

## **Prüfung von ingenieurgemäßen Brandsicherheitsnachweisen**

---

Stand: 03.2011

### **Anwendbarkeit der vfdb RL 01/01 und des vfdb Leitfadens TB 04/01**

Dr.-Ing. Jürgen Wiese

Halfkann und Kirchner, Erkelenz

### **Inhalt**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Einbindung von rechnerischen Nachweisen in Brandschutzkonzepte</b>	<b>5</b>
2.1	Voraussetzungen für die Akzeptanz von FSE-Nachweisen	6
2.2	Hinweise zur Durchführung von Prüfungen der FSE-Nachweise	7
2.3	Grundsätze für die Aufstellung von Nachweisen mit den Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens	9
2.4	Hinweise des vfdb-Leitfadens zur Einbindung von FSE-Nachweisen in Brandschutzkonzepte	15
<b>3</b>	<b>Empfehlungen zur Prüfung von FSE-Nachweisen</b>	<b>18</b>
3.1	Aufgaben und Ziele der Prüfung von FSE-Nachweisen	18
3.2	Dokumentation als Voraussetzung für die Prüfung	21
3.3	Begründung der gewählten Analyse-Strategie	22
3.4	Feststellung der Eignung verwendeter Nachweis-Modelle	23
3.5	Dokumentation von Eingangsdaten und vorausgesetzten Randbedingungen	24
3.6	Darstellung und Interpretation von Rechenergebnissen in Bezug auf die Aufgabenstellung	25
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>Literatur und Quellen</b>	<b>28</b>

## EINLEITUNG

---

Als im Jahre 2004 erstmalig über Hilfestellungen für die Prüfung von ingenieurgemäßen Brandsicherheitsnachweisen - insbesondere mit den rechnerischen Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens / Fire Safety Engineering (FSE) - im Rahmen der vfdb-Jahresfachtagung berichtet worden ist /03/, ging dem bereits eine mehrjährige Auseinandersetzung<sup>1</sup> mit dieser Thematik voraus. Angeregt wurde diese Aktivität seinerzeit durch Anfragen Oberster Bauaufsichtsämter an führende Brandschutz-Ingenieurbüros, den Behörden „einfach handhabbare“ Hilfen zur Beurteilung vorgelegter, rechnergestützter Nachweise der Brandsicherheit vorzuschlagen und aufzubereiten.

Nachdem die Reaktionen auf /03/ in den Entwurf einer seinerzeit vorgesehenen vfdb-„Richtlinie für Plausibilitätskontrollen“ eingearbeitet worden sind, wurden letztlich die Empfehlungen zur Prüfung von Ingenieurmethoden in die vfdb Richtlinie 01/01 „Brandschutzkonzepte“ integriert /01/ und in einer fortgeschriebenen Fassung 2008 unter Federführung des Technischen Referates 1 „Vorbeugender Brandschutz“ von der vfdb veröffentlicht.

Zunächst für /01/ vorgesehene, umfangreiche brandschutztechnisch relevante Detailinformationen wurden im Zuge der Bearbeitung aus diesem Entwurfspapier sukzessive wieder entfernt, weil zeitgleich im Technischen Referat 4 „Ingenieurmethoden des Brandschutzes“ am vfdb-Leitfaden „Ingenieurmethoden des Brandschutzes“ gearbeitet worden ist. Dieser Leitfaden konnte erstmalig als Entwurf 2005 der Öffentlichkeit vorgestellt werden. Die erste Ausgabe wurde 2006 herausgegeben. Aktuell ist die zweite Ausgabe /02/; sie kann über das Internet kostenfrei bezogen werden. An der dritten Ausgabe wird derzeit gearbeitet.

---

<sup>1</sup> IG BS-Ing, Interessengemeinschaft der Brandschutz-Ingenieure: Gruppe von Brandschutzingenieuren, die sich im Rahmen der vfdb zur Beratung spezieller Brandschutzprobleme trifft. Zentrale Fragestellungen ergeben sich im Zusammenhang mit der Anwendung rechnerischer Verfahren des Brandschutz-Ingenieurwesens.

## Stellung und Bedeutung der vfdb für das Brandschutz-Ingenieurwesen in Deutschland

Das Referat 1 arbeitet prenormativ und erkennt die Förderung des Brandschutzes insbesondere auch in dessen Optimierung. Methoden der Risikobewertung werden verfolgt, mit denen sich der Erreichungsgrad von Schutzziele bestimmen lassen, um ggf. die gleiche Sicherheit mit einfacheren Mitteln erzielen zu können. Daher stehen Schutzzielbetrachtungen und Sicherheitsbewertungen im Fokus der Arbeiten. *„Das Referat 1 sammelt die Erfahrungen und Wünsche insbesondere aus dem Kreis der vfdb-Mitglieder, um diese im Sinne der Förderung des Brandschutzes aufzubereiten. Das kann in Form von vfdb-Publikationen, Stellungnahmen zu neuen Regelwerken, wie auch von Impulsen für die Fortentwicklung des Vorbeugenden Brandschutzes sein. Das Referat versteht sich dabei nicht als Regel setzendes Gremium, sondern will Anstöße zu neuen Regeln geben oder Auslegungen zu bestehenden Regeln erarbeiten.“<sup>2</sup>*

Dem Referat 1 ist es gelungen, offiziell einen Vertreter der ARGEBAU für die aktive Mitarbeit zu gewinnen. Damit ist ein unmittelbarer Erfahrungsaustausch zwischen den an der ehrenamtlichen Referatsarbeit beteiligten Experten und dem ARGEBAU-Vertreter gegeben; Stellungnahmen zu ausgewählten Entwürfen bauordnungsrechtlicher Mustervorschriften werden hier erörtert und als vfdb-Stellungnahmen vorbereitet und ausformuliert. Für Fragen des Brandschutz-Ingenieurwesens sind hier die Aspekte der bauordnungsrechtlichen Schutzziele wesentlich, weil alternative Brandschutz-Lösungen letztlich im Vergleich mit den Regellösungen gleichwertig sein sollen.

Das Referat 4 wertet insbesondere wissenschaftliche Ergebnisse nationaler und internationaler Forschungsvorhaben dahingehend aus, ob und in wie weit diese bei der Anwendung von Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens hilfreiche Erkenntnisse und Daten bereitstellen können. Dies geschieht in mehreren Arbeitsteams, die speziellen Problemkreisen zugeordnet sind und konkret die diesen Fragestellungen zugeordneten Kapitel des vfdb-Leitfadens bearbeiten und fortschreiben.

---

<sup>2</sup> Auszug aus der Homepage des Ref. 1 der vfdb, 03.2011

Das Referat 4 „hat sich zum Ziel gesetzt, die in den letzten 10 bis 15 Jahren entwickelten modernen Ingenieurmethoden des Brandschutzes aufzubereiten und der Praxis in Form eines Leitfadens zur Verfügung zu stellen. Der Leitfaden soll dazu beitragen, die bisher noch sehr uneinheitlichen Vorgehensweisen und Annahmen bei der Anwendung ingenieurmäßiger Nachweise im Rahmen von Brandschutzkonzepten zu harmonisieren und Fehlanwendungen, z.B. durch Verlassen des abgesicherten Anwendungsbereiches oder Verwenden unzutreffender Eingangsdaten, zu vermeiden“<sup>3</sup>.

Dabei handelt es sich um eine „Zusammenfassung wesentlicher wissenschaftlicher Erkenntnisse“ als prenormative Handreichung für die Praxis der Aufstellung und Prüfung von ingenieurgemäßen Brandsicherheitsnachweisen.

