Ri 019 konservativ

$$\lambda = 5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{m}^2 \cdot \text{a}}$$

gewählt. Nach Gleichung (5) kann dann mit der Wahrscheinlichkeit von $p_1 = 5 \cdot 10^{-6} \cdot A$ gerechnet werden. Diese Wahrscheinlichkeit bezieht sich auf die Brandaktivierungsgefahr für Bauten, die als Büro- und Verwaltungsgebäude genutzt werden.

Aufgrund der geringen Brandlast von Atrien, die als eigenständiger Brandbekämpfungsabschnitt bemessen werden, ist die Häufigkeit eines gefährlichen Brandes deutlich geringer. In diesem Fall wird eine um 10^{-1} geringere Brandaktivierungsgefahr unterstellt [5].

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Struktur versagt, ergibt sich aus der Multiplikation der Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Brandes mit der (bedingten) Wahrscheinlichkeit, dass die Struktur aufgrund dieser Brandbeanspruchung versagt.

$$p_f = p_b \cdot p_{fb} \quad (7)$$

p_f Wahrscheinlichkeit eines Versagens der Struktur

p_b Wahrscheinlichkeit eines vollentwickelten Brandes

p_{fb} bedingte Versagenswahrscheinlichkeit der Struktur unter Voraussetzung eines vollentwickelten Brandes

Das Strukturversagen wird im Brandfall mit der akzeptierten Versagenswahrscheinlichkeit von $p_t = 1 \cdot 10^{-5}$ toleriert. In Gl. (7) wird somit p_f mit p_t gleich gesetzt. Eine Bemessung erfolgt für die bedingte Versagenswahrscheinlichkeit p_{fb} , bei der das Strukturversagen mit einer akzeptierten Versagenswahrscheinlichkeit toleriert wird. Die bedingte Versagenswahrscheinlichkeit errechnet sich dann zu:

$$p_{fb} = \frac{p_t}{p_b} \quad (8)$$

$p_t = 1 \cdot 10^{-5}$ akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit; Gebäudeklasse 5

Die Wahrscheinlichkeit eines vollentwickelten Brandes p_b ergibt sich wie folgt:

$$p_b = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot A_B \quad (9)$$

mit

$p_1 = 5 \cdot 10^{-6}$ Häufigkeit eines gefährlichen Brandes [$1/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$]

$p_2 = 0,1$ Wahrscheinlichkeit, dass die Feuerwehr den Brand nicht kontrolliert und sich ein vollentwickelter Brand (flash-over) entwickelt (Sicherheitskategorie K1)

$p_3 = 1,0$ Wahrscheinlichkeit, dass vorhandene, aktive Brandbekämpfungsmaßnahmen scheitern (s. Abschn. 2.4.5)

A_B Grundfläche des Brandbekämpfungsabschnittes. Die Wahrscheinlichkeiten eines Brandes in den angrenzenden Flächen müssen unabhängig voneinander sein (Abschottungsprinzip).

Die bedingte Versagenswahrscheinlichkeit p_{fb} ergibt sich mit p_b und p_t :

$$p_{fb} = \frac{p_t}{p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot A_B} \quad (10)$$

2. Schritt: Ermittlung der Sicherheitsbeiwerte über die Grenzzustandsgleichung (2) [14]

Die Sicherheitsbeiwerte werden aus dem Schnittpunkt der Verteilungsdichten der Zufallsvariablen R und S berechnet, deren Abstand zueinander durch den Sicherheitsbeiwert β_b festgelegt wird.

Der für die Bemessung relevante Sicherheitsindex β_b , der die Sicherheitsbeiwerte nach Gleichung (17) und (18) festlegt, wird über die bedingte Versagenswahrscheinlichkeit p_{fb} ermittelt.

$$\beta_b = \Phi^{-1}(1 - p_{fb}) \quad (11)$$

Bild 3 zeigt den Abstand $\beta_b \cdot \sigma_Z$ von dem Grenzzustand $Z = R - S = 0$ schematisch.

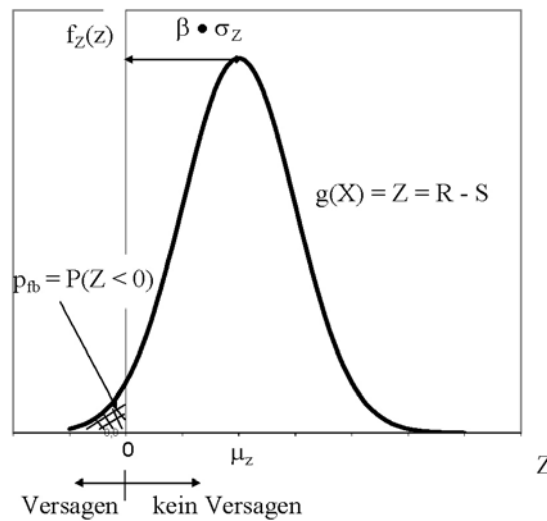


Bild 3: Sicherheitsbereich für normalverteilte Zufallsgrößen

In der DASt-Ri 019 wird der Widerstand über die Feuerwiderstandsdauer und die Einwirkung über die äquivalente Branddauer beschrieben:

Widerstand R \Rightarrow Feuerwiderstandsdauer t_F [min]

Einwirkung S \Rightarrow äquivalente Branddauer $t_{\ddot{a}}$ [min]

Der Widerstand R und die Einwirkung S sind streuende Größen, die lognormalverteilt sind. Der Variationskoeffizient der äquivalenten Branddauer ist größer als der Variationskoeffizient der Brandbelastung, da in der äquivalenten Branddauer zusätzlich die Streuungen der Ventilation und der thermischen Wirkung der Umfassungsbauteile enthalten sind. Die Variationskoeffizienten der Grenzzustandsgleichung sind [11, 13]:

Feuerwiderstandsdauer t_F $V_F = 0,25$

äquivalente Branddauer $t_{\ddot{a}}$ $V_{\ddot{a}} = 0,45$

Strukturversagen im Brandfall findet statt, wenn die äquivalente Branddauer größer ist als die Feuerwiderstandsdauer. Im Grenzzustand ist

$$Z = t_F - t_{\ddot{a}} = 0, \text{ bzw. } Z = t_F / t_{\ddot{a}} = 1,0 \quad (12)$$

Die Streuung und der Mittelwert werden bei logarithmischen Normalverteilungen über folgende Parameter berücksichtigt:

$$\xi_x = \sqrt{\ln(1 + V_x^2)} \quad (13)$$

V_x = Variationskoeffizient der Zufallsgröße X

$$\lambda_x = \ln \mu_x - 0,5 \cdot \xi_x^2 \quad (14)$$

μ_x = Mittelwert der Zufallsgröße X

Der Schnittpunkt der beiden Verteilungsdichten liegt im Bemessungspunkt P*. Die Wichtungsfaktoren α_i errechnen sich wie folgt:

$$\alpha_F = \frac{\xi_F}{\sqrt{\xi_F^2 + \xi_{\ddot{a}}^2}} = 0,497 \quad (15)$$

$$\alpha_{\ddot{a}} = \frac{-\xi_{\ddot{a}}}{\sqrt{\xi_F^2 + \xi_{\ddot{a}}^2}} = -0,868 \quad (16)$$

Als Bezugsgröße, charakteristischer Wert der Bemessungsgrößen, wird für die äquivalente Branddauer analog zur DIN 18230 die 90 % Fraktile und für die Feuerwiderstandsdauer die 10 % Fraktile verwendet. Der Fraktilwert ist dann $k_{\ddot{a}} = k_F = 1,282$.

