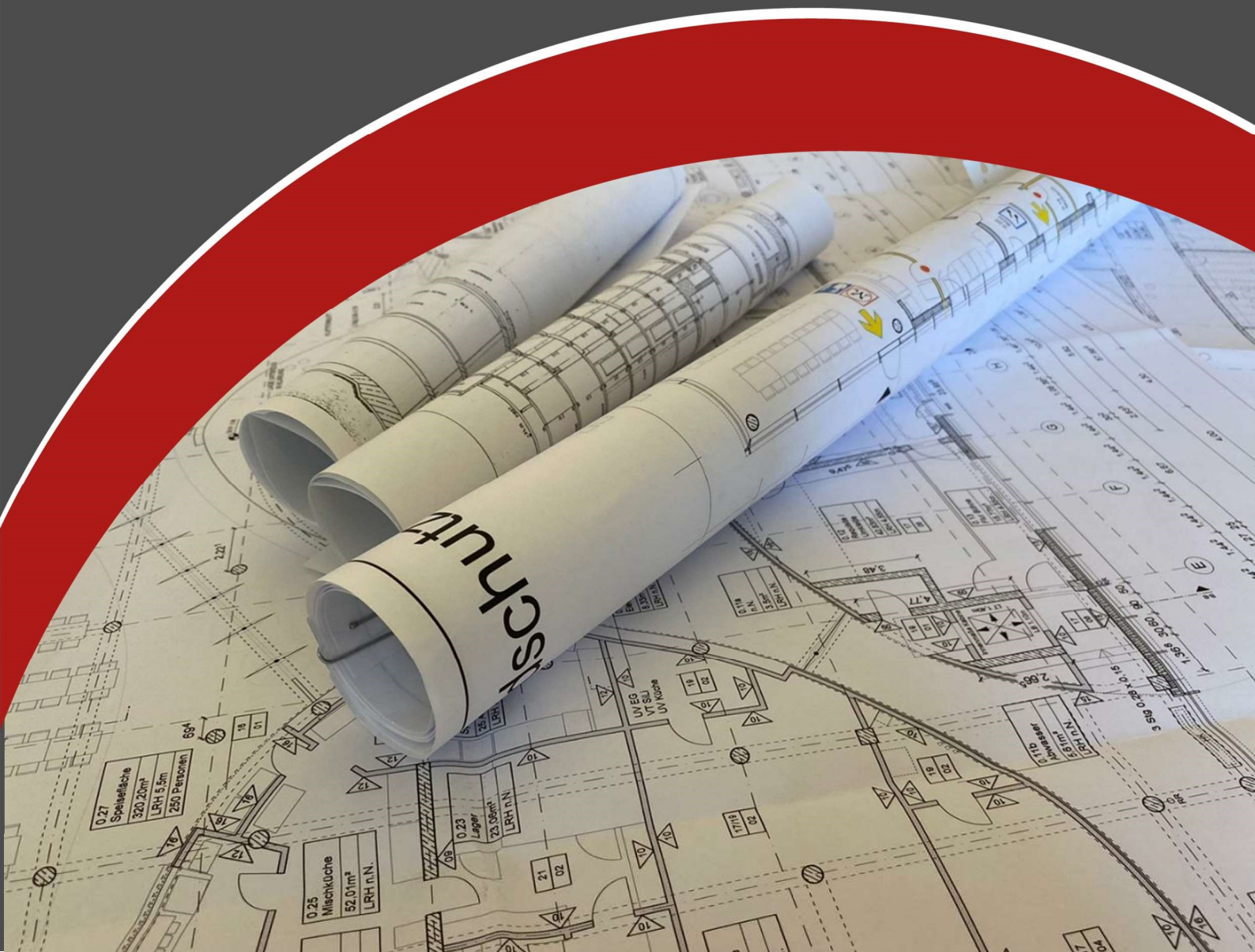




Facharbeit

Baugenehmigungsverfahren mit Brandschutznachweisen auf Brandsimulationsbasis



Dipl.-Ing. (FH) Michael Müller, Brandamtsrat
Stadt Frankfurt am Main
Branddirektion – 37. G11 Ausbildung
Feuerwehrstraße 1
60435 Frankfurt am Main

Baugenehmigungsverfahren mit Brandschutznachweisen auf
Brandsimulationsbasis

Facharbeit nach § 21 VAP2.2-Feu NRW

Frankfurt am Main, den 16. Dezember 2020

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

Aufgabenstellung

Institut der Feuerwehr
Nordrhein-Westfalen



Institut der Feuerwehr NRW, Postfach 4967, 48028 Münster

Datum: 25.09.2020

Herr
Michael Müller
Amselweg 12
56414 Meudt

Aktenzeichen Z2-5-2-05
bei Antwort bitte angeben

Nicole Krüler
Telefon 0251 3112-4202
Telefax 0251 3112-4299
pruefungsamt@idf.nrw.de

**Ausbildung für das zweite Einstiegsamt der Laufbahngruppe 2 des
feuerwehrtechnischen Dienstes
hier: Facharbeit**

Sehr geehrter Herr Müller,

nachstehend teile ich Ihnen das Thema Ihrer Facharbeit mit:

**Baugenehmigungsverfahren mit Brandschutznachweisen auf
Brandsimulationsbasis**

Welche Informationen und Dateninhalte muss die Feuerwehr im Rahmen der Bewertung von Baugenehmigungsverfahren erhalten, um die Ergebnisse bzw. die Datenlage einer Brandsimulation in Bezug auf die Belange der Feuerwehr nachvollziehen zu können? Anhand welcher Parameter kann die Feuerwehr nachvollziehen, ob die Brandsimulationsergebnisse belastbar bzw. valide sind?

Ich bitte um Vorlage der Arbeit in dreifacher Ausfertigung (zwei gebundene Exemplare und ein Exemplar als pdf-Datei auf digitalem Datenträger) spätestens drei Monate nach Erhalt dieses Schreibens.

Mit freundlichen Grüßen

Dienstgebäude und
Lieferanschrift:
Wolbecker Str. 237
48155 Münster
Telefon 0251 3112-0
Telefax 0251 3112-1099
poststelle@idf.nrw.de
www.idf.nrw.de

Öffentliche Verkehrsmittel:
Buslinien 11, 22, R22, R32,
N84, Hauptbahnhof Münster
(Bussteig A) bis Haltestelle
„Institut der Feuerwehr“

Vorwort

Baugenehmigungsverfahren mit Brandschutznachweis auf Brandsimulationsbasis sind für viele Dienststellen noch eher eine Seltenheit. In den letzten Jahren wurden verschiedene technische Regelungen erstellt, die sowohl bei den Erstellern von Brandsimulationen als auch bei den Genehmigungsbehörden für mehr Sicherheit und Verlässlichkeit sorgen sollen. Die Arbeit wird einen Überblick über die Beteiligung der Feuerwehr im Rahmen der Prüfung von Baugenehmigungsverfahren mit Brandsimulationen geben und Interessierten einen Einstieg in eine komplexe Thematik ermöglichen.