### **Akzeptanz der Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens im In- und Ausland**

Auf internationaler Ebene haben die Ingenieurverfahren zum Teil bereits einen sehr hohen Grad der Akzeptanz auch bei den Behörden erreicht. Grundlegende Voraussetzung hierfür war eine entsprechende, ingenieurwissenschaftlich basierte Ausbildung der heutigen professionellen Anwender und Experten schon während des Studiums und die normative Festlegung wesentlicher Grundsätze für die praktische FSE-Anwendung in Guidelines und Standards, die unter aktiver Beteiligung auch von Behördenvertretern erarbeitet worden sind. Unbestritten sind die Möglichkeiten der rechnerischen Vorhersage des Trag- und Verformungsverhaltens von Bauteilen und Brandeinwirkung am weitesten entwickelt und anerkannt. Auf anderen Anwendungsgebieten besteht nach wie vor ein erheblicher Forschungsbedarf zu Spezialaspekten. Auch in Ländern mit „hoher FSE-Akzeptanz“ besteht grundsätzlich eine Prüfpflicht derartiger Brandfall-Analysen; allerdings stehen sich dort in der Regel Aufsteller und Prüfer wegen gleichartiger Ausbildung in Augenhöhe gegenüber und arbeiten auf der gleichen Basis. Solche Länder machen sich aktuell u. a. konstruktive Gedanken beispielsweise darüber, wie das Brandschutz-Ingenieurwesen die auf preskriptiven Brandschutz-Regelungen gewachsene „Brandschutz-Kultur“ und die nationale Brandsicherheit verändert oder verändern kann. Wird das Einbinden des Brandschutz-Ingenieurwesens in die preskriptive Vorschriftenwelt als einzige Entwicklungsrichtung gesehen oder aber die Schaffung eines „zweiten Weges“, der zu "Performance Based Codes" (PBC) führt?

---

<sup>3</sup> Auszug aus der Homepage des Ref. 4 der vfdb, 03.2011

In Deutschland haben bislang vorwiegend vornormative Arbeiten regelsetzender Institutionen stattgefunden. Der für das Brandschutz-Ingenieurwesen zuständige, nationale Normenausschuss hat mit der Aufnahme erster normativer Arbeiten gewartet, bis dass die vornormativen Arbeiten für /02/ zu veröffentlichten Ergebnissen geführt haben. Mit dem Erscheinen des vfdb-Leitfadens war diese Wartezeit abgeschlossen und erste Arbeiten für eine nationale FSE-Norm wurden beim NABau aufgenommen /04/, bei der nun alle relevanten Interessengruppen aktiv beteiligt sind. Hier werden sowohl die nationalen Vorarbeiten als auch die anerkannten internationalen Normen ausgewertet und für den deutschen Bedarf aufbereitet. Diese Normung stellt dann eine konsequente Fortführung der prenormativen Vorarbeiten auf einem normgerechten Niveau dar.

## EINBINDUNG VON RECHNERISCHEN NACHWEISEN IN BRANDSCHUTZKONZEPTE

Die vfdb RL 01/01 „Brandschutzkonzept“ /01/ befasst sich im Hinblick auf die Anwendung des Brandschutz-Ingenieurwesens speziell mit der Einbindung von FSE-Nachweisen in Brandschutzkonzepte, die als Bauvorlagen im bauordnungsrechtlichen Genehmigungsverfahren verwendet werden sollen.

Unter dem Gesichtspunkt, dass Sonderbauten immer größer und komplexer werden und somit zunehmend von den einschlägigen Regelvorschriften abweichen, kommt dem Erreichen der bauordnungsrechtlichen Schutzziele besondere Beachtung bei. Als Nachweis für „gleichwertige Alternativen“ zur Regelbauweise werden Brandschutzkonzepte entwickelt, die das Zusammenwirken aller Brandschutzmaßnahmen des aktiven und passiven vorbeugenden Brandschutzes mit denen des abwehrenden Brandschutzes beschreiben und festlegen. Sofern sich dabei die geforderte Gleichwertigkeit nicht augenscheinlich ergibt, wird der „Erreichungsgrad der Schutzziele“ mittels meist rechnerischer Brandfall-Analysen mit den Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens untersucht und dokumentiert.

Brandschutzkonzepte werden nach dem 4-Augen-Prinzip nach Landesrecht (von Behörden oder von Prüfsachverständigen) einschließlich der FSE-Nachweise im Baugenehmigungsverfahren geprüft und bewertet. Dabei handelt es sich grundsätzlich um eine „Vollprüfung“, die vom jeweiligen Prüfer nach dessen Ermessen in Art und Umfang dem Einzelfall angepasst wird. Mit der Prüfung der FSE-Nachweise ist eine Reihe von Fragen verbunden, die den jeweiligen Prüfer leicht vor große Probleme stellen können.

## Voraussetzungen für die Akzeptanz von FSE-Nachweisen

Bereits in den „Grundsätzen für Brandschutzkonzepte“ wird in /01/ auf die Anwendbarkeit von Ingenieurmethoden mit folgenden Anmerkungen hingewiesen:

- Die angewandten Nachweisverfahren müssen detailliert dargelegt werden.
- Die verwendeten Parameter - insbesondere die Brandszenarien - müssen detailliert dargelegt werden.
- Die Schutzziele müssen mindestens aus den öffentlich-rechtlichen Vorgaben abgeleitet werden.

Damit ist bereits eine solide Grundlage für die Prüfbarkeit dieser Nachweisführung gelegt:

Verwendete Nachweisverfahren müssen so weit benannt und beschrieben werden, dass sich deren Eignung für die Lösung der fraglichen Probleme im Rahmen der Prüfung erkennen und beurteilen lässt.

Brandszenarien werden im Hinblick auf ihre Relevanz für das jeweilige Objekt und die Schutzziele erörtert, bewertet und festlegt. Dabei werden typischer Weise sowohl deren Auftretenswahrscheinlichkeiten und das mit ihnen verbundene Schadenpotenzial in Bezug auf die Schutzziele gemeinsam betrachtet; es handelt sich also um eine Risikobewertung. Wesentliche Elemente der Szenarienfestlegung gehen als Parameter in die Berechnungen als Daten und Randbedingungen später ein.

Schutzziele müssen in der Regel aus den Vorgaben des Bauordnungsrechts erst für die Berechnungen abgeleitet und zahlenmäßig konkretisiert werden. Dies ist im Einzelfall eine sehr schwierige Herausforderung, die sich schnell als eine zentrale Frage der ingenieurgemäßen Nachweisführung herausstellen kann. Hierzu gibt /01/ keine unmittelbare Hilfestellung in Form von verwendbarem Zahlenmaterial; es wird auf die einschlägige Fachliteratur - insbesondere auf /02/ - verwiesen. Dort wird die Verantwortung des Aufstellers für die verwendeten Zahlenwerte betont.

## Hinweise zur Durchführung von Prüfungen der FSE-Nachweise

Die vfdb-RL 01/01 verfolgt das Ziel, den Prüfer in den Stand zu versetzen, grobe Fehlanwendungen des Brandschutz-Ingenieurwesens zu erkennen. Dazu bietet sie einen Fragekatalog von 9 Fragestellungen an, mit dem wesentliche Merkmale einer seriösen und auf das spezielle Bauvorhaben mit seinen spezifischen Brandschutzproblemen ausgerichteten Nachweisführung abgefragt und bewertet werden können. Hiermit wird eine mögliche Struktur für die geforderte Vollprüfung erkennbar.

Die vfdb-RL 01/01 begleitet den Prüfer bei seinen ersten Schritten im Prüfvorgang. Sie geht im Übrigen davon aus, dass der Prüfer bei der Abarbeitung der 9 Fragestellungen erkennen kann, ob und wie weit er eine detaillierte Prüfung tatsächlich treiben muss. In der Regel sollte nach der Befassung mit den 9 Fragestellungen die Güte und Qualität der vorgelegten FSE-Nachweise erkennbar sein. Ziel ist es aufzudecken, ob und ggf. welche Informationen in der Dokumentation fehlen oder nicht angemessen sind. In solchen Fällen muss die Prüfung weiter in die Tiefe gehen und kann in Ausnahmefällen sogar eine Zweitrechnung erfordern. Diese wird die Einschaltung eines weiteren Sachverständigen nach sich ziehen oder ggf. auch die Verwendung anderer Modelle oder Daten / Szenarien. Um solche Prüfergebnisse zu vermeiden, empfiehlt /01/ dringend, dass sich Aufsteller und Prüfer im Vorwege der Berechnungen eingehend über die wesentlichen Schritte, Annahmen und Dokumentationspflichten abstimmen und entsprechende Festlegungen treffen. Ziel ist es, Zweitrechnungen möglichst zu vermeiden und eine ausreichende Vertrauensbasis zwischen Aufsteller und Prüfer zu schaffen, die letztlich den Prüfer in die Lage versetzt, im Rahmen seines Ermessensspielraums die Prüfung nach Klärung der 9 Fragen abzuschließen.

Die Verantwortung für die Richtigkeit und die Aussagekraft der FSE-Nachweise trägt der Aufsteller und bekräftigt dies mit seiner Unterschrift.