Ist der Logarithmus des Widerstandes und der Einwirkung normalverteilt, errechnen sich die Teilsicherheitsbeiwerte über folgende Gleichungen:

$$\gamma_F = e^{\alpha_F \xi_F \beta - 1,282 \xi_F} \quad (\text{Widerstand R}) \quad (17)$$

$$\gamma_{\ddot{a}} = e^{-\alpha_{\ddot{a}} \xi_{\ddot{a}} \beta - 1,282 \xi_{\ddot{a}}} \quad (\text{Einwirkung S}) \quad (18)$$

Um den erforderlichen Sicherheitsabstand β_b des Widerstandes zu der Einwirkung zu erzielen, wird die Einwirkung mit dem globalen Sicherheitsbeiwert $\gamma = \gamma_F \cdot \gamma_{\ddot{a}}$ multipliziert. Mit den genannten Eingangsgrößen ergeben sich die in der Tabelle 5 angegebenen Werte.

Tabelle 5: Teilsicherheitsbeiwerte und globaler Sicherheitsbeiwert der DAST-Ri 019 in Abhängigkeit von der Größe des Brandbekämpfungsabschnitts

A_B [m ²]	β_b	$\gamma_{\ddot{a}}$	γ_F	$\gamma_{\text{calc}} = \gamma_{\ddot{a}} \cdot \gamma_F$	γ -DAST-Ri 019
500	1,75	1,11	0,90	1,00	1,00
1000	2,05	1,24	0,84	1,16	1,15
1500	2,22	1,32	0,96	1,26	1,25
3000	2,48	1,45	0,99	1,43	1,45
5000	2,65	1,55	1,01	1,56	1,55

In der DAST-Ri 019 wird mit dem globalen Sicherheitsbeiwert γ die Brandbelastung multipliziert. Das Ergebnis ist eine Bemessungsbrandlast $q_{f,d}$, in der sämtliche Streuungen auf der Widerstands- und Einwirkungsseite berücksichtigt sind.

2.4.4 Sicherheitsbeiwerte für die Gebäudeklassen 3 und 4

In diesem Abschnitt werden die höheren akzeptierten Versagenswahrscheinlichkeiten der Gebäudeklassen 3 und 4 nach Tabelle 4 in das Sicherheitskonzept eingearbeitet. Sachlich bedeutet das, dass die günstigeren Flucht-, Rettungs- und Brandbekämpfungsmöglichkeiten berücksichtigt werden.

In Abhängigkeit der Gebäudeklassen werden Sicherheitsbeiwerte mit der gebäudeabhängigen, gestaffelten, akzeptierten Versagenswahrscheinlichkeit der Tabelle 4 errechnet. Die Berechnung erfolgt analog zum Abschnitt 2.4.3. Die akzeptierte Versagenswahrscheinlichkeit wird nach Gleichung (10) über die bedingte Versagenswahrscheinlichkeit in die Berechnung eingeführt. Die Sicherheitsbeiwerte der Gebäudeklassen 3 und 4 werden dann ins Verhältnis zum entsprechenden Sicherheitsbeiwert der Gebäudeklasse 5 gesetzt. Damit diese Verhältniswerte unabhängig von der Brandbekämpfungsabschnittsgröße werden, wird gemäß [14] der Auswertung eine durchschnittliche Brandbekämpfungsabschnittsgröße je Gebäudeklasse zugrunde gelegt. Die Vorgehensweise ist analog zu der Berechnung des Zusatzbeiwertes α_L nach Abschnitt 2.4.5.

Um durchschnittliche Brandbekämpfungsabschnittsgrößen für die unterschiedlichen Gebäudeklassen festlegen zu können, wurden von den Verfassern Daten des Niedersächsischen Landesamtes für Statistik bezüglich der fertiggestellten Büro- und Verwaltungsgebäude für das Land Niedersachsen im Zeitraum von 1983 bis 2000 ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt. Hinsichtlich der Zuordnung von Geschossigkeit zu den Gebäudeklassen 3 bis 5 wurde von üblichen Geschosshöhen ausgegangen.

Tabelle 6: Durchschnittliche Brandbekämpfungsabschnittsfläche für die Gebäudeklassen 3,4 und 5 aus den Baufertigstellungen in Niedersachsen (1983 - 2000)

Gebäudeklasse	Anzahl der Geschosse G	durchschnittl. Nutzungs- bzw. Brandbekämpfungsabschnittsfläche [m ²]
3	≤ 3	769
4	3 < G ≤ 5	3651
5	5 < G ≤ 8	6083

Mit den in Tabelle 6 angesetzten durchschnittlichen Brandbekämpfungsabschnittsflächen A_B und den akzeptierten Versagenswahrscheinlichkeiten nach Tabelle 4 werden die Sicherheitsbeiwerte für die jeweilige Gebäudeklasse berechnet und anschließend ins Verhältnis zur Gebäudeklasse 5 gesetzt (s. Tab. 7). Mögliche Abweichungen der Sicherheitsbeiwerte für auf Bundesebene erhobenes statistisches Datenmaterial sind marginal, weil der Wert der akzeptierten Versagenswahrscheinlichkeit den ausschlaggebenden Einfluss hat.

Tabelle 7: Faktor zur Berücksichtigung der Gebäudeklasse

Gebäudeklasse	A_B [m ²]	γ Gebäudeklasse 3,4	γ Gebäudeklasse 5	Abminderungsfaktor Gebäudeklasse
3	750	0,40	1,09	0,4
4	3500	0,93	1,48	0,6

In der DAST-Ri 019 werden die Abminderungsfaktoren der Tabelle 7 angegeben.