Die nachfolgende Facharbeit entstand im Rahmen der Laufbahnausbildung nach § 21 VAP2.2-Feu NRW. Der Verfasser bedankt sich bei allen Kollegen, die den Einstieg in die Thematik erleichtert haben. Ein besonderer Dank gilt den Fachleuten, die im Rahmen eines Interviews Rede und Antwort standen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Baugenehmigungsverfahren	2
2.1	Brandsimulation im Baugenehmigungsverfahren	2
2.2	Beteiligung der Feuerwehr am Baugenehmigungsverfahren	3
3	Grundlagen der Brandsimulation	5
3.1	Einsatzmöglichkeiten der Ingenieurmethoden	5
3.2	Modelle der Brandsimulation	5
3.2.1	Experimentelle Modelle	6
3.2.2	Mathematische Modelle	6
4	Brandsimulation im bauaufsichtlichen Verfahren – die Praxis	9
4.1	Was hat die Behörde zu prüfen?	9
4.1.1	Die Belange der Feuerwehr	9
4.1.2	Prüfumfang der Brandsimulation im bauaufsichtlichen Verfahren	9
4.2	Wichtige Schritte in der Projektbearbeitung	10
4.2.1	Identifizierung von Schutzziele	11
4.2.2	Bemessungsbrände und -brandszenarien	12
4.2.3	Auswahl des Models	13
4.3	Informationen und Dateninhalte zur Bewertungsgrundlage	14
5	Diskussion	16
5.1	Parameter für die Prüfung der Feuerwehr	16
5.2	Beurteilung der Validität	19
6	Fazit	21
	Quellenverzeichnis	VIII
	Anhang A: Interview	XII
	Anhang B: Beispiel – Einfluss einzelner Parameter	XVIII
	Anhang C: Abb. Einhaltung der Schutzziele	XX
	Anhang D: Abb. Vorgehensweise für die Prüfung nach vfdb	XXI
	Eidesstattliche Erklärung	XXII

Fachabkürzungen

AGBF	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren
AK VB	Arbeitskreis Vorbeugender Brand- und Gefahrenschutz
CFD	Computational Fluid Dynamics
DFV	Deutscher Feuerwehrverband
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
FA VB/G	Fachausschuss Vorbeugender Brand- und Gefahrenschutz
FDS	Fire Dynamics Simulator
HBO	Hessische Bauordnung
HMWEVW	Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
IdF NRW	Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen
LBO	Landesbauordnung
MBO	Musterbauordnung
M-PPVO	Muster-Verordnung über die Prüfeningenieure und Prüfsachverständigen nach § 85 Absatz 2 MBO
MVV TB	Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen
NABau	DIN-Normenausschuss Bauwesen
VAP2.2-Feu NRW	Verordnung über die Ausbildung und Prüfung für die Laufbahn des zweiten Einstiegsamtes der Laufbahngruppe 2 des feuerwehrtechnischen Dienstes im Land Nordrhein-Westfalen (VAP2.2-Feu)
vfdb	Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.
VB	Vorbeugender Brandschutz

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Aufgabenstellung	III
Abb. 2: Modell eines Hörsaals für eine Berechnung mit dem Programm FDS	8
Abb. 3: Verschiedene Netzdichten	XVIII
Abb. 4: Nachweis der Einhaltung der bauordnungsrechtlichen Schutzziele	XX
Abb. 5: Vorgehensweisen für die Prüfung im Genehmigungsverfahren	XXI

1 Einleitung

„Baugenehmigungsverfahren mit Brandschutznachweisen auf Brandsimulationsbasis

Welche Informationen und Dateninhalte muss die Feuerwehr im Rahmen der Bewertung von Baugenehmigungsverfahren erhalten, um die Ergebnisse bzw. die Datenlage einer Brandsimulation in Bezug auf die Belange der Feuerwehr nachvollziehen zu können? Anhand welcher Parameter kann die Feuerwehr nachvollziehen, ob die Brandsimulationsergebnisse belastbar bzw. valide sind?“

Immer komplexer werdende Gebäudestrukturen mit filigranen Tragwerken, weitläufigen Raumstrukturen und nachhaltigen Baustoffen sowie steigende Anforderungen verschiedenster Bereiche stellen Planer und Aufsichtsbehörden vor große Herausforderungen. Neben dem rein deskriptiven Ansatz kommen im Bereich des Brandschutzes vermehrt rechnerische Simulationen zum Einsatz, die thermodynamische Prozesse während des Brandfalls beschreiben. Das Ziel ist, die vom Gesetzgeber vorgegebenen Schutzziele einzuhalten und gleichzeitig ein innovatives, modernes und nachhaltiges Bauen zu ermöglichen.

Bei der Recherche zu dieser Arbeit fiel dem Verfasser auf, dass der Begriff der Brandsimulation im vorbeugenden Brandschutz zwar bekannt ist, sich dahinter jedoch unterschiedliche Vorstellungen verbergen. – Es war nicht immer klar, wie Brandsimulationen im Baugenehmigungsverfahren einzuordnen sind, was sich dahinter verbirgt und welche Möglichkeiten hierdurch auch für den Brandschutz entstehen können.

Die vorliegende Facharbeit wird grundlegend in die Begrifflichkeiten einführen, die in der Fragestellung aufgeworfen wurden. Auf diese Weise soll der Leser in die Lage versetzt werden, die Aufgabe der Brandsimulation im Baugenehmigungsverfahren bewerten und einordnen zu können. Um einen besseren Überblick zu ermöglichen, ordnet Kapitel 2 die rechtlichen Grundlagen ein, während in Kapitel 3 die Ingenieurmethoden beleuchtet und beschrieben werden, hier speziell die Brandsimulation. Kapitel 4 wird sich mit der Brandsimulation in der Praxis beschäftigen und die Prüfung im Rahmen der Stellungnahme der Brandschutzdienststelle anschneiden. In Kapitel 5 fließen neben den Ergebnissen der Literaturrecherche und deren Diskussion zwei Interviews mit ein, die der Verfasser geführt hat. Neben den wesentlichen Parametern wird die grundsätzliche Prüfbarkeit auf Belastbarkeit und Validität von Brandsimulationen durch die Brandschutzdienststellen diskutiert – mit dem Fokus auf die dafür notwendige Qualifikation. Kapitel 6 bildet das Fazit der Facharbeit.

Der Anhang enthält neben den Abbildungen und einem Beispiel zu künstlichen Parametern auch die Methodik des Interviews sowie die Kernaussagen der Interviewpartner.

2 Baugenehmigungsverfahren

Im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens beteiligt oder hört die Bauaufsicht die durch Rechtsvorschriften vorgeschriebenen Stellen zum Bauantrag. Hierzu gehört unter anderem – je nach Antrag – auch die Brandschutzdienststelle. Dieses Kapitel verdeutlicht, wie die Brandsimulation im Baugenehmigungsverfahren rechtlich einzuordnen ist, und soll darüber hinaus dem Leser den Einstieg in die Thematik erleichtern.

2.1 Brandsimulation im Baugenehmigungsverfahren

Die jeweilige Landesbauordnung ist, als Teil des Bauordnungsrechtes, die wesentliche Rechtsnorm für das Bauen innerhalb eines Bundeslands. In großen Teilen basieren die Landesbauordnungen (LBOs) auf der Musterbauordnung (MBO), die von der Bauministerkonferenz veröffentlicht wird, damit bauordnungsrechtliche Bestimmungen in den Ländern möglichst einheitlich ausgestaltet werden (vgl. Landesfeuerweherschule Baden-Württemberg 2017, 10). Die MBO hat keine unmittelbare Rechtswirkung.