Sollten beim Abarbeiten der 9 Prüffragen Informationsdefizite aufgedeckt werden, so ist die beabsichtigte Folge das Klären dieser Punkte im Prüfverfahren mit dem Aufsteller. Der Prüfer wird in die Lage versetzt, die wesentlichen Aspekte zu berücksichtigen und den Aufsteller zu angemessenen und zweckdienlichen Aussagen und Dokumentationen zu veranlassen. Gegebenenfalls müssen weitergehende Informationen über spezielle Details nachgereicht werden.

Da mit der Prüfung nicht die zahlenmäßige Kontrolle von Einzelwerten im Fokus steht sondern die Schlüssigkeit des objektgebundenen Nachweises, sind die 9 Fragestellungen auch auf den konzeptionellen Ansatz des zugehörigen Brandschutzkonzepts und auf dieses Prüfziel abgestimmt. Für tiefer gehende Prüfungen kann beispielsweise der vfdb-Leitfaden /02/ herangezogen werden.

Der vorgeschlagene Umfang der Prüfung konzentriert sich auf folgende Fragestellungen:

### **Fragekatalog für die Prüfung von FSE-Nachweisen**

1. Liegt ein Brandschutzkonzept/Brandschutznachweis vor?
2. Ist die Aufgabenstellung inklusive der Schutzziele für den ingenieurgemäßen Brandschutznachweis formuliert?
3. Wird die Lösungsstrategie schlüssig und nachvollziehbar beschrieben und erscheint sie danach für die vorliegende Aufgabenstellung als geeignet?
4. Liegt ein Beleg für die Verwendbarkeit und Eignung des gewählten Nachweisverfahrens vor (insbesondere für benutzte Rechenprogramme)?
5. Sind die Eingabedaten (z. B. zur Festlegung von Anfangs- und Randbedingungen) für das Gebäude, seine Nutzung und die spezielle Aufgabenstellung in sich schlüssig und dokumentiert?
6. Liegt eine verständliche und nachvollziehbare Dokumentation darüber vor, dass die Anfangs- und Randbedingungen in das Modell übertragen und bei den Berechnungen berücksichtigt worden sind?
7. Lässt die Darstellung der Ergebnisse einen klaren Bezug auf die wesentlichen Aufgabenstellungen zu?
8. Beinhaltet die vorgelegte Interpretation der Ergebnisse nachvollziehbare Schlussfolgerungen/ Konsequenzen aus den Ergebnissen der Berechnungen in Bezug auf die vorher festgelegten Schutzziele?
9. Liegt eine Erklärung des Aufstellers über die Einhaltung der „Grundsätze für die Aufstellung von Nachweisen mit Methoden des Brandschutzingenieurwesens“ (ggf. gem. Anlage 1 im Kapitel 8) vor?

Wenn Fragen mit „nein“ beantwortet werden, sind entsprechende Nachforderungen zu stellen.

Es wird erwartet, dass in Kenntnis dieser Fragestellungen der Aufsteller (anhand der vfdb-RL 01/01 oder wegen der empfohlenen Vorabstimmungen mit dem Prüfer) bei der Durchführung und Dokumentation seiner Nachweisführung bereits auf diese Aspekte speziell eingeht und somit die Prüfung erleichtert. Als beabsichtigter „Nebeneffekt“ soll erreicht werden, dass auch die Nachweise selber auf die speziellen Aspekte der Brandschutzkonzepte in geeigneter Form abgestimmt werden und grobe Fehlanwendungen vermieden werden.

Letzteres wird in den „Grundsätzen für die Aufstellung von Nachweisen mit den Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens“ innerhalb der vfdb-RL 01/01 nochmals verdeutlicht.

### **Grundsätze für die Aufstellung von Nachweisen mit den Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens**

Im Abschnitt 8 von /01/ werden wesentliche Anforderungen an die Nachweisführung mit den Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens behandelt. Diese Ausführungen beruhen auf bauordnungsrechtlichen Grundsätzen, die erstmals in /05/ festgelegt worden sind und die wegen ihrer richtungsweisenden Hinweise über den unmittelbar angesprochenen Anwendungsbereich des Industriebaus grundsätzlich auf eine bauordnungsrechtliche Behandlung von FSE-Nachweisen ausstrahlen. Bei der Abfassung des Abschnitts 8 wurde die Praxis der Anwendung von /05/ berücksichtigt und der Inhalt daraufhin angepasst; im Wesentlichen stellen diese Grundsätze aber eine dem Sinne nach unveränderte Übernahme und Fortschreibung bauordnungsrechtlich akzeptierter und „eingeführter“ Prinzipien und Kriterien dar!

In diesem Zusammenhang darf und muss auf die Beteiligung und Mitarbeit der ARGEBAU im Referat 1 der vfdb hingewiesen werden! Im Übrigen strahlen die Ausführungen von /05/ auch unmittelbar auf Weiterentwicklung deutscher Regelungen zum Fire Safety Engineering (FSE) sowie auf die nationalen Anstrengungen für deutsche Normen auf dem Gebiet des Brandschutz-Ingenieurwesens /04/ aus.

## **Grundsätze für den Nachweis**

Zunächst wird in /01/ deutlich gemacht, dass die Nachweisführung mit den Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens in der Regel eine Betrachtung der zeitlichen Entwicklung von Brandereignissen ist. Dabei werden anhand der Schutzzielefestlegungen „sicherheitstechnisch relevante Zeiträume“ ermittelt und bewertet.

Während dieser Zeiträume dürfen die als „Sicherheitskriterien“ benannten zulässigen bzw. akzeptierten Grenzzustände nicht überschritten werden. Konkrete Sicherheitskriterien sind als Zahlenwerte in /01/ nicht enthalten, Empfehlungen können /02/ entnommen werden.

Die Sicherheitskriterien müssen den jeweiligen Spezial-Analysen entsprechend sicherstellen, dass beispielsweise und insbesondere

- die vorhandenen / vorgesehenen Rettungswege nutzbar sind,
- eine wirksame Brandbekämpfung durch die Feuerwehr möglich ist oder
- die Standsicherheit der Bauteile gewährleistet ist.

Damit wird deutlich, dass ein Versagen / ein Überschreiten der als Grenzwerte zu verstehenden Sicherheitskriterien während der sicherheitstechnisch relevanten Zeiträume nicht akzeptiert wird. Damit steht auch fest, dass die der Auslegung des Brandschutzes zugrunde gelegten Brandszenarien den Grad der nachgewiesenen Brandsicherheit bestimmen.

## **Voraussetzungen für den Nachweis**

Wegen der zentralen Bedeutung der Bemessungsbrand-Szenarien für die Brandsicherheit sind mit ihnen die wesentlichen Voraussetzungen für die Anwendbarkeit von Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens eng verknüpft:

- a. Das Gebäude in seiner beurteilten Kubatur und mit seiner technischen Infrastruktur sowie die anzunehmenden Nutzungen einschließlich der Personenannahmen und der Annahmen bezüglich der Anordnung, Art und Menge von brennbaren Stoffen und Waren (Brandlasten) müssen festlegbar sein und müssen festgelegt werden.

- b. Die Annahmen von a.) müssen „auf der sicheren Seite“ so festgelegt werden, dass damit die zu erwartenden Brandfälle mit „an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit“ abgedeckt sind.

Die Befassung mit den Bemessungs-Brandszenarien führt zwangsläufig zu einer Bewertung von denkbaren und theoretisch möglichen Brandszenarien dahingehend, wie wahrscheinlich sie auftreten können und welche Brandfolgen daraus erwartet werden müssen.

Zunächst ist es für den üblichen Hochbau unangefochtene und allgemein akzeptierte Praxis, dass hier sogenannte „worst-case Brandszenarien“ nicht berücksichtigt werden müssen. Dabei handelt es sich um sehr unwahrscheinliche Ereignisse, deren Auftreten nicht vorwiegend mit den nutzungsgebundenen, bekannten oder vorhersehbaren Betriebsgefahren verknüpft ist. Auch der zufällige, gleichzeitige Ausfall mehrerer Brandschutzmaßnahmen kann bei der Szenarienauswahl in der Regel unberücksichtigt bleiben; man geht zunächst vom bestimmungsgemäßen Funktionieren der brandschutztechnischen Infrastruktur bei der Szenarienauswahl aus. Als Beispiele für „echte“ worst-case Szenarien kann darüber hinaus auf Brandentstehungen durch Flugzeugabstürze, terroristische Anschläge, Sabotage und Brandstiftung hingewiesen werden. In Deutschland können sicher auch Brände infolge von Erdbeben unberücksichtigt bleiben; bei derartigen Ereignissen wäre beispielsweise die Verfügbarkeit von Einsatzkräften der Feuerwehren für das betreffende Objekt oder von elektrischem Storm anders zu beurteilen als für die anzusetzenden „worst-credible“ Szenarien.