2.4.5 Berücksichtigung besonderer Maßnahmen zur Brandmeldung und Brandbekämpfung

Besondere Maßnahmen zur Brandmeldung und Brandbekämpfung sind Maßnahmen, die die Entwicklung und Ausbreitung eines Brandes beeinträchtigen oder diesen günstigstenfalls löschen. Dazu gehören automatische Brandmeldeanlagen, Werkfeuerwehren und selbsttätige Feuerlöschanlagen. Diese sind wichtiger Bestandteil der brandschutztechnischen Infrastruktur. Derartige Maßnahmen erhöhen das Sicherheitsniveau deutlich und können Anforderungen an konstruktive bauliche Brandschutzmaßnahmen reduzieren. Dieser Abschnitt behandelt die formale Umsetzung dieses Sachverhaltes in der DAST-Ri 019.

Besondere Maßnahmen zur Brandmeldung und Brandbekämpfung reduzieren die Brandaktivierungsgefahr. In Einzelfällen ist aufgrund dieser Maßnahmen das Risiko eines gefährlichen Brandes so gering, dass kein konstruktiver Brandschutz mehr erforderlich ist. Ein Beispiel dafür aus einem anderen Nutzungsbereich ist die Regelung, dass in eingeschossigen Verkaufsstätten mit Sprinklerung keine Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile gestellt werden.

In Anlehnung an die Industriebaurichtlinie werden in der DAST-Ri 019 Sicherheitskategorien definiert, denen Zusatzbeiwerte α_L zugeordnet sind und mit denen die rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer reduziert wird. Diese Zusatzbeiwerte α_L werden über die veränderte Wahrscheinlichkeit, dass aus einem Brand ein Vollbrand entsteht, berechnet (vgl. Abschn. 2.4.3). Sind die gewählten Maßnahmen statistisch unabhängig voneinander, kann die Wahrscheinlichkeit eines vollentwickelten Brandes durch Multiplikation der einzelnen Versagenswahrscheinlichkeiten berechnet werden. Je effektiver die gewählte Maßnahme ist, desto kleiner ist die Versagenswahrscheinlichkeit. Danach werden Sicherheitskategorien gebildet, die Klassierungsstufen für die brandschutztechnische Infrastruktur sind.

Der Normalfall ohne besondere Maßnahmen wird durch die Sicherheitskategorie K1 beschrieben. Die durchschnittliche Wirksamkeit einer Löschmaßnahme der öffentlichen Feuerwehr ist 90 %. Dementsprechend beträgt die Versagenswahrscheinlichkeit einer Löschmaßnahme der Feuerwehr 10 % und geht in die Berechnung über den Wert $p_2 = 0,1$ ein [9] (vgl. Gleichung (9), Abschn. 2.4.3).

Die besonderen Maßnahmen zur Brandmeldung und Brandbekämpfung werden für die einzelnen Sicherheitskategorien über die entsprechende Versagenswahrscheinlichkeit p_3 erfasst (s. Tabelle 8). Die Werte basieren auf den Angaben in [5, 11].

Tabelle 8: Versagenswahrscheinlichkeit p_3 besonderer Maßnahmen zur Brandmeldung und Brandbekämpfung

Sicherheitskategorie	Besondere Maßnahmen zur Brandmeldung oder Brandbekämpfung	Versagenswahrscheinlichkeit p_3
K1	keine	$p_3 = 1$
K2	mit Brandmeldeanlage	$p_3 = 0,5$
K3	mit Brandmeldeanlage und Werkfeuerwehr	$p_3 = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25$
K4a	mit selbsttätiger Löschanlage	$p_3 = 0,01$
K4b	mit selbsttätiger Löschanlage und automatischer Brandmeldeanlage	$p_3 = 0,01 \cdot 0,5 = 0,005$

Werden die Versagenswahrscheinlichkeiten p_3 nach Tabelle 8 in Gleichung (9) eingesetzt, so ergeben sich für jede Sicherheitskategorie Sicherheitsbeiwerte in Abhängigkeit von der Größe des betrachteten Brandbekämpfungsabschnittes. Zur Vereinfachung werden die Sicherheitsbeiwerte für durchschnittliche Flächen analog zum Abschnitt 2.4.4 berechnet. Der Zusatzbeiwert α_L wird über Gleichung (19) berechnet.

$$\alpha_L = \frac{\gamma_{p3}}{\gamma_m} \quad (19)$$

γ_{p3} Sicherheitsbeiwert unter Berücksichtigung der geringeren Brandaktivierungsgefahr nach Gleichung (16) für die entsprechende Sicherheitskategorie.

γ_m Sicherheitsbeiwert für die Sicherheitskategorie K1 und eine durchschnittliche Gebäudegröße.

Aus den Gleichungen (17), (18) und (19) wird Gleichung (20) zur Berechnung des Zusatzbeiwertes α_L abgeleitet [14].

$$\alpha_L = \exp[(\alpha_F \cdot \xi_F - \alpha_{\bar{a}} \cdot \xi_{\bar{a}}) (\beta_{p3} - \beta_m)] \quad (20)$$

Zur Bestimmung der durchschnittlichen Fläche eines Brandbekämpfungsabschnittes für Büro- und Verwaltungsgebäude haben die Verfasser die Baufertigstellungen (1994 - 2000) in ganz Deutschland aus dem Zeitreihenservice des Statistischen Bundesamtes ausgewertet. Daraus ergab sich eine durchschnittliche Nutzfläche für Büro- und Verwaltungsgebäude von 1540 m². Für die Berechnung des Zusatzbeiwertes α_L wird danach eine durchschnittliche Bezugsfläche $A_m = 1500$ m² festgelegt. In Gl. (20) geht neben der durchschnittlichen Bezugsfläche auch die Fläche des zu bemessenen Brandbekämpfungsabschnittes ein. Grundsätzlich wird der Zusatzbeiwertes α_L mit gleichen Flächen bestimmt (Tabelle 9).

Aufgrund der im Vergleich zu den Sicherheitskategorien K2 und K3 stärkeren Reduktion der Versagenswahrscheinlichkeiten würde dieses Vorgehen für die Sicherheitskategorien K4a und K4b (mit Sprinklerung) rechnerisch zu Zusatzbeiwerten $\alpha_L = 0$ führen. Daher wird analog zu dem Vorgehen bei der Industriebaurichtlinie ein konservativerer Ansatz verfolgt, mit dem faktisch die Versagenswahrscheinlichkeit p_3 der Sprinklerung erhöht wird. Die Auswertung der Gleichung (20) mit der durchschnittlichen Bezugsfläche $A_m = 1500$ m² ergibt für die Sicherheitskategorie K4a die in Bild 4 dargestellte Abhängigkeit des Zusatzbeiwertes α_L von der zu bemessenen Brandbekämpfungsabschnittsfläche A_{p3} . Auf der sicheren Seite wird für die Festlegungen in der DAST-Ri 019 $A_{p3} = 5000$ m² gesetzt.