Bei der Planung von Bauvorhaben stehen die Planer häufig vor der Aufgabe, dass vom geltenden Bauordnungsrecht abweichende Tatbestände identifiziert, dokumentiert und ausreichend begründet werden müssen. Die Lösung, die der Planer entwickelt, muss von so guter Qualität sein wie die vom Gesetzgeber vorgegebenen Standardvorgaben, die sich aus den jeweiligen Landesbauordnungen, Sonderbauvorschriften etc. ergeben. Das grundlegende Schutzinteresse des Brandschutzes ergibt sich aus § 3 MBO (MBO 2016, 8):

„Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürliche Lebensgrundlage, nicht gefährdet werden.“

Daraus leiten sich die konkreten brandschutztechnischen Schutzziele ab, die die MBO in § 14 Brandschutz festhält (MBO 2016, 14):

1. Verhinderung der Entstehung von Feuer und Rauch
2. Verhinderung der Ausbreitung von Feuer und Rauch
3. Ermöglichung der Rettung von Menschen und Tieren
4. Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten

Alle Brandschutzmaßnahmen müssen diesen Schutzzielen entsprechen. Das ist zum einen möglich, indem die Erfüllung aller Einzelanforderungen in der jeweiligen Landesbauordnung sichergestellt wird, aber auch indem ein Nachweis über die ausreichende Brandsicherheit im Rahmen eines schutzzielorientierten Brandschutzkonzepts erfolgt.

Konkret bedeutet das: Abweichungen oder Erleichterungen von den gesetzlichen und normativen Vorschriften sind möglich, solange das geforderte Schutz- und Sicherheitsniveau gewährleistet werden kann. Aufgrund der immer komplexer werdenden Bau-

vorhaben und der damit einhergehenden Abweichungen, reicht ein rein argumentativer Nachweis in einem Brandschutzkonzept oft nicht aus. Darüber hinaus birgt ein rein argumentativer Nachweis die Gefahr, dass verschiedene Kompensationsmaßnahmen geplant werden, die bei einer genaueren Betrachtung unter Umständen überzogen und unwirtschaftlich wären. Durch die Anwendung von Ingenieurmethoden im Brandschutz können angemessene und wirtschaftliche Brandschutzmaßnahmen festgelegt werden.

Ingenieurmethoden des Brandschutzes bieten sich insbesondere bei schwerwiegenden Abweichungen von Regelwerken an oder wenn die beurteilungsrelevanten Verhältnisse nicht geregelt sind – also immer dann, wenn ein deskriptiver Nachweis nicht angewendet werden kann (Geburtig 2019, 167).

Grundlage für die Zulässigkeit solcher Nachweise bilden die §§ 67 und 51 MBO beziehungsweise die entsprechenden Paragraphen in den jeweiligen Landesbauordnungen. Das folgende Zitat stammt aus der MBO (MBO 2016, 40 und 58):

§ 51 Sonderbauten (MBO)

„An Sonderbauten können im Einzelfall zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen nach § 3 Abs. 1 besondere Anforderungen gestellt werden. Erleichterungen können gestattet werden, soweit es der Einhaltung von Vorschriften wegen der besonderen Art oder Nutzung baulicher Anlagen oder Räume oder wegen besonderer Anforderungen nicht bedarf. [...]“

§ 67 (1) Abweichungen (MBO)

„Die Bauaufsichtsbehörde kann Abweichungen von Anforderungen dieses Gesetzes und aufgrund dieses Gesetzes erlassener Vorschriften zulassen [...]“

Mit diesen Bestimmungen räumt der Gesetzgeber grundsätzlich die Möglichkeit ein, von den materiellen Anforderungen abzuweichen. Eine Übersicht zu den Nachweisen der bauordnungsrechtlichen Schutzziele findet sich in Anhang C.

2.2 Beteiligung der Feuerwehr am Baugenehmigungsverfahren

Aus den Landesbauordnungen, die auf der MBO basieren, ergeben sich je nach Bundesland Vorgaben, die unter anderem durch Verwaltungsvorschriften, Ausführungsverordnungen, Handlungsempfehlungen und Vollzugshinweise weiter definiert werden.

Während die MBO im Wesentlichen das Anforderungsniveau für Wohn- und wohnähnliche Nutzung – sogenannte Regel- oder Standardgebäude – festlegt, bilden die Sonderbauverordnungen und -richtlinien eine Grundlage für bauliche Anlagen besonderer

Art und Nutzung. Bei welchen Gebäuden es sich um sogenannte Sonderbauten handelt, regelt § 2 (4) MBO (2016) oder die entsprechenden Paragraphen in den Landesbauordnungen.

Ob eine Baugenehmigung für ein Projekt nötig und wie das Verfahren durchzuführen ist, ist ebenfalls in der jeweiligen Landesbauordnung festgeschrieben. Die MBO regelt das im zweiten und dritten Abschnitt. In § 59 heißt es:

„(1) Die Errichtung, Änderung und Nutzungsänderung von Anlagen bedürfen der Baugenehmigung [...]“ (MBO 2016, 44)

Für bestimmte Projekte und Tätigkeiten gibt es eine Genehmigungsfreiheit, auf die hier nicht näher eingegangen wird. Bei Vorhaben, die keine Sonderbauten sind und bei denen keine Voraussetzung für eine Genehmigungsfreistellung vorliegt, prüft die Bauaufsichtsbehörde nur die Zulässigkeit der baulichen Anlagen und die Übereinstimmung mit den Vorschriften. Dies wird dann als vereinfachtes Baugenehmigungsverfahren bezeichnet (MBO 2016, 52 ff.).

Im eigentlichen Baugenehmigungsverfahren findet neben der bauplanungs- auch eine umfangreiche bauordnungsrechtliche Prüfung statt. Bei Sonderbauten sind beispielsweise die Standsicherheit und der Brandschutz durch die Bauaufsicht zu prüfen. Das gilt auch dann, wenn der Bauherr für die Planung Fachingenieure mit entsprechender Qualifikation beauftragt hat (Kiefer 2014).

Nach der MBO beteiligt oder hört die Bauaufsicht zum Bauantrag die Gemeinde sowie die durch Rechtsvorschriften vorgeschriebenen Stellen (MBO 2016, 59). In Hessen wird die Brandschutzdienststelle in der Regel bei Sonderbauten und Abweichungen zu einer Stellungnahme aufgefordert: Innerhalb einer vorgegebenen Frist prüft die Brandschutzdienststelle das vorliegende Brandschutzkonzept auf die Belange der Feuerwehr und gibt eine Stellungnahme gegenüber der Bauaufsicht ab. Diese Stellungnahme ist für die Bauaufsicht nicht bindend, sondern muss lediglich nach pflichtgemäßem Ermessen gewürdigt werden. Da die Verfahrensweise sowie die Anordnungsbefugnis der Bauaufsicht obliegen, sind auch Entscheidungen möglich, die von der Stellungnahme abweichen (Feuerwehr Frankfurt 2020).

3 Grundlagen der Brandsimulation

3.1 Einsatzmöglichkeiten der Ingenieurmethoden

Welche Ingenieurmethoden im Brandschutz angewandt werden, hängt stark vom Zweck der Simulation ab. Grewolls K. und G. unterscheiden vier Gruppen (vgl. Grewolls 2012, 15):

- Nachweis des baulichen Brandschutzes von Bauteilen, darunter Nachweis des Feuerwiderstands
- Nachweis von konzeptionellen Abweichungen, wie etwa Rettungswegbreiten
- Simulation zur technischen Spezifikation, beispielsweise Höhe der raucharmen Schicht
- Schutzzielorientierte Nachweise, wie Brandbekämpfungsabschnitte im Industriebau

Im baulichen Brandschutz könnte ein ingenieurtechnischer Nachweis zum Beispiel klären, ob eine offene Stahlkonstruktion in einer bestimmten Situation den Anforderungen genügt, obwohl sie normativ nicht als feuerhemmend klassifiziert wurde. Durch die Anwendung einer Brandsimulation ist dieser Nachweis möglich, im Unterschied zum herkömmlichen Vorgehen nach deskriptiver Norm. Der Vorteil der Brandsimulation ist dabei, dass ein auf die Nutzung bezogenes Brandereignis (Naturbrand) zugrunde gelegt werden kann statt einer pauschalen Annahme der Einheitstemperaturkurve (Normbrand). Der Bauherr erhält dadurch ein auf sein Objekt zugeschnittenes und wirtschaftliches Brandschutzkonzept. Wichtig ist dabei, dass Abweichungen nicht isoliert betrachtet werden dürfen. Simulationsgutachten sollten stattdessen Bestandteil eines ganzheitlichen Brandschutzkonzepts sein (Schwering 2020).