Aus der Schutzzieldefinition können sich allerdings spezielle, auslegungsrelevante Szenarien ergeben, die auf dem Ausfall einzelner Brandschutzmaßnahmen basieren: Ein solcher Fall ist beispielsweise gegeben, wenn eine Baukonstruktion auch in Falle eines seltenen Sprinklerversagens standsicher und tragfähig sein muss. Dann ist wie bei nicht sprinklergeschützten Gebäuden eine Sprinklerwirkung auf das Brandgeschehen nicht zu berücksichtigen. Allerdings kann in diesem Fall die Existenz einer Sprinkleranlage bei der Festsetzung der Sicherheitsmargen angemessen berücksichtigt werden. Zu diesem speziellen Sicherheits-Aspekt bestehen bereits konkrete normative Regelungen, insbesondere mit dem Nationalen Anhang<sup>4</sup> zum EC1 /07/.

Da i. W. hierbei im Ergebnis entgegen des zu recht angenommenen Bemessungs-Brandszenariums mit „ausgefallener Sprinkleranlage“ die daraus abgeleitete

---

<sup>4</sup> Diese Regelungen des Sicherheitskonzepts werden allerdings von Teilen der Fachwelt nicht akzeptiert, insbesondere vom NABau 005-52-21 (Normausschuss „Brandschutzingenieurverfahren“).

Wärmefreisetzung für den Bemessungsbrand wegen der geringen Ausfallwahrscheinlichkeit der Sprinkleranlagen reduziert wird, fand diese Regelung jedoch nicht die Akzeptanz der im DIN für das Brandschutz-Ingenieurwesen zuständigen Fachleute.

Ob Brandstiftung als Brandursache unberücksichtigt bleiben darf, kann beispielsweise für Nachweise privatrechtlicher Schutzzielkonkretisierungen anders gewichtet werden als für Nachweise zum Erreichen öffentlich-rechtlicher Schutzziele.

Bei den Bemessungsszenarien werden Aspekte „auf der sicheren Seite“ festgelegt, die sich aus der Bandbreite der maßgeblichen Parameter ergeben. Für die Bemessungsbrand-Szenarien sind dies u. a. Aspekte der Menge, Art und Verteilung von Brandlasten, der Lage des Brandherdes und der Intensität der Brandentwicklung, des Zustandes der Ventilationsöffnungen oder des Einflusses von Löschmaßnahmen. Für Personenszenarien werden beispielsweise die Zahlen und typischen Eigenschaften der Personen sowie deren Verteilung im Raum festgelegt oder die angenommene Wirkung von Alarmierungseinrichtungen auf das Verhalten dieser Personen.

Bei der Interpretation der Szenarienfestlegung, die dann auch in die jeweiligen Bau- und Betriebsgenehmigungen eingeht, ist für den Betreiber wichtig zu wissen, dass er in geringem Maße diese festgelegten Werte auch kurzzeitig überschreiten darf. Er muss dann das „zulässige Maß“ und den „zulässigen Zeitraum“ dieser Überschreitung festgelegter Grenzwerte angemessen abschätzen und einhalten. Werden solche Grenzwerte in der Nutzungspraxis längerfristig oder in größerem Maße überschritten, gilt der Nachweis nicht mehr als aktueller Sicherheitsnachweis und die Genehmigungen können ggf. überprüft werden müssen.

Sowohl der Betreiber der beurteilten Anlagen als auch der nachweisführende Brandschutzingenieur sollten „Richtwerte“ für die „zulässigen Überschreitungen“ kennen und schon bei der Aufstellung der Nachweise beachten. Eine planmäßige Überschreitung festgelegter Werte ist jedenfalls nicht gemeint und nicht akzeptabel. Für „außergewöhnliche Einzelfälle“ oder nicht vorhersehbare „Sondernutzungen“ können dagegen in „gewissem Umfang“ bei der Nachweisführung nicht direkt berücksichtigte Sicherheitsreserven aus der Zuverlässigkeit der Brandschutzmaßnahmen anerkannt werden.

Daraus können sich dann im Einzelfall beispielsweise Ausnahmeregelungen ergeben, nach denen Brandlasten etwa um 10% bis 20% über den angesetzten liegen dürfen und dass der Zeitraum für derartige „Sonderfälle“ unter 5% der

Nutzungsdauer liegen muss. Solche Überlegungen fallen unter die Punkte, die mit den Genehmigungsbehörden und mit dem Prüfer im Vorwege abzustimmen sind.

Für die Praxis bedeuten diese Ausführungen, dass die für die Nutzungsdauer erwarteten, wahrscheinlichen Brandszenarien mit den Bemessungswerten in Bezug auf die jeweiligen Schutzziele allesamt abgedeckt werden müssen.

Bei konkreten Bemessungsaufgaben können je nach der Art des verwendeten Sicherheitskonzepts die obigen Überlegungen als Fraktilwerte der Lastannahmen für den „Lastfall Brand“ und der Widerstandsannahmen bzw. der sicherheitstechnischen Grenzzustände auch in die Festsetzung der Sicherheitsfaktoren eingehen.

In Bezug auf die Qualität der verwendbaren Modelle benennt die vfdb-RL 01/01 folgende Kriterien für deren „Anerkennung“:

- Die Modelle müssen in Bezug auf die zu ermittelnden Sicherheitskriterien eine vollständige Beschreibung der beurteilungsrelevanten Brandwirkungen ermöglichen.

Damit ist beispielsweise gemeint, dass die bei einer Konkretisierung des Schutzziels „sichere Nutzbarkeit der Rettungswege durch die Nutzer“ festgelegten Richtwerte für die Erträglichkeit von Brandprodukten (insbesondere Temperatur- und Brandgaskennwerte) auch sämtlich von dem verwendeten Modell zuverlässig ermittelt werden müssen. Ist dieses Schutzziel allerdings nur durch die Vorgabe einer „raucharmen Schicht“ mit bestimmter Schichthöhe konkretisiert, genügt unter Einhaltung der anerkannten Modelleigenschaften die Bestimmung der rechnerischen Schichthöhe.

- Die Modelleigenschaften müssen hinsichtlich ihrer physikalischen Grundlage vollständig veröffentlicht sein.
- Die Modelleigenschaften müssen hinsichtlich der mit ihnen zu ermittelnden Brandkenngrößen nachweislich validiert sein.

Damit ist beispielsweise gemeint, dass ein Rechenprogramm im Vergleich mit Versuchsergebnissen in angemessener Übereinstimmung die „zu ermittelnden Brandkenngrößen“ bestimmt. Dabei ist zu beachten, dass die Versuchs-

ergebnisse häufig mit bestimmten Versuchs-Randbedingungen verknüpft sind, so dass deren Übertragung auf andere Fallgestaltungen / Randbedingungen nicht ohne weiteres möglich ist. Daraus resultiert dann eine eingeschränkte Validität des Modells.

Diese Anforderungen beziehen sich nicht ausschließlich auf die Rechenmodelle sondern auch auf physikalische Modelle, die Brände in stark verkleinerten Gebäudemodellen experimentell abbilden.

### **Dokumentation des Nachweises**

Aus der Dokumentation der Nachweisführung müssen mindestens folgende Informationen hervorgehen:

- Die relevanten Sicherheitskriterien müssen eindeutig angegeben werden mit Bezugnahme auf die zugehörigen Schutzziele.
- Die „sicherheitstechnisch relevanten Zeiträume“ müssen klar festgelegt werden.

Das wird üblicherweise bei komplexen Brandschutzkonzepten als funktionale Vorgabe geschehen: Beispielsweise kann festgelegt werden, dass die sichere Begehrbarkeit von Rettungswegen mindestens so lange erforderlich ist, bis dass der letzte Nutzer rechnerisch den Gefahrenbereich verlassen hat. In der Regel wird bei einer solchen Vorgabe eine zusätzliche „Sicherheitsmarge“ festgelegt werden, deren Formulierung und Größe vom vereinbarten Sicherheitskonzept abhängt.

- Die vereinbarten Bemessungsbrand-Szenarien werden dokumentiert mit allen zugehörigen Größen und Parametern.