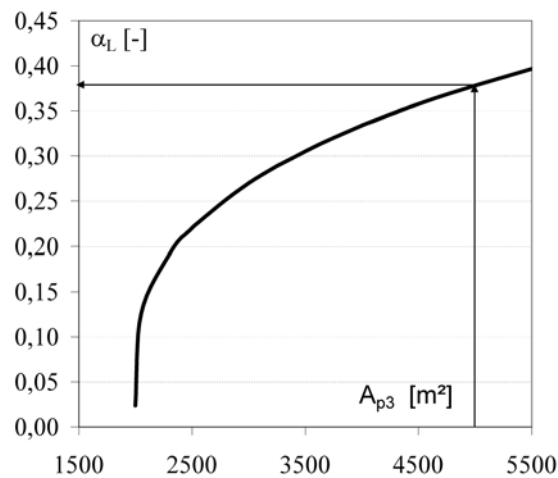


Bild 4: Zusatzbeiwert α_L für die Sicherheitskategorie K4a bei einer durchschnittlichen Bezugsfläche $A_m = 1500 \text{ m}^2$ in Abhängigkeit von der zu bemessenen Brandbekämpfungsabschnittsfläche A_{p3}

Tabelle 9: Parameter zur Berechnung der Zusatzbeiwerte α_L – Berücksichtigung der Sicherheitskategorie

	p_3	$A_m \text{ [m}^2\text{]}$	$A_{p3} \text{ [m}^2\text{]}$	α_L	$\alpha_L - \text{DAST}$
K2	0,5	1500	1500	0,87	0,9
		5000	5000	0,89	
K3	0,25	1500	1500	0,74	0,8
		5000	5000	0,78	
K4a	0,01	1500	5000	0,38	0,4
K4b	0,005	1500	5000	0,22	0,3

Sollen besondere Maßnahmen zur Brandmeldung und Brandbekämpfung, die durch eine der Sicherheitskategorien K2 bis K4b charakterisiert sind, berücksichtigt werden, dann wird der globale Sicherheitsbeiwert γ mit dem entsprechenden Zusatzbeiwert α_L nach Tabelle 9 multipliziert.

2.5 Rechnerische Brandbelastung

Die Brandeinwirkung auf tragende Bauteile wird wesentlich von der Brandbelastung q bestimmt. Eine entscheidende Voraussetzung für die Anwendbarkeit eines Nachweiskonzeptes ist die Festlegung charakteristischer Parameter. Die Richtlinienkommission hat es in einem frühen Stadium für unbedingt erforderlich angesehen, die Brandbelastung für Büro- und Verwaltungsgebäude auf der Basis statistischer Daten festzulegen, weil es praktisch nicht durchführbar ist, die Brandlasten im Einzelfall zu erheben. In diesem Abschnitt wird beschrieben, auf welcher Grundlage die charakteristischen Werte für die Brandbelastung in der DAST-Ri 019 festgelegt worden sind.

Die Brandbelastung ist die Masse des gesamten, brennbaren Materials eines Brandbekämpfungsabschnittes, multipliziert mit dem entsprechenden Heizwert und bezogen auf die Fläche. Das Ingenieurmodell setzt einen vollentwickelten Brand voraus. Punktuelle Brandlastkonzentrationen sind zu berücksichtigen. Weicht die Brandbelastung mehr als 50 % von der durchschnittlichen Brandbelastung ab (z.B. Archive), dann sollte für diesen Bereich ein eigenständiger Brandbekämpfungsabschnitt gebildet werden.

Die rechnerische Brandbelastung q errechnet sich über folgende Gleichung [2]:

$$q = \Sigma (H_{ui} \cdot m_i \cdot M_i) / A_B \quad (21)$$

Darin bedeuten:

H_{ui}	Heizwert des einzelnen Stoffes [kWh/kg]
m_i	Abbrandfaktor des einzelnen, brennbaren Stoffes [-]
M_i	Masse des einzelnen Stoffes [kg]
A_B	Fläche des Brandbekämpfungsabschnittes [m ²]

Der Heizwert und der Abbrandfaktor werden aus Versuchen bestimmt. Sind diese Werte bekannt, dann kann die Brandbelastung über eine Massenermittlung in einem Gebäude bestimmt werden. Dabei ist zu beachten, dass sich je nach Lagerungsdichte und Anordnung unterschiedliche Werte für den Abbrandfaktor ergeben können.

Aus der Literatur kristallisieren sich für Büro- und Verwaltungsgebäude drei Nutzungsbereiche, für die signifikant unterschiedliche Brandbelastungen innerhalb eines Gebäudes angegeben werden. Räume mit durchschnittlicher Brandbelastung sind Büroräume und Konferenzräume einschließlich Flure. Bereiche mit hoher Brandbelastung sind Archive und Bibliotheken. Atrien zur Empfangsnutzung, die als eigenständiger Brandbekämpfungsabschnitt ausgeführt werden, weisen deutlich geringere Brandbelastungen als übliche Büroräume auf. Soll beim brandschutztechnischen Nachweis von dieser Differenzierung Gebrauch gemacht werden, dann muss die Raumordnung im Planungsstadium festgelegt werden. Dies ist bei der Tragwerksplanung nicht ungewöhnlich, wenn beispielsweise die Verkehrslast für Archive mit 5 kN/m² und für Büroräume mit lediglich 2 kN/m² angesetzt wird.

Damit die rechnerische Brandbelastung $q_{f,k}$ festgelegt werden kann, müssen die Nutzung bzw. die Brandbelastungen der einzelnen Gebäude vergleichbar und statistisch zugänglich sein. Dies ist bei Büro- und Verwaltungsgebäuden der Fall. Diese aufwendigen, statistischen Untersuchungen sind bereits durchgeführt worden. Die aus der Literatur bekannten Werte werden im Folgenden verglichen und unter Berücksichtigung der beschriebenen Nutzungen innerhalb eines Gebäudes ausgewertet.

Der Probabilistic Model Code [12] gibt eine durchschnittliche Brandbelastung von 165 kWh/m² und einen Variationskoeffizienten von 0,3 an. Bei diesem Mittelwert wird nicht zwischen der unterschiedlichen Nutzung innerhalb eines Gebäudes differenziert. Im Natural Fire Safety Concept [5] und in [8] wird eine durchschnittliche Brandbelastung von 115 kWh/m² mit einem Variationskoeffizienten von 0,3 für übliche Büroräume angegeben. Für Archive wird eine mittlere Brandbelastung von 415 kWh/m² angegeben. Die Bedeutung einer differenzierten Betrachtungsweise unterschiedlicher Raumnutzungen zeigt eine finnische Studie [16]. Für Konferenzräume wurde eine mittlere Brandbelastung von 100 kWh/m² ermittelt und für Archive 555 kWh/m². Aus 11 vollständig untersuchten Gebäuden ergab sich ein Mittelwert von 200 kWh/m², der allerdings die Brandbelastung von Archiven und ähnlichen Räumen beinhaltet. In [5] ist die Brandbelastung mit einer Gumbel-I Verteilung abgebildet und in [12] und [16] wird eine logarithmisch normalverteilte Brandbelastung angesetzt. Der Unterschied zwischen diesen Verteilungen ist hier jedoch vernachlässigbar. Der DAST-Ri 019 liegt eine logarithmische Normalverteilung zugrunde.