Die vier Gruppen zeigen: Welche Fragen die Ingenieurmethoden beantworten sollen, variiert von Fall zu Fall. Die Bandbreite reicht von der Nutzung der Fluchtwege (Evakuierungsplanung) bis zu den thermischen Belastungen von Bauteilen (Feuerwiderstand). Gegenstand dieser Arbeit ist die Brandsimulation.

3.2 Modelle der Brandsimulation

Ein Modell ist im wissenschaftlichen Sinn ein Objekt, das auf der Grundlage einer Analogie zu einem Original eingesetzt wird. Die Intention ist, Fragen zu beantworten, die am Originalobjekt nicht zu überprüfen sind oder deren Durchführung am Original zu aufwendig wäre. Auch Brandphänomene werden mithilfe von physikalischen oder mathematischen Modellen dargestellt.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen experimentellen und mathematischen Modellen. Experimentelle Modelle beschreiben eine reale Situation unter Berücksichtigung von Skalierung und Ähnlichkeitsgesetzen; mathematische Modelle hingegen bestehen aus einem System von Gleichungen, die die Phänomene anhand der maßgebenden Parameter darstellen (vfdb 2020, 93, 98–99).

3.2.1 Experimentelle Modelle

Im Rahmen von experimentellen Modellen werden reale Situationen unter Berücksichtigung von Skalierungen und Ähnlichkeitsgesetzen beschrieben – das kann zum Beispiel ein Nachbau in einem verkleinerten Maßstab sein oder ein Experiment im Maßstab eins zu eins. Die in der Vergangenheit oft durchgeführten Heißrauchversuche sind ebenfalls den experimentellen Modellen zuzuordnen. Je nach Vorgehensweise wurden diese mit einem warmen Freistrah (Heißluft) oder verkleinerten Bränden durchgeführt. In einer solchen Anwendung können reale Geometrien berücksichtigt werden. Um sie mit einem realen Ereignis vergleichen zu können, muss die freigesetzte Wärme allerdings herunterskaliert werden (vfdb 2020, 99).

Experimentelle Modelle werfen allerdings immer wieder Fragen auf, die geklärt werden müssen. Zum Beispiel wie Materialdaten zum Entzündungs- und Brandverhalten gewonnen werden, wie Bauteile klassifiziert, wie Nachweise zu Fragestellungen mit schlechter Datengrundlage durchgeführt, Simulationsmodelle validiert oder Simulationsergebnisse überprüft werden können (Grewolls 2012, 26).

3.2.2 Mathematische Modelle

Wie bereits erwähnt bestehen mathematische Modelle aus einem System von Gleichungen, die Phänomene anhand maßgebender Parameter beschreiben. Die Struktur dieser Gleichungen ist oft so komplex, dass nur eine numerische Lösung infrage kommt. Das Problem wird also mithilfe näherungsweiser Berechnung gelöst. Dieser iterative Ansatz erfordert immense Rechnerleistungen. Weil sich die zur Verfügung stehende Rechnerleistung in den letzten Jahren stetig erhöht und die effektiven Berechnungsmethoden verbessert haben, können heute immer bessere Ergebnisse erzielt werden.

Mathematische Brandmodelle können weiter unterteilt werden in deterministische und probabilistische Modelle. Auf eine Erläuterung dieser Aufteilung wird hier aus Platzgründen verzichtet. Die mathematisch deterministischen Brandsimulationsmodelle lassen sich in drei Gruppen aufteilen:

- Empirisch belegte Ansätze
- Zonenmodelle
- Modelle der numerischen Strömungsmechanik
(Computational Fluid Dynamics, CFD)

Empirisch belegte Ansätze sind das Ergebnis einer Vielzahl von detaillierten Untersuchungen des Brandgeschehens. Diese Ansätze rühren daher, dass sie durch Vereinfachungen aus den fundamentalen Gleichungen hervorgehen und unbestimmte Konstanten und Parameter experimentell festgelegt werden. Mit diesen Ansätzen kann beispielsweise der Plume-Massenstrom in einer Höhe berechnet werden (vfdb 2020,

98–100). Da sie für die Praxis wichtiger sind, werden im Folgenden nur die Zonen- und CFD-Modelle vorgestellt.

3.2.2.1 Zonenmodelle

Am Anfang der theoretischen Brandschutzforschung stand das Einzonenmodell, das in der Praxis besser als Vollbrandmodell bekannt ist. Die Voraussetzungen für die Anwendung dieses Modells ist eine möglichst gleichförmige Temperatur innerhalb des Brandraums, eine Voraussetzung, die nur während der Vollbrandphase gegeben ist (daher auch die Bezeichnung). Das Einzonenmodell klammert also die Elemente der Brandentwicklungsphase aus. Um die Einschränkungen dieses Modells zu kompensieren, hat die Forschung mit zunehmendem Kenntnisstand Mehrzonenmodelle entwickelt. Ausgangsüberlegung für Zonenmodelle ist die Trennung zwischen einer wärmeren Rauch- und einer darunter liegenden kälteren raucharmen oder rauchfreien Luftschicht. Nach Zehfuß finden sich diese Bedingungen hauptsächlich in der Pre-Flashover-Phase eines Brandes oder bei Bränden, die sich innerhalb eines Brandraums nur begrenzt ausgedehnt haben.

Durch die Aufteilung in Zonen und die dementsprechende Aufteilung der physikalischen Größen – darunter die Temperatur der Rauchgas- und der Luftschicht – erhöht sich die Zahl der Variablen. Unter anderem dadurch werden sowohl die Gleichungen als auch die benötigten Submodelle komplexer.

Neue Erkenntnisse können in Zonenmodelle übertragen werden. Entscheidend ist jedoch, ob die Modellgleichungen die zugrunde liegenden physikalischen Gesetze berücksichtigen. Gerade Phänomene wie Mischungsprozesse, Flammen aus Fenstern und bestimmte Strömungen sind nach Zehfuß noch nicht ausreichend beschrieben. Zonenmodelle konnten in großen Räumen erfolgreich eingesetzt werden. Allerdings ist davon auszugehen, dass dies nicht in beliebig großen Räumen möglich ist, da dort die Grundvoraussetzung – zwei stabile Schichten – nicht gewährleistet ist (vfdb 2020, 101–108).

3.2.2.2 CFD-Modelle

Computational Fluid Dynamics (CFD) ist der Name eines Verfahrens, mit dem Probleme aus dem Bereich der Strömungsdynamik numerisch gelöst werden können. Der Begriff CFD hat sich für die Feldmodelle im deutschsprachigen Raum etabliert. Im engeren Sinn ist unter einem Feld- oder CFD-Modell ein Computerprogramm zu verstehen, das hinsichtlich seiner physikalischen Teilmodelle und des gewählten Lösungsalgorithmus in der Lage ist, die speziell im Zusammenhang auftretenden Phänomene der Rauch- und Wärmeausbreitung angemessen zu beschreiben (vfdb 2020, 109).