Daraus ergeben sich für die Genehmigungen wesentliche Festlegungen und ggf. Nutzungseinschränkungen, die auch vom Betreiber während der Nutzungsdauer kontrolliert und eingehalten werden müssen.

- Die Rechenergebnisse sind in verständlicher Form so zu dokumentieren, dass der Prüfer das Erfüllen der Schutzzielkriterien erkennen und beurteilen kann.

Sofern diese Rechenergebnisse orts- und lagebezogen sind (von den x-, y- und z-Koordinaten im Raum abhängig), müssen hinreichende Informationen für die Beurteilung des gesamten in Rede stehenden Raumes bereitgestellt werden.

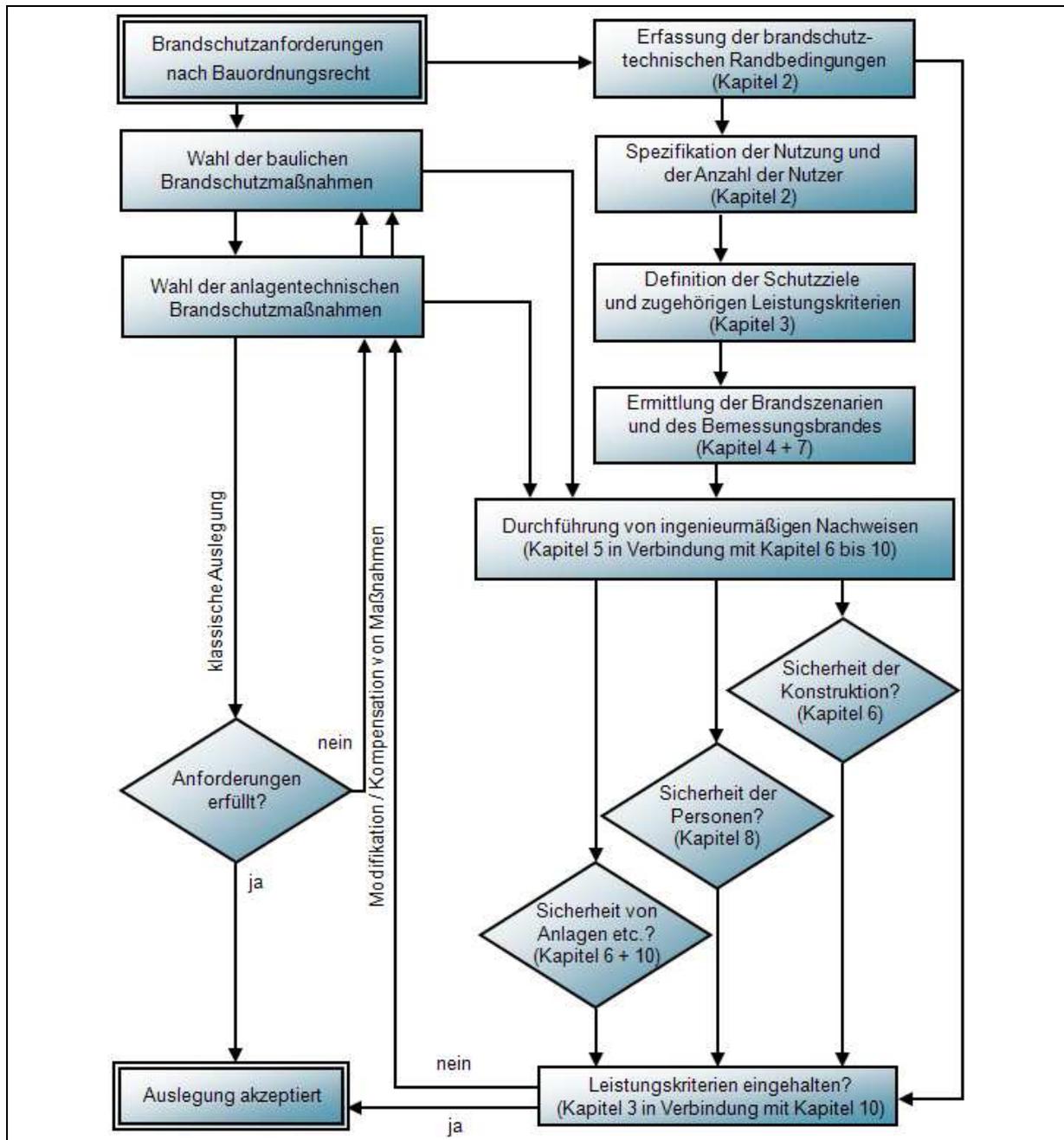
- Über die Rechenannahmen und Rechenschritte müssen ausreichend viele und geeignete Informationen bereitgestellt werden, die eine Prüfung im vorgesehenen Prüfumfang und in der vorgesehenen Prüftiefe ermöglichen.

Hierüber soll im Vorwege zwischen dem Aufsteller und dem Prüfer Klarheit herbeigeführt werden.

#### Hinweise des vfdb-Leitfadens zur Einbindung von FSE-Nachweisen in Brandschutzkonzepte

Der vfdb-Leitfaden /02/ geht speziell auf die Einbindung von FSE-Nachweisen im Kapitel 1 „Konzept und Anwendung des Leitfadens“ ein. Darin wird u. a. einleitend zum Ausdruck gebracht, dass die Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens sowohl zur Entwicklung als auch zum Nachweis (ausreichender Effizienz) „angemessener“ Brandschutzlösungen verwendet werden können. In der Regel werden Brandschutzkonzepte auf den architektonischen Vorstellungen der Bauherrschaft aufbauend entwickelt; sie erfahren Änderungen und Fortschreibungen durch meist ergänzende Brandschutzmaßnahmen, bis dass die festgelegten Schutzziele erreicht werden. Diese Nachweisführung ausreichender Brandsicherheit wird auch als „Validierung von Brandschutzkonzepten“ bezeichnet.

In einer Bilddarstellung werden die Arbeitsschritte der brandschutztechnischen Auslegung des Gebäudebrandschutzes nach konventioneller Vorgehensweise unter Verwendung preskriptiver Bauvorschriften der ingenieurgemäßen Arbeitsweise gegenübergestellt:



**Vergleichende Darstellung der klassischen und der ingenieurgemäßen Vorgehensweise bei der brandschutztechnischen Auslegung /nach vfdb-Leitfaden 2009/**

Bei der ingenieurgemäßen Arbeitsweise wird der Architekten-Entwurf zunächst einer qualitativen und anschließend - bei Bedarf - einer quantitativen Analyse unterworfen. Letztere ist entbehrlich, wenn beim Abgleich mit den Bauvorschriften maximal solche Abweichungen zu Tage treten, die auch allein gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Kompensationsmaßnahmen argumentativ ausreichend begründet werden können.

Die qualitative Entwurfs-Analyse führt zur Dokumentation der Gebäudekonzeption, des Nutzungskonzeptes mit der Ermittlung von Brandlasten und Personenkriterien, der technischen Gebäudeausrüstung und der brandschutztechnischen Infrastruktur. Daraus werden die für die Beurteilung und Auslegung maßgeblichen Brandszenarien abgeleitet und dokumentiert.

Nach der Feststellung des Erfordernisses von rechnerischen Nachweisen mit den Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens kommen diese zur Anwendung.

Der vfdb-Leitfaden stellt u. a. Informationen bereit zu folgenden Aspekten:

- a. Festlegung von Bemessungs-Brandszenarien und von Bemessungsbränden und
  - a1. Modelle und Daten zur Berücksichtigung anlagetechnischer und abwehrender Brandschutzmaßnahmen
- b. Modelle und deren Anwendung zur Nachweisführung
  - b1. für Brandwirkungen einschließlich der Rauchausbreitung und Rauchableitung,
  - b2. für Bauteile und Tragwerke
  - b3. der Personensicherheit bei Brandeinwirkungen
  - b4. der Entfluchtung im Gefahrenfall
- c. Risikomethoden und deren Anwendung auch zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen

Der vfdb-Leitfaden zeigt anhand umfangreicher Beispiele die wesentlichen Arbeitsschritte und Elemente deren Anwendung.

## EMPFEHLUNGEN ZUR PRÜFUNG VON FSE-NACHWEISEN

---

Die nachfolgenden Ausführungen leiten sich aus der vfdb RL 01/01 ab und greifen bei der Konkretisierung auf den vfdb-Leitfaden /02/ zurück.