Ein Vergleich der statistischen Angaben zeigt, dass der Mittelwert der Brandbelastung für Büro- und Verwaltungsgebäude ohne Sonderräume bzw. übliche Büroräume (115 kWh/m^2) aufgrund der größeren Papiermenge über dem Mittelwert der Konferenzräume (100 kWh/m^2) liegt. Werden Sonderräume bzw. Archive in die Werte mit eingerechnet, dann erhöht sich die durchschnittliche Brandbelastung (165 kWh/m^2 bzw. 200 kWh/m^2). Die mittlere Brandbelastung für Bibliotheken nach [5] (415 kWh/m^2) ist im Vergleich zur finnischen Studie (555 kWh/m^2) [16] geringer.

Die Literaturangaben enthalten keine differenzierten Angaben zu der Zusammensetzung der Brandbelastungen in Bürogebäuden. Untersuchungen der Verfasser in den eigenen Büroräumen des Instituts für Stahlbau der Universität Hannover ergaben exemplarisch die in Bild 5 dargestellte Verteilung der erhobenen Brandbelastung für alle Räume. Den Hauptanteil zur Brandlast stellen erwartungsgemäß Möbel und Papier (z.B. Akten und Bücher). Auffällig hoch war hier der Anteil der „eingebauten“ Brandlast durch Innenausbauten wie Heizkörperverkleidungen und Einbauschränke. Die Brandlasten der Elektronikgeräte wie Computer, Faxgeräte und Drucker sind vergleichsweise gering. Dies erlaubt, Bereiche wie CAD-Pools hinsichtlich der Brandlasten nicht höher zu bewerten als übliche Büroräume. Die eigene Erhebung bestätigte insgesamt die in der Literatur angegebenen Brandlasten und im besonderen, dass die Brandlast im Bibliotheksbereich mit dem mehr als dreifachen Wert des übrigen Bereichs signifikant höher ist.

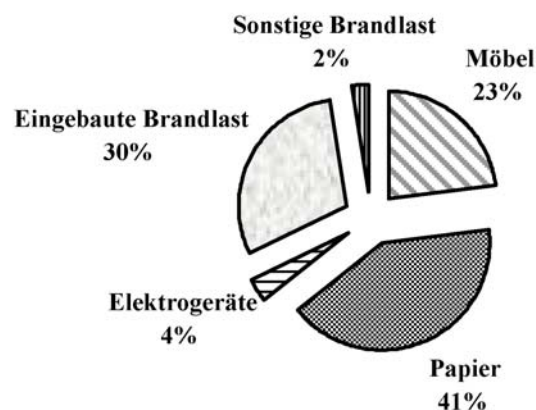


Bild 5: Brandbelastung am Institut für Stahlbau

In der DAST-Ri 019 wurden die Werte aus [5] übernommen.

Tabelle 10: Brandbelastung für verschiedene Nutzungsbereiche [5]

Nutzung	90 % Fraktile / (DAST-Ri 019) [kWh/m^2]	80 % Fraktile [kWh/m^2]	Mittelwert [kWh/m^2]
Atrien (public space)	45	34	28
Büro (office, standard)	160	142	117
Bibliothek, Archiv (Library)	580	507	417

Es wird eine mittlere Brandbelastung für Büro- und Verwaltungsgebäude ohne Sonderräume als Normalfall angesetzt. Als Sonderräume werden Archive oder Bibliotheken definiert (Tabelle 10). Der im Vergleich zur finnischen Studie geringere Mittelwert der Archive wirkt sich aufgrund des in der DAST-Ri 019 verankerten Abschottungsprinzips nicht auf die Bemessung aus. Zudem werden in den aktuellen Bestimmungen keine besonderen Maßnahmen für Archive verlangt.

3 Anwendungsregeln

3.1 Übersicht

Bild 6 verdeutlicht in einer Übersicht die wesentlichen Elemente des Nachweiskonzeptes der DAST-Ri 019. Im Mittelpunkt steht die Ermittlung des Bemessungswertes der Brandbelastung q_d , der sich aus nutzungsspezifischen, charakteristischen Werten der Brandbelastung q_k unter Einbeziehung der Sicherheitselemente γ (Größe der Brandbekämpfungsabschnitte und Gebäudeklasse) und α_L (brandschutztechnische Infrastruktur) ergibt. Mit dem Bemessungswert der Brandbelastung q_d wird dann unter Anwendung des Verfahrens der äquivalenten Branddauer eine rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer $erf\ t_f$ ermittelt, die maßgebend für die Festlegung der Anforderungen an die tragenden Bauteile, ausgedrückt in Feuerwiderstandsklassen, ist. Der brandschutztechnische Nachweis der Bauteile erfolgt über die bauaufsichtlich eingeführten Bemessungsverfahren der DIN 4102-4 oder die „heißen“ Eurocodes. Alternativ zu dem Weg über $erf\ t_f$ sind die Möglichkeiten zur Anwendung ingenieurmäßiger Verfahren des baulichen Brandschutzes eröffnet.

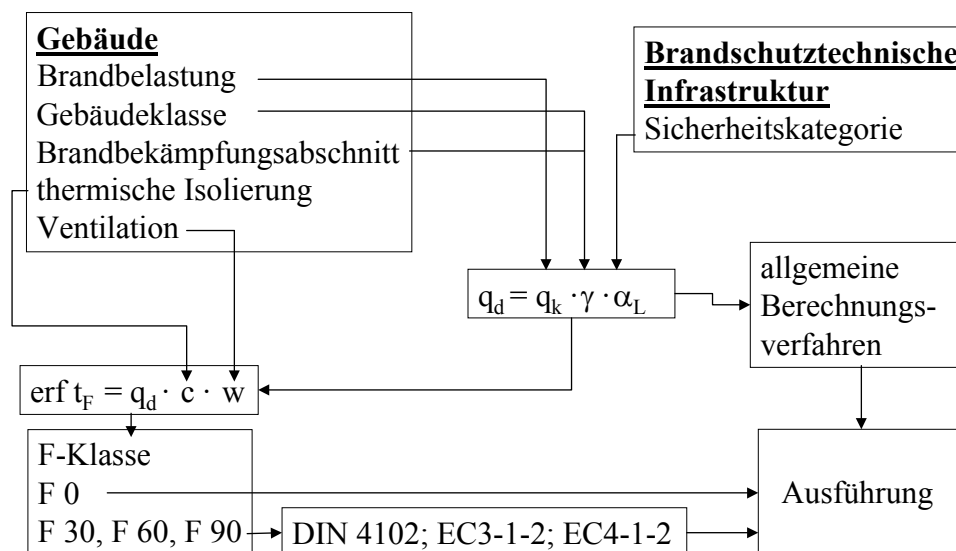


Bild 6: Nachweisformat der DAST-Ri 019

3.2 Rechnerische erforderliche Feuerwiderstandsdauer

Die rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer errechnet sich über die Gleichung:

$$erf\ t_f = q_d \cdot c \cdot w \leq 90 \text{ min} \quad (22)$$

mit

q_d Brandbelastung, bezogen auf die Grundfläche des Brandbekämpfungsabschnittes [kWh/m²]

- c Umrechnungsfaktor zur Berücksichtigung der thermischen Wirkung der Umfassungsbauteile [$\text{min}\cdot\text{m}^2 / \text{kWh}$] nach Tabelle 11

Tabelle 11: Umrechnungsfaktor c in Abhängigkeit von den thermischen Eigenschaften des Brandbekämpfungsabschnittes

$b = (\rho \lambda c_w)^{0,5}$	c [$\text{min}\cdot\text{m}^2 / \text{kWh}$]
$b > 2500$	0,15
$750 \leq b \leq 2500$	0,20
$b < 720$	0,25

ρ Dichte der Schicht [kg/m^3]
 c_w spezifische Wärmekapazität der Schicht [$\text{J}/(\text{kg K})$]
 λ Wärmeleitfähigkeit der Schicht [$\text{W}/(\text{m K})$]

- w Faktor zur Berücksichtigung der Ventilationsverhältnisse [-] (Bild 7)

$$w = \left(\frac{6}{H}\right)^{0,3} \left(0,62 + 90 \frac{(0,4 - a_v)^4}{(1 + b_v \cdot a_h)}\right) \geq 0,5 \quad (23)$$

mit

$$b_v = 12,5(1 + 10a_v - a_v^2) \geq 10 \quad (24)$$

$a_v = \frac{A_v}{A_f}$ Fläche der vertikalen Öffnungen A_v der Fassade bezogen auf die Grundfläche des Brandbekämpfungsabschnittes, wobei der Grenzwert $0,025 \leq a_v \leq 0,25$ einzuhalten ist [-]

$a_h = \frac{A_h}{A_f}$ Fläche der horizontalen Öffnungen A_h im Dach bezogen auf die Grundfläche des Brandbekämpfungsabschnittes [-]

H die Höhe des Brandbekämpfungsabschnittes [m]

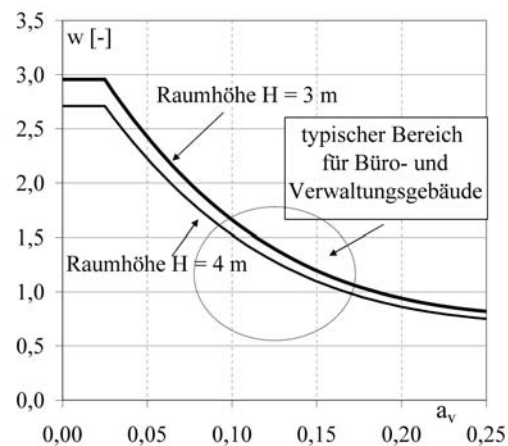


Bild 7: Wärmeabzug w nach Gleichung (23) für unterschiedliche Raumhöhen

Der Faktor c berücksichtigt die thermischen Eigenschaften des Gebäudes und der Faktor w die Ventilationsbedingungen; diese entsprechenden Beziehungen sind aus DIN 18230 übernommen worden. Die Brandbelastung der Büro- und Verwaltungsgebäude ist in q_d enthalten. Mit den vorgestellten Parametern wird eine rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer in Minuten berechnet, welche das Risiko eines gefährlichen Brandes für Büro- und Verwaltungsgebäude, die tatsächliche Brandeinwirkung auf die Bauteile, die Rettungs- und Brandbekämpfungsmöglichkeiten der Feuerwehr und ggfs. besondere Maßnahmen der Brandmeldung und Brandbekämpfung berücksichtigt.

Der rechnerisch erforderlichen Feuerwiderstandsdauer $erf t_f$ nach Gl. (23) ist nun ein charakteristischer Wert der Feuerwiderstandsdauer nach Tabelle 12 zuzuordnen, der nach Gl. (17) einem 10 % Fraktilwert entsprechen soll. Dabei wird jeweils auf die nächste höhere erforderliche Feuerwiderstandsklasse gerundet. Diese Regelung in Verbindung mit der Bestimmung der Feuerwiderstandsklasse aus Normbrandversuchen unter ETK-Beanspruchung gewährleistet die genannten Forderungen [14].

Des Weiteren ist eine Unterscheidung zwischen tragenden und trennenden Bauteilen erforderlich. Die rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer gilt für die zu bemessene Brandbekämpfungsabschnittsfläche. Ein Brand auf dieser Fläche darf den angrenzenden Brandbekämpfungsabschnitt nicht beeinflussen. Das hier zugrunde liegende Abschottungsprinzip hat als Mindestanforderung die Feuerwiderstandsklasse F 30 zur Folge. Grenzen zwei Brandbekämpfungsabschnitte aneinander, dann ist für das trennende Bauteil die größere Feuerwiderstandsklasse maßgebend (Tabelle 12).

Tabelle 12: Feuerwiderstandsklassen von tragenden Stahl- und Verbundbauteilen in Abhängigkeit von der rechnerisch erforderlichen Feuerwiderstandsdauer erf t_f

Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer erf t_f [min]	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 von Bauteilen,..	
	die Brandbekämpfungsabschnitte trennen oder überbrücken	die nicht Spalte 2 entsprechen
1	2	3
$0 \leq \text{erf } t_f \leq 15^*)$	F 30	keine Anforderungen
$15^*) < \text{erf } t_f \leq 30$	F 30	
$30 < \text{erf } t_f \leq 60$	F 60	
$60 < \text{erf } t_f \leq 90$	F 90	
*) Bei Konstruktionen mit durchlaufenden Stützen und durchlaufenden Verbundträgern darf dieser Wert um 5 min erhöht werden.		

Mit der ermittelten Feuerwiderstandsklasse sind die Anforderungen, die über die rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer ausgedrückt werden, mit den geltenden Baubestimmungen verknüpft.