Im Unterschied zu Zonenmodellen, bei denen nur zwei verschiedene Werte definiert sind, können im CFD-Modell beispielsweise die physikalischen Feldgrößen Temperatur und Strömung in einem Feldmodell beliebig viele unterschiedliche Werte annehmen. Die physikalische Grundlage für Feldgrößen wird durch die Erhaltungsgleichungen für Masse, den Impuls und die Energie definiert. Feldmodelle führen zu einer wesentlich höheren Auflösung und Genauigkeit, erfordern jedoch eine sehr hohe Rechnerleistung (Grewolls 2012, 49).

Um die Strömungen numerisch berechnen zu können, wird das Berechnungsgebiet räumlich und zeitlich vereinzelt (diskretisiert) und es werden Randbedingungen festgelegt. Hierzu wird unter anderem ein dreidimensionales Rechengitter erstellt, das das betreffende Gebiet überdeckt. Dieses Gebiet besteht aus dem zu untersuchenden Brand- oder Rauchabschnitt und den angrenzenden Bereichen, um auch die Zuluft- und Abluftsituationen angemessen zu erfassen. Um es optimal an die Räumlichkeiten und die Problemstellung anpassen zu können, ist die Größe des Gitters bei den Rechenverfahren meist variabel. Auch die Zeitvariable wird diskretisiert: Es werden Änderungen des Systemzustands berechnet, die sich zum Beispiel nach Bruchteilen von Sekunden ergeben (vfdb 2020, 110). Schon die räumliche und zeitliche Diskretisierung ist ein komplexer Schritt, der sich aber wesentlich auf die Endergebnisse auswirken kann, wie später noch dargestellt wird. Neben der Diskretisierung werden unter anderem die Randbedingungen sowie die Turbulenz- und Verbrennungsmodellierung betrachtet. Nachfolgend eine Abbildung aus einem CFD-Verfahren:

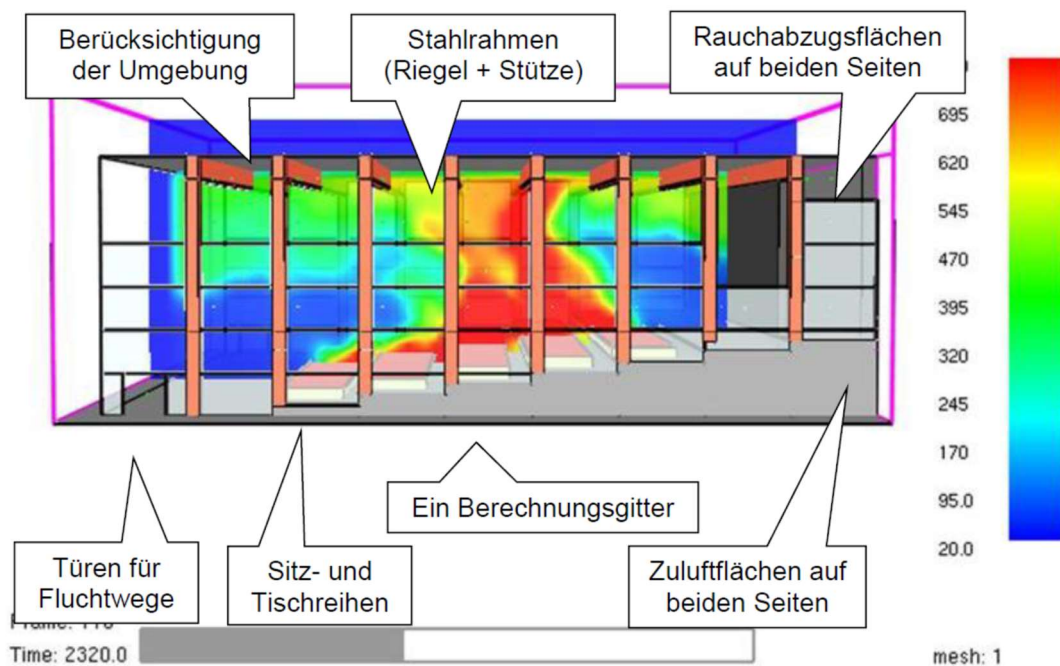


Abb. 2: Modell eines Hörsaals für eine Berechnung mit dem Programm FDS (vfdb 2020, 442)

4 Brandsimulation im bauaufsichtlichen Verfahren – die Praxis

4.1 Was hat die Behörde zu prüfen?

Wie beschrieben vertritt der vorbeugende Brandschutz der Feuerwehren, je nach landesrechtlicher Vorgaben, die Belange der Feuerwehr in öffentlich-rechtlichen Verfahren und kontrolliert deren Umsetzung. Stellungnahmen der Brandschutzdienststellen sollten zumindest den abwehrenden Brandschutz umfassen – die Belange der Feuerwehr sind jedoch zwingend in den Kontext der gesamten Brandschutzplanung zu setzen (AGBF 2017, 6). Nachfolgend wird erläutert, was „Belange der Feuerwehr“ in diesem Zusammenhang bedeutet und welchen Umfang eine Prüfung bei Verfahren mit Brandsimulationen haben sollte.

4.1.1 Die Belange der Feuerwehr

Unter den „Belangen der Feuerwehr“ im Rahmen der Prüfung im Baugenehmigungsverfahren sind alle Anforderungen an ein Objekt zusammenzufassen, die einen Einfluss auf das Einsatzgeschehen und den Einsatzverlauf nehmen können. Die Belange des abwehrenden Brandschutzes umfassen speziell die Fremddrettung von Menschen, die Realisierung von Lösch- und Rettungsmaßnahmen sowie den Eigenschutz der Rettungskräfte. Eine Prüfung im Rahmen der Stellungnahme umfasst daher unter anderem (vfdb 2012, 3) die folgenden fünf Aspekte.

- Grundsätzliche Anforderung:
Abgleich der Risikoanalyse mit den Schwerpunkten der Feuerwehr
- Baulicher Brandschutz:
Feuerwehruzugänge und -zufahrten, Angriffs- und Rettungswege, Anordnung der Brand- und der Brandbekämpfungsabschnitte
- Anlagentechnischer Brandschutz:
Zusammenwirken der analagentechnischen Maßnahmen aus Sicht des Brandschutzes – Brandmeldeanlagen, Feuerwehraufzüge, Kommunikation, Löschanlagen etc.
- Organisatorischer Brandschutz:
Brandschutzordnung
- Abwehrender Brandschutz:
Löschwasser, Zugänglichkeiten, Flächen, Feuerwehrpläne

4.1.2 Prüfumfang der Brandsimulation im bauaufsichtlichen Verfahren

Bezüglich des Prüfumfanges empfiehlt die Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF) im Positionspapier zum vorbeugenden Brand- und Gefahrenschutz gemeinsamen mit dem Deutschen Feuerwehrverband (DFV): Bei Methoden des Brandschutzingenieurwesens ist eine Plausibilitätsprüfung der Eingangskriterien und Randbedingungen vorzunehmen, sofern die Belange des abwehrenden Brandschutzes berührt sind (AGBF 2017, 7).

Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) verweist im Rahmen der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) darauf, dass die Feuerwiderstandsfähigkeit des Tragwerks für die Durchführung wirksamer Löscharbeiten von wesentlicher Bedeutung ist. Vor der Entscheidung über die Abweichung/Erleichterung ist danach die zuständige Brandschutzdienststelle im Hinblick auf die Belange des abwehrenden Brandschutzes zu hören (DIBt 2019, 18).