### Aufgaben und Ziele der Prüfung von FSE-Nachweisen

Da grundsätzlich die FSE-Nachweise den Erreichungsgrad bauordnungsrechtlicher Schutzziele belegen sollen und für die Begründung von Abweichungen von materiellen Anforderungen bauordnungsrechtlicher Regelforderungen herangezogen werden, wird die Prüfung auf folgende Beläge abgestellt:

- Feststellung des Erreichungsgrades bauordnungsrechtlicher Schutzziele
- Beurteilung der Gleichwertigkeit „alternativer Brandschutzkonzepte“ im Vergleich mit bauordnungsrechtlichen Regelkonzepten.

Die Prüfung der FSE-Nachweise kann entweder als Teil der Gesamtprüfung von Brandschutzkonzepten als ein wesentlicher Teil im Rahmen der Gesamtprüfung durchgeführt werden oder aber als spezielle Prüfung an einen Experten vergeben und als separate Teilprüfung<sup>5</sup> durchgeführt werden.

### **Schutzziel-Konkretisierung**

Primär wird sich die Prüfung dem entsprechend also um die Festlegung der „Sicherheitskriterien“ kümmern, mit denen die bauordnungsrechtlichen Schutzziele für die Berechnungen konkretisiert werden. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass auch für den zu beurteilenden Einzelfall keine höhere Sicherheit erforderlich wird als für einen vergleichbaren Regelfall.

Sofern - was in der Praxis üblich ist - diese Sicherheitskriterien aus den bauordnungsrechtlichen Regelfestlegungen vom Brandschutzingenieur abgeleitet werden, ist zu prüfen, ob die bauordnungsrechtliche Vergleichssituation einem „normalen Risiko“, einem „besonders niedrigem Risiko“ oder einem „zulässigen Grenzkrisiko“ entnommen ist.

---

<sup>5</sup> Alle Ausführungen dieser Ausarbeitung beziehen auf eine solche „Teilprüfung“ und schließen die „Konzeptprüfung“ grundsätzlich nicht mit ein.

Die bauordnungsrechtlichen Regelbauten lassen bewusst eine Bandbreite unterschiedlicher Ausgestaltungen der geregelten Gebäude zu. Damit ist zwangsläufig auch verbunden, dass unterschiedliche Regelbauten unterschiedliche Brandrisiken innerhalb einer bestimmten Bandbreite aufweisen können.

Werden die Vergleichssituationen von Regelgebäuden mit dem „zulässigen Grenzzisiko“ entnommen, so hat das mit den Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens beurteilte Gebäude auch dessen hohes Risiko bzw. grenzwertiges Sicherheitsniveau. Die Wahl des Vergleichsgebäudes steht also im Zentrum der Prüftätigkeit unter diesem Aspekt.

Bei der beschriebenen Vorgehensweise gehen die „zulässigen“ bzw. akzeptierten Restrisiken für Regelfälle unmittelbar in die Brandschutz-Auslegung des Einzelfalls ein. Da bei der Erarbeitung der Regelwerke nicht zwingend auf diese Anwendung der Regeln geachtet worden ist, können manche Restrisiken bewusst als „Regelrisiko“ akzeptiert worden sein oder aber nur als „Grenzzisiko“, von dem angenommen werden kann, dass es eher selten auftreten wird.

Ein Beispiel für ein „Regelrisiko“ ergibt sich aus der zulässigen Rauchbelastung notwendiger Flure und notwendiger Treppenräume in Verbindung mit dem bauordnungsrechtlichen Rettungswegekonzept. Ein Beispiel für ein „Grenzzisiko“ ergibt sich beispielsweise aus der Bewertung der Rettungswegesicherheit einer großen Verkaufsstätte oder einer Gastwirtschaft zu Zeiten extremer Personenbelegung (Weihnachtsgeschäft, Karneval in Köln).

Ein anderer Weg, der von der unmittelbaren Interpretation des Bauordnungsrechts weitgehend unabhängig ist, besteht in der Verwendung vereinbarter, in Regelwerken festgelegter Sicherheitskriterien. Dabei handelt es sich um solche Zahlenwerte, die als Richtwerte für die Schutzzielkonkretisierung von Expertengruppen ermittelt und ggf. von Behörden anerkannt worden sind. Im vfdB-Leitfaden /02/ finden sich solche Richtwerte - insbesondere für die Beurteilung der Sicherheit auf Rettungswegen. Allerdings sind diese „Richtwerte“ wegen des nicht normativen Charakters von /02/ als Empfehlungen zu werten und im Einzelfall mit den Behörden zu vereinbaren.

Bei beiden Möglichkeiten für die Festlegung bzw. Kontrolle der Schutzzielkonkretisierung müssen auch die vom Aufsteller vorgesehenen bzw. angewendeten Sicherheitsbetrachtungen bzw. Sicherheitszuschläge und Sicherheitsmargen bewertet werden.

## Umfang der Prüfungen von FSE-Nachweisen

Der erforderliche Prüfumfang leitet sich aus den zu prüfenden Feststellungen der Brandschutz-Nachweise ab und ist auf diese begrenzt.

Es soll - auch bei den in der Regel komplexen Brandschutzkonzepten - nicht im Rahmen dieser FSE-Prüfungen hinterfragt und beurteilt werden, ob das Gesamtkonzept in sich schlüssig ist. Diese Spezial-Prüfung bleibt auf die rechnerisch untersuchten Fallgestaltungen begrenzt; sie beinhaltet allerdings auch die Prüfung der aus den Rechenergebnissen abgeleiteten Schlussfolgerungen und Konsequenzen.

In einem ersten Schritt wird aus dem Brandschutzkonzept und aus den daraus abgeleiteten Fragestellungen geprüft, ob die verwendete „Analyse-Strategie“ angemessen ist.

Zu den Prüfaspekten zählen insbesondere (in Anlehnung an /01/):

- die Beurteilung der verwendeten Bemessungs-Szenarien und deren Konkretisierung in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit ihres Eintritts, der Berücksichtigung typischer und auch außergewöhnlicher Umstände sowie der Angemessenheit angenommener Randbedingungen

In diesem Zusammenhang wird auch die Modellierung der Randbedingungen und werden die spezifischen Eingangsdaten kontrolliert.

- die Beurteilung der Eignung verwendeter Rechenmodelle und Kontrolle, ob die Anwendungsgrenzen eingehalten worden sind.

Hierfür werden die modellspezifischen Benutzerhandbücher und Validierungsnachweise herangezogen.

- die Beurteilung der Interpretation der Rechenergebnisse in Bezug auf das Nachweisziel des aufstellenden Brandschutzingenieurs.

Hierzu werden in der Regel Plausibilitätsbetrachtungen völlig ausreichen, um grobe Fehlinterpretationen aufzudecken. Gegebenenfalls sollte zu diesem Prüfaspekt im Rahmen von Vorabstimmungen zwischen dem Aufsteller und dem Prüfer die Art und der Umfang notwendiger Parameterstudien festgelegt werden, damit eine ausreichende Basis für die schutzzielbezogene Interpretation von Rechenergebnissen überhaupt zur Verfügung steht.

Wenn Zweifel an Rechenergebnissen aufkommen, sollte im Rahmen der Prüfung eine stichpunktartige Kontrolle spezieller Daten durchgeführt werden. Dazu eignen sich mit ausreichender Genauigkeit sogenannte Handformeln, die mit dem Taschenrechner oder mit einfachen Rechentools anwendbar sind.

Es ist ausdrücklich nicht vorgesehen und verlangt, grundsätzlich vorgelegte Berechnungen mit eigenen Berechnungen seitens des Prüfers auf gleichem Niveau durchzuführen. Solche Doppelrechnungen müssen eine seltene Ausnahme darstellen und sich auf ganz besondere Einzelfälle beschränken!

Prüftätigkeiten im Zusammenhang mit Rechenergebnissen beschränken sich auf die Plausibilität berechneter Werte der sicherheitsrelevanten Brandkenngrößen.

Die prüfende Auseinandersetzung mit der grundsätzlichen Eignung von Kompensationsmaßnahmen für den Ausgleich von Abweichungen von bauordnungsrechtlichen Regelforderungen hingegen wird im Rahmen der Konzeptprüfung durchgeführt. Allerdings ist die Frage der „Anrechenbarkeit“ von Ersatzmaßnahmen auch wesentlicher Gegenstand bei der Prüfung der verwendeten Bemessungsbrand-Szenarien.