3.3 Bauteile ohne Anforderungen

Die Richtlinienkommission hat für einen eingeschränkten Parameterbereich Bedingungen erarbeitet und definiert, bei deren Einhaltung für Bürogebäude keine Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile gestellt werden sollten. Diese Bedingungen lauten:

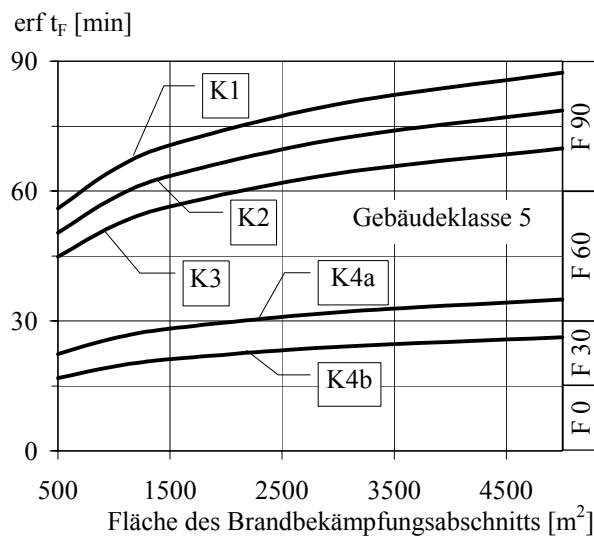
- Es handelt sich um Bürogebäude geringer Höhe (Gebäudeklasse 3);
- Die Nutzungsfläche pro Geschoss ist begrenzt auf 400 m².
- Der zweite Rettungsweg wird ebenfalls baulich ausgeführt.
- Die Anzahl der Gebäudenutzer ist auf 60 beschränkt.
- Das Gebäude verfügt über eine hausinterne Brandmeldeanlage.
- Der betroffene Brandbekämpfungsabschnitt muss mit mindestens drei Seiten an Außenwänden liegen und von dort für die Feuerwehr zugänglich sein.

Damit wird für eine in Gewerbegebieten häufig gebaute Kombination von Lager- oder Produktionshalle mit angeschlossenem kleinen Bürogebäude eine wesentliche Erleichterung vorgesehen. Dabei sind für die Halle und das Bürogebäude getrennte Brandbekämpfungsabschnitte zu bilden. Der zweite Rettungsweg des Bürogebäudes kann dann z.B. durch entsprechend qualifizierte Türen und über Treppen in die Halle führen.

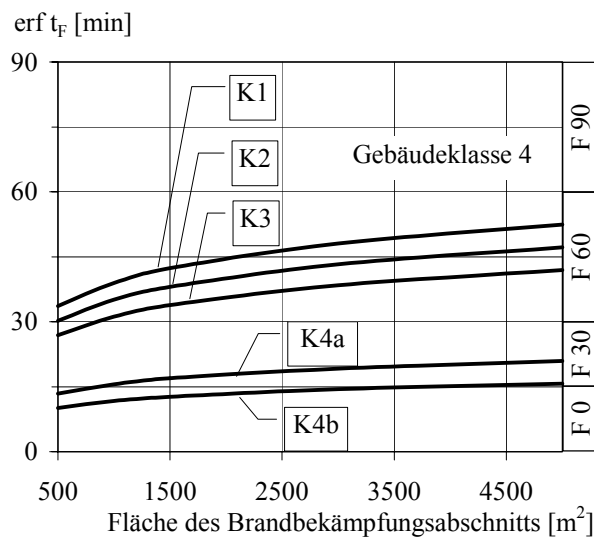
4 Parameterstudie

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse einer Parameterstudie wiedergegeben, die aufzeigen soll, welche Unterschiede und insbesondere Vorteile im Sinne von Erleichterungen gegenüber den Landesbauordnungen sich durch die Anwendung der DAST-Ri 019 für Büro- und Verwaltungsgebäude ergeben.

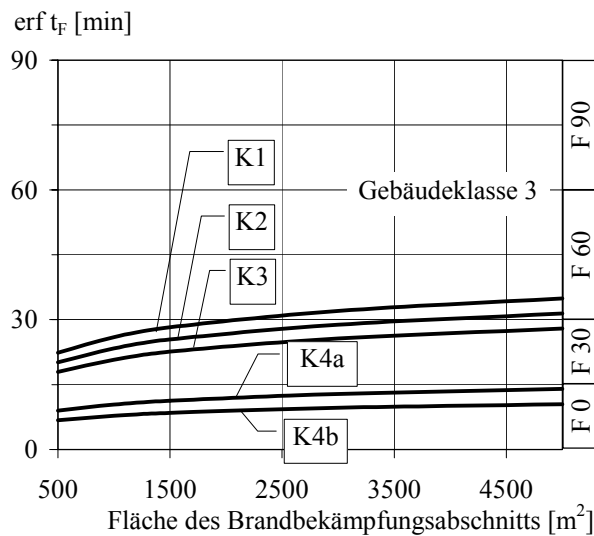
Unter der Annahme einer normalen Brandbelastung von $q_k = 160 \text{ kWh/m}^2$ sowie für einen Umrechnungsfaktor $c = 0,25 \text{ min}\cdot\text{m}^2/\text{kWh}$ und einem Faktor $w = 1,4$ für die Ventilation, das entspricht Fensterflächen von etwa $1/8$ der Grundfläche, wird in dem Bild 8a) bis c) gezeigt, welche Feuerwiderstandsklassen sich in Abhängigkeit von den Flächen der Brandbekämpfungsabschnitte und der Sicherheitskategorie (vgl. Tab. 8) für die unterschiedlichen Gebäudeklassen ergeben. Die getroffenen Annahmen entsprechen dabei gewöhnlichen Verhältnissen. Die Fläche der Brandbekämpfungsabschnitte ergibt sich aus der Grundfläche multipliziert mit der Anzahl der Geschosse.



a) Gebäudeklasse 5



b) Gebäudeklasse 4



c) Gebäudeklasse 3

Bild 8: Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer für Bürogebäude unterschiedlicher Gebäudeklassen in Abhängigkeit von der Fläche des Brandbekämpfungsabschnitts und der Sicherheitskategorie (Umrechnungsfaktor $c = 0,25 \text{ min} \cdot \text{m}^2/\text{kWh}$, Ventilationsfaktor $w = 1,4$)

Aus Bild 8a ist erkennbar, dass sich in der Gebäudeklasse 5 (bis 22 m entsprechend 7 bis 8 Obergeschossen) in der Sicherheitskategorien K1 bis K3 meist die geforderte Feuerwiderstandsklasse F 90 ergibt. Das entspricht den heutigen Anforderungen der Landesbauordnungen. Bei Anordnung von Sprinkleranlagen ist eine Reduzierung auf F 60 bis ggfs. F 30 möglich.