Die Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb) verweist in ihrer Richtlinie zum Brandschutzkonzept (Anhang 3) darauf, dass die Stellungnahme der Brandschutzdienststellen die Belange des abwehrenden und des organisatorischen/betrieblichen Brandschutzes definiert. Methoden des Brandschutzingenieurwesens sind demzufolge ebenfalls aus diesem Blickwinkel zu betrachten. Werden danach die Belange des abwehrenden Brandschutzes berührt, berät die Feuerwehr bei der Auswahl der Eingangskriterien und Randbedingungen und gibt Hinweise zur Plausibilitätsprüfung (vfdb 2012, 4). Für die detaillierte Prüfung empfiehlt die Richtlinie, neun Fragen zu beantworten, von denen die wichtigsten hier zusammengefasst dargestellt werden (vgl. vfdb 2008, 9). Die vollständige Übersicht befindet sich im Anhang D.

- Ist die Aufgabenstellung inklusive der Schutzziele formuliert?
- Ist die Lösungsstrategie schlüssig und nachvollziehbar beschrieben sowie für die Aufgabenstellung geeignet?
- Liegen ein Verwendbarkeitsnachweis und eine Eignung der gewählten Nachweisverfahren vor (insbesondere der Rechenprogramme)?
- Sind die Eingabedaten für das Gebäude, seine Nutzung und die Aufgabenstellung dokumentiert und schlüssig (Lastenannahme, Brandszenarien, Gebäudeparameter)?
- Ist die Dokumentation verständlich und nachvollziehbar?
- Lässt die Darstellung der Ergebnisse einen klaren Bezug auf die Aufgabenstellung zu?
- Enthält die Interpretation der Ergebnisse nachvollziehbare Schlussfolgerungen in Bezug auf die festgelegten Schutzziele?

4.2 Wichtige Schritte in der Projektbearbeitung

Im Folgenden werden die wichtigsten Schritte im Rahmen eines Projekts mit Brandsimulation skizziert. Anschließend wird abgeschätzt, ob diese Schritte im Rahmen der Stellungnahme der Brandschutzbehörde überhaupt überprüfbar sind. Die Einschätzung des Verfassers orientiert sich dabei an den Inhalten der Ausbildung, die die Mitarbeiter der Feuerwehren im Bereich vorbeugender Brandschutz erhalten, wie sie aus dem Positionspapier zum vorbeugenden Brand- und Gefahrenschutz der AGBF und des DFV (Anlage 3) hervorgehen (AGBF 2017, 10). In roten Infoboxen gibt der Verfasser seine auf Grundlage der Recherche gewonnene persönliche Einschätzung wieder, bezogen auf den jeweiligen Arbeitsschritt in der Brandsimulation.

4.2.1 Identifizierung von Schutzzielen

Die Umsetzung der bauordnungsrechtlichen Schutzziele nach § 14 MBO, beziehungsweise der entsprechenden Paragraphen in den Landesbauordnungen, erfolgt durch die Einführung bestimmter technischer Regeln als technische Baubestimmungen. Diese sind zu erfüllen, damit die Anforderungen an die Beschaffenheit von Gebäuden, die sich aus den Schutzzielen ergeben, erfüllt werden. Damit diese Schutzziele erreicht werden, stellen diese technischen Regeln – darunter DIN 4102 und DIN EN 13501 – Anforderungen, zum Beispiel an das Brandverhalten von Baustoffen, die Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile oder die Anordnung von Rettungswegen. Zehfuß stellt den Zusammenhang zwischen den Schutzzielen sowie den sich daraus ergebenden funktionalen Anforderungen und Leistungskriterien tabellarisch dar. – Hier ein angelehntes Beispiel (vgl. vfdb 2020, 35):

Schutzziel	Funktionale Anforderung und qualitativer Nachweis	Leistungskriterien für einen quantitativen Nachweis
Rettung von Menschen und Tieren ermöglichen	<ul style="list-style-type: none"> • Sichere Benutzbarkeit der Rettungswege für einen definierten Zeitraum durch Erfüllung materieller Anforderungen • Nachweis der Räumung des Gebäudes vor dem Eintreten kritischer Zustände 	<ul style="list-style-type: none"> • Zwei unabhängige Rettungswege • Maximal zulässige Länge • Umfassungsbauteile mit Feuerwiderstand • Mindestbreiten von Rettungswegen und Ausgängen • Mindestanforderungen an Baustoffe • Räumungssimulation zum Nachweis • Brandsimulation zum Nachweis

Das Schutzziel kann durch Standardanforderungen, die sich aus der MBO (oder der entsprechenden LBO) oder aus Sonderbauvorschriften ergeben, oder durch einen individuellen Nachweis erreicht werden.

Zusammengefasst bedeutet das:

- Vor jeder Brandsimulation müssen die Schutzziele konkretisiert werden, beispielsweise die Ermöglichung der Rettung von Menschen und Tieren.
- Hieraus ergeben sich funktionale Anforderungen, zum Beispiel die Nutzbarkeit der Rettungswege für die Dauer der Flucht.
- Leistungskriterien dienen als Grundlage für die quantitative Beurteilung der Brandschutzplanung zur Umsetzung der funktionalen Anforderungen, wie etwa die Länge der Rettungswege oder die Höhe der raucharmen Schicht.

Umsetzbarkeit der Identifizierung von Schutzzielen:**Plausibilitätsprüfung der Eingangskriterien und Randbedingungen –****Frage der Leistbarkeit und der Anforderungen**

Die Festlegung der Schutzziele ist in der Regel nachzuvollziehen und kann durch die Brandschutzdienststelle bewertet werden, soweit die Belange der Feuerwehr betroffen sind. Die funktionalen Anforderungen können aus dem Feuerwehrralltag übertragen werden. Bei der Definition der Leistungskriterien kann ebenfalls eine Plausibilitätsprüfung erfolgen, die sich auf die Erfahrungen aus dem Einsatzdienst und dem VB stützt.

Qualifikation des Personals – auf Grundlage unter anderem des Positionspapiers zum vorbeugenden Brand- und Gefahrenschutz der AGBF und des DFV, Anlage 3 (AGBF 2017, 10)

Neben Einsatzerfahrung sind die im Positionspapier geforderten Grundlagen des baulichen Brandschutzes nachzuweisen, um die Plausibilitätsprüfung ganzheitlich durchführen zu können. In diesem Rahmen wird Basiswissen im Bereich der Bautechnik, der Baurechtssystematik und des vorbeugenden Brandschutzes verlangt.