#### Dokumentation als Voraussetzung für die Prüfung

Damit eine Prüfung von FSE-Nachweisen überhaupt möglich ist, muss der Prüfer auf eine angemessene Dokumentation zurückgreifen können. Diese sollte im Wesentlichen aus sich heraus verständliche Angaben zu folgenden Punkten enthalten /02/:

- Zielsetzung der Untersuchungen,
- Darstellung des Gebäudes mit den vorgesehenen Nutzungen und der vorgesehenen brandschutztechnischen Infrastruktur,
- Ergebnisse der quantitativen Gebäude- und Nutzungsanalyse sowie die personelle Zusammensetzung des Personenkreises, der diese Analyse erstellt hat,
- Die festgelegten Schutzziele und ggf. deren Konkretisierung
- Die festgelegten Bemessungs-Brandszenarien und Bemessungsbrände

- Angaben über die durchgeführten Berechnungen, insbesondere über
  - die Auswahl und Eignung der verwendeten Modelle (Modell-Annahmen, Anwendungsbereiche und -grenzen),
  - die maßgeblichen Randbedingungen für die Bemessungs-Brandszenarien,
  - die wesentlichen Eingangsdaten
- Abgleich berechneter Zahlenwerte mit den festgelegten Schutzzielkriterien,
- Interpretation des Brandschutzingenieurs dieser Zahlenwerte in Bezug auf den Erreichungsgrad der Schutzziele
- Schlussfolgerungen des Brandschutzingenieurs aus der vorgenannten Interpretation der Rechenwerte in Bezug auf erforderliche Brandschutzmaßnahmen (baulicher, anlagentechnischer und betrieblicher Art).

Wenn die vorgelegte Dokumentation wesentliche Aspekte der oben genannten Merkmale nicht ausreichend belegt, ist eine „unabhängige“, konsequente Prüfung nicht durchführbar und die Berechnungen werden wohl eher „auf Treu und Glauben“ bewertet.

#### Begründung der gewählten Analyse-Strategie

Der Prüfer überprüft die sogenannte „Lösungsstrategie“.

Die Lösungsstrategie umfasst die Argumentation für das gewählte Modell. Hier wird die erforderliche Genauigkeit der entscheidenden Rechenwerte festgelegt und die Anforderungen an die wesentlichen Modelleigenschaften aufgrund der zu berücksichtigenden Randbedingungen des Objektes und der Phänomene der Vorgänge formuliert und begründet.

Grundsätzlich kann als Regel für die Auswahl geeigneter Modelle empfohlen werden, die „einfachsten Modelle“ zu verwenden, die die Anforderungen gerade noch erfüllen. Einfache Modelle eignen sich eher als komplexere dazu, Parameterstudien durchzuführen. Parameterstudien sind aber wichtig, um ein aussagefähiges Bild von den zu beurteilenden Situationen zu erzeugen.

In diesem Zusammenhang soll der hohe Wert von sogenannten „Handrechenformeln“ betont werden, die insbesondere durch die Verwendung moderner Rechenhilfen schnell und zuverlässig bedient werden können. Diese Hilfsmittel werden von den Prüfsachverständigen im Rahmen ihrer Plausibilitätskontrollen verwendet; sie eignen sich aber auch für die Lösung einfacher Probleme im Rahmen der Brandschutz-Planung und Konzepterstellung bzw. Begründung.

#### Feststellung der Eignung verwendeter Nachweis-Modelle

Jedes Modell stellt eine Vereinfachung der abgebildeten Realität dar. Daher werden die stets begrenzten Anwendungsbereiche dieser Modelle beschrieben und festgelegt / begrenzt. Diese Anwendungsgrenzen müssen bei der Anwendung der Modelle beachtet und eingehalten werden. Dies wird im Zuge der Prüfung kontrolliert und bewertet.

Die Eignung von Modellen für die Abbildung der Realität innerhalb von bestimmten Genauigkeitsgrenzen wird in zweierlei Hinsicht beurteilt:

- a. Verifikation:  
Nachweis, dass die vorgesehenen Formeln richtig integriert sind;  
Aufgabe des Programm-Entwicklers
- b. Validierung:  
Nachweis, dass das Programm auch auf den vorgesehenen Zweck passt  
Aufgabe des Programm-Entwicklers und des Programm-Anwenders

Für diese Verifikation und Validierung sind geeignete Prozeduren und Arbeitsschritte erforderlich, über die seit einiger Zeit eine ISO-Norm /06/ zur Verfügung steht. Die Ergebnisse dieser Prozeduren werden in den Programm-Handbüchern dokumentiert und stehen somit als Prüfgrundlage zur Verfügung. Im Bedarfsfall sind diese dem Prüfer für Prüfzwecke bereitzustellen.

In Bezug auf die Validierung muss beachtet werden, dass sich - ggf. auch ohne besondere Hinweise in den Unterlagen - aus den verwendeten Vergleichsdaten (Ergebnisse aus Experimenten oder von Berechnungen mit „höherwertigen“, für diese Fälle bereits validierten Programmen) Einschränkungen der Validität der Modelle ergeben kann. Das Verlassen nachgewiesener Anwendungsbereiche wird bei der Prüfung der FSE-Nachweise stets kontrolliert und beurteilt.

## Dokumentation von Eingangsdaten und vorausgesetzten Randbedingungen

Die Dokumentation von Eingangsdaten und Randbedingungen für die Berechnungen müssen in verständlicher Art dokumentiert werden. Die Abdrucken von Computerlisten der verwendeten Programme ist dafür üblicherweise nicht geeignet.

Die Daten müssen einen schnellen und zuverlässigen Abgleich mit den überlassenen Planzeichnungen der Örtlichkeiten zulassen und entsprechend aufbereitet dargestellt werden.

Ähnliches gilt für Daten bezüglich der Festlegung von Brandlast-Daten. Sofern nicht auf nutzungstypische Standardwerte zurückgegriffen wird (was bei einigen Anwendungen möglich und zulässig ist), müssen die Brandlasterhebungen mit den zugehörigen „Stoffdaten“ vollständig und nachvollziehbar belegt sein. Diese Daten dienen später auch dem Betrieb bei der Umsetzung betrieblicher Kontrollpflichten und den Behörden bei den wiederkehrenden Prüfungen als Grundlage.

Es muss deutlich werden, in wie weit Planungsreserven in den Aufstellungen enthalten sind und ob Abschätzungen eher auf der konservativen Seite durchgeführt worden sind. Diese Details werden bei der Prüfung zur Beurteilung von Sicherheitsreserven herangezogen.

Als wesentliche Randbedingungen müssen je nach untersuchter Fragestellung insbesondere folgende Aspekte dokumentiert werden:

- Charakteristische Merkmale der Gebäudekubatur im untersuchten Gebäudeteil,
- Art und Größe von Ventilationsöffnungen sowie deren Öffnungsbedingungen,
- Ort der angenommenen Brandentstehung auch dessen Lage im Brandraum,
- Art, Menge und Lagerungsart von Brandlasten am Ort der Brandentstehung - auch in Bezug zur mittleren Brandlastdichte im Brandraum,
- Aktivierungsbedingungen von Maßnahmen des aktiven Brandschutzes sowie deren brandschutztechnisch relevanten Leistungsmerkmale
- Annahmen bezüglich der Brandbekämpfung durch die Feuerwehr und durch die Mitarbeiter bzw. durch die Nutzer,

- Zahl der Personen sowie deren Verteilung im gefährdeten Gebäudeteil, sowie deren charakteristische Merkmale in Bezug auf die Selbstrettungsfähigkeiten,
- Annahmen bezüglich der Verfügbarkeit und Abmessungen von Rettungswegteilen.

Je nach Fallgestaltung können wesentlich mehr Aspekte wesentlich sein und dokumentiert werden müssen.

Mit Hilfe geeigneter Rechenläufe sollte im Rahmen angemessener Parameterstudien der Einfluss solcher Randbedingungen hinterfragt werden, die im Realfall von den Festlegungen abweichend auftreten können. Über derartige Berechnungen sind Dokumentationen zu erstellen, die es auch dem Prüfer ermöglichen die untersuchten Einflüsse zu bewerten und die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen zu bewerten.

Parameterstudien geben auch Hinweise darauf, ob der Anwender das Modell zweckentsprechend verwendet hat und ob das Modell diese Parameter ausreichend zuverlässig abbilden kann. Solche Fragestellungen werden im Rahmen der Prüfung einer Plausibilitätsbetrachtung unterzogen.