In der Gebäudeklasse 4 (bis 13 m entsprechend 5 Obergeschossen) lässt sich aus Bild 8b ableiten, dass sich in den Sicherheitskategorien K1 bis K3 die geforderte Feuerwiderstandsklasse F 60 ergibt. Das entspricht dem Entwurf für die Musterbauordnung. Bei Anordnung von Sprinkleranlagen ergibt sich eine Reduzierung auf F 30. Bei Gebäuden mit kleinen Grundflächen wäre es ggfs. in der Sicherheitskategorie K4b sogar möglich, keine Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile zu stellen.

Für die Gebäudeklasse 3 (bis 7 m entsprechend 3 Obergeschossen) zeigt Bild 8c, dass sich in den Sicherheitskategorien K1 bis K3 in der Regel die geforderte Feuerwiderstandsklasse F 30 ergibt. Bei größeren Grundflächen ist dafür ggfs. eine Brandmeldeanlage erforderlich. Bei Anordnung von Sprinkleranlagen kann auf Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile verzichtet werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich gegenüber den bisherigen pauschalen Festlegungen von F 90 Erleichterungen durch die unterschiedlichen Gebäudeklassen und die Anrechnung der brandschutztechnischen Infrastruktur ergeben, die unter günstigen Voraussetzungen auch die Ausführung ungeschützter Stahlkonstruktionen ermöglichen.

5 Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden die DAST-Richtlinie 019 „Brandsicherheit von Stahl- und Verbundbauteilen in Büro- und Verwaltungsgebäuden“ vorgestellt und die Grundlagen des Nachweiskonzeptes dokumentiert.

Wesentliche Pfeiler des Nachweiskonzeptes sind das Verfahren der äquivalenten Branddauer und das probabilistische Sicherheitskonzept. Im Detail wird dargestellt, wie die Festlegungen der maßgebenden Parameter wie z.B. Sicherheitsbeiwerte und Brandbelastungen in der Richtlinie begründet sind.

Die Regelungen der Richtlinie selbst werden in einer Übersicht knapp dargestellt. Dabei wird auch auf einen besonders definierten Gebäudetyp geringer Höhe eingegangen, für den keine Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile gestellt werden.

In einer Parameterstudie werden exemplarisch Anforderungen an den Feuerwiderstand nach der neuen Richtlinie für unterschiedliche Gebäudegrößen und -höhen ermittelt und mit den zur Zeit gültigen Festlegungen der Landesbauordnungen verglichen. Dadurch werden die Bereiche identifiziert, in denen die neue DAST-Ri 019 Erleichterungen bringen kann.

Die DAST-Ri 019 leistet einen Beitrag dazu, passive bauliche Brandschutzmaßnahmen an Stahl- und Verbundbauteilen bei Büro- und Verwaltungsgebäuden auf das zur Einhaltung der bestehenden Sicherheitsstandards erforderliche Maß zu beschränken. Dadurch wird die Wettbewerbsfähigkeit der Stahl- und Verbundbauweise in diesem Anwendungsbereich gestärkt.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich auf diesem Wege herzlich bei dem Vorsitzenden des DAST Leitausschusses V „Bewahrung“, DSTV-Präsident Müller-Donges, und allen anderen Mitgliedern des Richtlinienausschusses für die konstruktive Zusammenarbeit. Der besondere Dank gilt der Vereinigung Bauen mit Stahl e.V. für die finanzielle Förderung der umfangreichen, wissenschaftlichen Untersuchungen zu der Richtlinienerstellung.

6 Literatur

- [1] Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebaurichtlinie – M IndBauRL), Konferenz der für das Städtebau-, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU), (03.2000)
- [2] DIN 18230-1, Baulicher Brandschutz im Industriebau – Teil 1: Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer., Berlin :Beuth Verlag 05.1998
- [3] MBO Musterbauordnung für die Länder der Bundesrepublik Deutschland, Konferenz der für das Städtebau-, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU), (Entwurf 11.2000), Internet: <http://www.is-ergebau.de>
- [4] Bongard, W.: Ein graphischer Bewertungsmaßstab zur Bestimmung des baulichen Brandschutzes. DER BAUINGENIEUR 36 (1961), H. 2, S. 66 - 69.
- [5] Schleich, J.B.; Cajot, L.: Brandsicherheitskonzept unter Berücksichtigung von Naturbrand. EGKS-Projekt 7215-PA/PB/PC-057, ARBED-Recherches, Esch/Alzette, Luxemburg 2001
- [6] DAST-Richtlinie 019 - Brandsicherheit von Stahl- und Verbundbauteilen in Büro- und Verwaltungsgebäuden (11`2001), Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Düsseldorf <http://www.bauen-mit-stahl.de/brandschutz.htm>
- [7] Schneider, U.: Ingenieurmethoden im Baulichen Brandschutz. Renningen: expert-Verlag 2001

- [8] Thomas, P.H.: Design Guide Structural Fire Safety. Fire Safety Journal 10 (1986), S. 75-137
- [9] Schneider, U., Max, U.: Baulicher Brandschutz im Industriebau - Kommentar zu DIN 18230. Berlin: Beuth Verlag 1999.
- [10] Steinert, C.: Das Verbindungsglied t_a "t-äquivalent" zwischen natürlichem Großbrand und ETK-Normbrand oder - Was kann die rechnerische Brandsimulation zur Aufstellung von Bewertungsverfahren im Sinne von DIN 18230 beitragen? VFDB (1998), S. 60-71
- [11] Erläuterungen zur Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau, Projektgruppe "Brandschutz im Industriebau" der Fachkommission "Bauaufsicht" der ARGEBAU, 03.2000
- [12] Vrouwenvelder, T.: Probabilistic Model Code. Joint Committee on Structural Safety, Internet: <http://www.jcss.ethz.ch/> 11.2000
- [13] Bub, H., Hosser, D., Kersken-Bradley, M., Schneider, U.: Eine Auslegungssystematik für den baulichen Brandschutz. Berlin: Beuth Verlag 1981
- [14] Bub, H.: Baulicher Brandschutz im Industriebau. Berlin: Beuth Verlag 1979
- [15] Schaumann, P., Hothan, S.: Chances and Limits of the Time-Equivalence-Method in Structural Fire Design. Nordic Steel Construction Conference 2001 Proceedings, Helsinki 2001, S. 573-580
- [16] Kalervo, K., Keski-Rahkonen, O.: Fire Loads in Office Buildings; 3rd International Conference on Performance Based Codes and Fire Safety Design Methods. Bethesda, Maryland, USA: Society of Fire Protection Engineers 2000, S. 278-286