4.2.2 Bemessungsbrände und -brandszenarien

In einer baulichen Anlage ist eine Fülle von Brandverläufen vorstellbar. Für Räume und Nutzungseinheiten sind die unterschiedlichsten Brandszenarien möglich, sie ergeben sich unter anderem aus Einflussgrößen wie Brandursache, Brandentstehungsort und vorzufindende Brandgefahren. Soll eine brandschutztechnische Bemessung stattfinden, müssen sogenannte Bemessungsbrandszenarien definiert werden (vfdb 2020, 40). Innerhalb dieser Szenarien sind alle für den Einzelfall wesentlichen Parameter zu berücksichtigen, die einen Einfluss auf den Verlauf nehmen können. Das sind unter anderem die Einflussnahme von Personen (Brandlöschung, betriebliche Maßnahmen etc.) sowie die Auswirkung der Anlagentechnik und der klimatischen Einflüsse (wie etwa der Winddruck auf das Gebäude) auf den Brandverlauf. Das Ziel ist, das Bemessungsbrandszenario so zu definieren, dass die sich daraus ergebenden Brandverläufe (Bemessungsbrände) im Brandfall nur mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit übertroffen werden. Aus den Bemessungsbrandszenarien werden konkrete Bemessungsbrände abgeleitet, die dann insbesondere als Quellterm für die Brandsimulation dienen (NABau 2016, 20–22). Änderungen bei den Annahmen, die zu den Bemessungsbrandszenarien geführt haben, können große Auswirkungen auf die gesamte Simulation haben. Aus diesem Grund ist hier mit besonderer Sorgfalt vorzugehen. Die DIN 18009-1 gibt hierzu Arbeitsschritte vor. Die in diesem Zusammenhang wesentlichen sind (vgl. NABau 2016, 22):

- Identifizierung von Brandszenarien aufgrund der nutzungstypischen Erkenntnisse
- Festlegung kritischer Stellen für die Brandentstehung
- Festlegung der Wirkung von Faktoren, die den Brandverlauf beeinflussen (Anlagen, Brandbekämpfung)

- Festlegung der Einflussnahme von Gebäudenutzern (etwa das Öffnen von Türen und Fenstern)
- Abschätzung der Brandfolgen
- Auftretenswahrscheinlichkeit, Häufigkeit

Umsetzbarkeit der Einschätzung von Bemessungsbränden und -brandszenarien:

Plausibilitätsprüfung der Eingangskriterien und Randbedingungen –

Frage der Leistbarkeit und der Anforderung

Zu prüfen, ob die Bemessungsbrandszenarien mit Blick auf die Erreichbarkeit der festgelegten Schutzziele plausibel entwickelt und beschrieben wurden, scheint durchführbar. Fragestellungen im Zusammenhang mit brennbaren Stoffen, deren Anordnung, der Entzündbarkeit, der Brennbarkeit sowie zu Zündquellen, die nutzungsbedingt vorhanden sind, lassen sich aus dem Einsatzdienst und dem VB übertragen. Auch die zu erwartenden Einflussnahme von Anlagentechnik und Personen lassen sich nachvollziehen. Eine Ableitung in konkrete Bemessungsbrände und damit einhergehende Fragestellungen zur Wärmefreisetzungsrate, zum Zündinitial, zum Modell der Brandentwicklungsphase oder zum geometrischen Ausbreitungsmodell etc. ist aufgrund der Komplexität dagegen nur bedingt leistbar.

Qualifikation des Personals – auf Grundlage unter anderem des Positionspapiers zum vorbeugenden Brand- und Gefahrenschutz der AGBF und des DFV, Anlage 3 (AGBF 2017, 10)

Handelt es sich um eine reine Plausibilitätsprüfung der Bemessungsbrandszenarien auf logische Nachvollziehbarkeit, reichen die bereits genannten Qualifikationen aus. Gerade hier können Erfahrungen aus dem Einsatzdienst und dem VB eingebracht und diskutiert werden. Eine weiterführende Prüfung und Ableitung der Bemessungsbrände ist dagegen nur mit einer speziellen Qualifikation zu leisten. Kenntnisse und Erfahrung in Brandschutzfachplanung, der physikalischen Modellierung, der numerischen Simulation der Verbrennung, der Strömungslehre etc. sind für eine solche abschließende Plausibilitätsprüfung unabdingbar.

4.2.3 Auswahl des Modells

Wie beschrieben sind Modelle ein vereinfachtes Abbild der Realität. Ein Modell soll Fragestellungen lösen, deren Beantwortung am Original nicht möglich oder zu aufwendig wäre. Bei den Fragestellungen handelt es sich um physikalische oder mathematische Nach- oder Abbildung mittels unter anderem mathematischer Gleichungen in verkleinertem Maßstab (vfdb 2020, 93). Die Auswahl der Modelle richtet sich nach der Art und dem Umfang der erforderlichen Nachweise. Während experimentelle Modelle nur unmittelbar verwendbare Erkenntnisse für reale Verhältnisse vermitteln können, die dem Versuchsaufbau und den Versuchsdurchführungen entsprechen, ist die Arbeit mit mathematischen Modellen flexibler. Auch die Übertragung von experimentellen Modellen auf ähnliche Gegebenheiten geschieht meist anhand von mathematischen Modellen (NABau 2016, 28–29).

Je nach Art und Umfang der erforderlichen Nachweise sind die hierfür geeigneten Modelle auszuwählen. Ist eine hohe räumliche Genauigkeit gefragt und sind die Ergebnisse abhängig von Strömungsbedingungen im Raum, sind CFD-Modelle den Zonenmodellen vorzuziehen, ungeachtet dessen, dass sie einen höheren Aufwand verursachen (vfdb 2020, 442). Dabei ist neben vielen komplexen Fragestellungen bezüglich der Eignung auch die Qualität des Modells – wie genau kann das Modell die Fragestellung beantworten? – und die der Datenbasis zu berücksichtigen (NABau 2016, 28). Wichtig im Zusammenhang mit der Modellauswahl ist auch die Validierung und Verifizierung von Rechenmodellen. Nur sie gewährleisten eine Mindestqualität: Modelle, die diesen Prozess durchlaufen haben, sind als vertrauenswürdiger einzustufen (vfdb 2020, 119). Fehler im Geometriemodell, der Netzdichte des Rechengitters oder im mathematischen Modell führen ebenso wie die Eingabe fehlerhafter Eingangsdaten unweigerlich zu nicht passenden Ergebnissen. Anhang B zeigt das an einem einfachen Beispiel.

Umsetzbarkeit der Einschätzung, ob ein geeignetes Modell ausgewählt wurde:

Plausibilitätsprüfung der Eingangskriterien und Randbedingungen – Frage der Leistbarkeit und der dafür notwendigen Anforderungen

Die Frage, ob plausibel geprüft werden kann, ob ein geeignetes Modell ausgewählt wurde, ist aus Sicht der Brandschutzbehörde tendenziell zu verneinen. Solche Fragestellungen sind mit unterschiedlichen Ingenieurverfahren bearbeitbar, entscheidend ist dabei bereits die Aufgabenstellung. Anwendungsgrenzen ergeben sich aus räumlichen Dimensionen, baulicher Komplexität etc. Wurde ein korrektes Modell gewählt, sind weitere komplexe Themen wie die Struktur des Rechengitters, eventuell nötige Untermodelle, Anwendungsgrenzen etc. zu diskutieren. Das bedeutet: Randbedingungen und Eingangskriterien unterliegen in dieser Fragestellung einer hohen Komplexität, deren korrekte Anwendung jedoch wesentlich für die Aussage der Brandsimulation ist.

Qualifikation des Personals – auf Grundlage unter anderem des Positionspapiers zum vorbeugenden Brand- und Gefahrenschutz der AGBF und des DFV, Anlage 3 (AGBF 2017, 10)

Eine Plausibilitätsprüfung dieses Arbeitsschrittes ist wesentlich für die Nachvollziehbarkeit und Überprüfung der Brandsimulation, die dazu erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse aber nicht Teil der im Positionspapier festgehaltenen Ausbildungsinhalte. Eine solche Prüfung erfordert Fachingenieurwissen mit umfangreicher Erfahrung und Kenntnissen in der Brandsimulation. Ohne diese Qualifikationen ist eine Diskussion auf Augenhöhe mit dem Ersteller des Nachweises nicht möglich.