#### Darstellung und Interpretation von Rechenergebnissen in Bezug auf die Aufgabenstellung

Rechenergebnisse müssen so aufbereitet bereitgestellt werden, dass deren Relevanz für die Nachweisziele leicht erkennbar und zu beurteilen ist. Da häufig die Nachweisziele von einer Kombination mehrerer Brandkenngrößen betroffen sind, sollten diese wesentlichen Brandkenngrößen auch in geeigneter Weise zusammengeführt werden.

Die „Korrektheit“ berechneter Werte lässt sich häufig aus dem Abgleich mit anderen Rechenwerten beurteilen, die ggf. für die Nachweisziele nicht unmittelbar benötigt werden. Diese - für die Prüfung erforderlichen - Daten müssen dem Prüfer in zusammengeführter Weise zur Verfügung stehen. Mindestens müssen die erforderlichen Daten in einer Weise vorliegen, die es dem Prüfer ermöglicht, die notwendige Zusammenführung selber herbeizuführen.

Im Idealfall stimmen sich Aufsteller und Prüfer im Vorhinein darüber ab, in welcher Weise die wesentlichen Daten dokumentiert werden.

Der „Nachweis“ des Erreichens der Schutzziele besteht in einer verbalen Beschreibung der wesentlichen Kriterien. Dabei wird auf die Rechenwerte zurückgegriffen; dieses Zahlenmaterial wird mit den Zahlenwerten der konkreten Schutzzielfestlegung verglichen. In der Beschreibung wird oft nicht nur ein „Soll-Ist-Vergleich“ von Zahlenwerten vorgestellt sondern diese Zahlenwerte werden auch im Hinblick die mit ihnen verbundenen schutzzielbezogenen Wirkungen bewertet. Daraus ergeben sich Hinweise auf vorhandene Sicherheitsreserven bzw. auf das erreichte Sicherheitsniveau.

## ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

---

Die Anwendung von Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens stellt eine solide Grundlage für die Beurteilung von Sonderfällen dar. Die Methoden sind weitgehend ausgereift, haben aber bestimmte Anwendungsgrenzen und Anwendungsschwerpunkte, die bei deren Verwendung beachtet werden müssen.

Wegen der Vielzahl von Teilaspekten und Fragestellungen, die einer ingenieurgemäßen Interpretation bedürfen, ist eine sachverständige Prüfung dieser Nachweise dann angezeigt, wenn sie als Grundlage für Genehmigungen oder für Bemessungsaufgaben verwendet werden.

Art und Umfang der erforderlichen Prüfungen richten sich nach der jeweiligen Aufgabenstellung bzw. Anwendung. Sie haben üblicherweise den Charakter von Plausibilitätskontrollen der wesentlichen Merkmale; eine Doppelrechnung „auf gleichem oder gar höheren Niveau“ sollte als seltene Ausnahme in Betracht gezogen werden.

Hinweise zur Prüfung ergeben sich aus zunächst aus den vornormativen Veröffentlichungen der vfdb - der vfdb Richtlinie 01/01 „Brandschutzkonzept“ und aus dem vfdb-Leitfaden TB 04/01. Diese Papiere können nicht alle Praxisfragen beantworten, so dass für die Prüfung (wie auch für die Aufstellung) auf die einschlägige Fachliteratur zurückgegriffen werden muss.

Bei der Prüfung sollte dem Aufsteller grundsätzlich zunächst Vertrauen entgegengebracht werden. Da allerdings wegen der Vielzahl Interpretationen und Entscheidungen bei der Anwendung von FSE-Methoden Irrtümer und Fehler nicht unwahrscheinlich sind, ist eine kritische Überprüfung wesentlicher Schritte der Nachweisführung unerlässlich. Dabei kommt es darauf an, die Lösungsstrategie und die wesentlichen Annahmen und Interpretationen nachzuvollziehen und nicht, einzelne Rechenschritte zu überprüfen.

Die Plausibilität des Ganzen hat hier Vorrang vor einzelnen Details. Diese Kontrollen helfen den Aufsteller - auch wenn dies nicht primäre Zielsetzung ist - seine hohe Verantwortung für die FSE-Anwendung zu tragen.

### **Ausblick**

Das Brandschutz-Ingenieurwesen bietet noch auf zahlreichen Anwendungsgebieten Forschungsbedarf. Ein hervorzuhebender Aspekt betrifft die Berechenbarkeit der Brandentwicklung und die Freisetzung von Brandprodukten sowie die Maßstäbe für die Bewertung der Brandwirkungen - insbesondere von Brandprodukten auf Personen („Grenzwertfestlegung“).

Dessen ungeachtet werden zunehmend wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse dem Brandschutz-Ingenieurwesen zugeführt und in Modelle integriert. Die Anwendungsbereiche der Ingenieurmethoden nehmen auch im Brandschutz ständig zu. Dies schlägt sich auch im technischen Regelwerk nieder, das die gewonnenen Anwendungserfahrungen aufgreift aber auch vorsorglich einer unreflektierten Verwendung dieser Möglichkeiten Grenzen setzt. Regelwerke schaffen u. a. eine Vertrauensbasis für die Methodik und für das Verhältnis zwischen Aufsteller und Prüfer.

Nachdem im internationalen Bereich bereits eine ganze Reihe einschlägiger Regelwerke auf hohem Niveau existiert und nun insbesondere mit /02/ auch in Deutschland beachtenswerte Arbeiten geleistet worden sind, ist mit der Erstellung von DIN-Normen zum Brandschutz-Ingenieurwesen und seiner Anwendung begonnen worden. Diese Arbeiten gehen zurzeit angesichts der guten ingenieurwissenschaftlichen Voraussetzungen eher langsam voran. Nationale Normungsarbeiten sind - soweit angesichts der europäischen Normungsarbeiten überhaupt noch möglich - erforderlich, um die deutschen Aspekte wie Ziele und Erfahrungen normativ zusammenzutragen, verfügbar zu machen und in internationale Normungsarbeiten mit der Aussicht auf Akzeptanz einbringen zu können. Im internationalen Vergleich der Regelsetzung hinkt Deutschland gegenüber den als Vorreitern bekannten Ländern deutlich hinterher; deren „Vorsprung“ im Bereich der Regelsetzung kann durchaus mit ca. zwei Jahrzehnten abgeschätzt werden. In dieser Zeitspanne hat sich die Akzeptanz der Ingenieurverfahren in den betreffenden Ländern auch bei deren Behörden entwickeln können.

Die weitere Entwicklung der Ingenieurmethoden ist ebenso eine ständige Aufgabe wie deren Anwendung selber und das Zusammentragen und Auswerten der Anwendungserfahrungen im Rahmen von Diskussionen zwischen den Anwendern und im Rahmen von Gremienarbeiten zur Regelsetzung.

Die vfdb hat ihre Funktion als Wegbereiter neuer Entwicklungen auf dem Gebiet des Brandschutzes auch für das Brandschutz-Ingenieurwesen ihre Funktion wahrgenommen und im vornormativen Bereich Beachtenswertes geleistet. Nun müssen regelsetzende Organisationen diese Arbeiten fortsetzen - allen voran durch die Experten, die an der DIN-Normung mitwirken.

## LITERATUR UND QUELLEN

---

### Quellennachweis

---

- /01/ vfdb 01/01 Richtlinie: „Brandschutzkonzept“; 2008-04 (02)

---

  - /02/ vfdb 04/01 Technischer Bericht: „Leitfaden - Ingenieurmethoden des Brandschutzes“; vfdb Referat 4; Herausgeber: Dietmar Hosser, 2. Auflage Mai 2009

---

  - /03/ Temme, H.-G.; Wiese, J.: „Plausibilitätsprüfungen im bauordnungsrechtlichen Genehmigungsverfahren“; Tagungsband der 53. Jahresfachtagung der vfdb, Essen 2004; S. 633 ff

---

  - /04/ DIN: „Arbeitstitel: „Brandschutz-Ingenieurwesen - Grundsätze und Regeln für die Anwendung“; zurzeit in Erarbeitung“

---

  - /05/ ARGEBAU: „Anhang 1 zur Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Erl IndBauRL)“ Fassung 03.2000; „Grundsätze für die Aufstellung von Nachweisen mit Methoden des Brandschutz-Ingenieurwesens“; DIBt-Mitteilungen, Heft 6/2000

---

  - /06/ ISO 16730: „Fire safety engineering — Assessment, verification and validation of calculation methods“, 2007

---

  - /07/ DIN EN 1991-1-2/NA: „Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter — Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2/NA: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke“; (2010-12)
-