4.3 Informationen und Dateninhalte zur Bewertungsgrundlage

Die Verfahren und Modelle des ingenieurtechnischen Brandschutzes sind keineswegs ausgereift. Die Normierung von solchen Verfahren für die Brand- und Rauchausbreitung sowie die Personenstromanalyse hat teilweise erst begonnen (vfdb 2020, 11). Die bis vor wenigen Jahren fehlenden Regelungen und die damit verbundene Unsicherheit bei den Genehmigungsbehörden haben zu ihrer geringen Akzeptanz beigetragen. Die

Einführung der DIN 18009-1 Brandschutzingenieurwesen sowie der Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes der vfdb sollen für mehr Sicherheit und Vergleichbarkeit sorgen. Darüber hinaus hat das Institut der Feuerwehr in Nordrhein-Westfalen 2017 einen Hinweis zur Dokumentation von Brandsimulationen herausgegeben – angelehnt an den Leitfaden des Fire Dynamics Simulator (IdF NRW 2017). Aus den vorliegenden Unterlagen ergeben sich die folgenden Informationen und Daten, die im Rahmen der Brandsimulation von der Brandschutzdienststelle benötigt werden (vgl. NABau 2016, 31):

- **Aufgabenstellung und Abgrenzung**

Veranlassung, Grundsätze, Besprechungsergebnisse, Bezug zur Brandschutzplanung

- **Schutzziele**

Herleitung, Begründung funktionaler Anforderungen und der Leistungskriterien

- **Qualitative Entwurfsanalyse**

Objektbeschreibung, Geometrie, Bauart, Nutzung, anlagentechnischer Brandschutz, Wechselwirkung

- **Gefahren und Risikoanalyse**

Sicherheitsrelevante Zeiträume und Szenarien, Schlussfolgerungen für die Schutzzielefestlegung

- **Festlegung der sicherheitsrelevanten Szenarien**

Bemessungsbrandszenario (mit allen Parametern und Interaktionen)

- **Argumentative Nachweisführung**

- **Leistungsbezogene Nachweisführung**

Lösungsstrategie, Auswahl von Modellen/Modellparametern, Validierung, Verifizierung, Eingangsdaten etc.

- **Sicherheitskonzept und Verwendung von Sicherheitsbeiwerten**

- **Darstellung und Auswertung** der Rechenergebnisse mit Bezug zur Aufgabenstellung, vergleichende Betrachtungen, Abgleich mit den Leistungskriterien

- **Brandschutztechnische Interpretation und Empfehlung** von Brandschutzmaßnahmen

Diese Dokumentation umfasst die Daten und Informationen, die die Feuerwehr benötigt, um die Brandsimulation in Bezug auf die Belange der Feuerwehr nachvollziehen zu können. Im Rahmen dieser umfangreichen Prüfung kann es zu Einzelfallbetrachtungen kommen, die dann zusätzliche Informationen erfordern und zur erweiterten Überprüfung angefordert werden müssen. – Für einen solchen Fall verbieten sich pauschale Aussagen im Vorfeld.

5 Diskussion

Die Grundlage der Diskussion sind das Studium umfangreicher Literatur und eine Reihe von Gesprächen des Verfassers mit Mitarbeitern des vorbeugenden Brandschutzes, mit Ingenieuren von Planungsbüros, die mit Brandsimulationen befasst sind, und mit Vertretern der Wissenschaft (siehe Quellenverzeichnis). Zusätzlich wurden zwei Experteninterviews durchgeführt, deren Fragestellungen ebenfalls in dieses Kapitel eingeflossen sind. Die Methodik der Interviews, die Fragestellungen und die zusammengefassten Aussagen dokumentiert Anhang A.

5.1 Parameter für die Prüfung der Feuerwehr

Enthält das Baugenehmigungsverfahren einen Brandschutznachweis mit Brandsimulation, ist eine Plausibilitätsprüfung der Eingangskriterien und Randbedingungen vorzunehmen (vfdb 2012, 4). Dabei sollte sich die Feuerwehr auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren und beurteilen, ob Eingangsgrößen und Randbedingungen der Simulation realistisch sind. Oberstes Ziel sollte sein, die Belange der Feuerwehr wahrzunehmen. Die wesentliche Grundlage dafür ist die DIN 18009-1 Brandschutzingenieurwesen. Sie fordert eine umfangreiche Dokumentation aller Informationen, die notwendig sind, um eine Prüfung vorzunehmen. In diesem Zusammenhang ist auf die (Planungs-)Module der Brandschutzplanung mit ingenieurtechnischen Verfahren hinzuweisen, die die DIN vorschlägt. Eine solche Struktur einzuhalten würde auch die Prüfung der Feuerwehr erheblich erleichtern (NABau 2016, 38). Die Parameter für die Prüfung wurden in Kapitel 4 im Rahmen der Projektschritte bereits angesprochen. Sie werden im Folgenden in Hinsicht auf die Plausibilitätsprüfung der Feuerwehr zusammengefasst und in zwei Gruppen aufgeteilt: in eine formale und eine Plausibilitätsprüfung.

Formale Prüfung

Liegt ein Brandschutzkonzept oder ein Brandschutznachweis vor?

Welche Regelungen liegen der Brandsimulation zugrunde?

- DIN 18009 – Brandschutzingenieurwesen
- vfdb-Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes (TB 04-01)

Validierung und Verifizierung: Zur Sicherstellung der Mindestqualität ist die Validierung und Verifizierung der verwendeten Rechenmodelle nachzuweisen. Nach DIN 18009-1 sollte das nach ISO 16730 durchgeführt werden (NABau 2016, 29). Dieser Nachweis hat der Dokumentation beizuliegen.

Sicherheitskonzept: Ein Sicherheitskonzept berücksichtigt alle Streuungen in den Annahmen, Ein- und Ausgangsdaten sowie die Unschärfen der Ein- und Ausgangsdaten (NABau 2016, 30). – Liegt ein solches Sicherheitskonzept vor?

Plausibilitätsprüfung

Schutzziele: Wie wurden die Schutzziele hergeleitet? Welche funktionalen Anforderungen und Leistungskriterien gibt es? Wird das Erreichen der Schutzziele im zusammenfassenden Ergebnis ausreichend bewertet und werden alle Fragestellungen mit Bezug darauf beantwortet? – Eine Voraussetzung dafür ist, die Brandsimulation allein aus der Sicht der Feuerwehr zu betrachten.

Szenarien: Eine Stärke der Feuerwehr ist die Fähigkeit, in Szenarien zu denken und Problemstellungen anhand von Szenarien darzustellen. Entscheidend im Rahmen der Brandsimulation sind das zugrunde liegende Bemessungsbrandszenario und die angenommene Brandlast.

Zur Auswahl der Szenarien sagt die DIN 18009-1: Zu berücksichtigen sind Szenarien mit besonders großem Risiko. Unbeachtet bleiben dagegen Szenarien mit geringer Auftretenswahrscheinlichkeit oder geringer Schadenserwartung und Worst-Case-Szenarien. Ein Worst-Case-Szenario kann beispielsweise ein Brandanschlag oder Flugzeugabsturz sein. Solche Szenarien sind grundsätzlich möglich, aber eher unwahrscheinlich.

Eine praktikable Grundlage für die Plausibilitätsprüfung der Bemessungsbrandszenarien kann aus einem Ablaufschema der DIN 18009-1 abgeleitet werden. In diesem Zusammenhang müssen dann Fragen wie die folgenden beantwortet werden:

- Ist das Brandszenario nutzungstypisch?
- Wird die Brandlast richtig eingeschätzt?
- Ist die Brandausbreitungsgeschwindigkeit wirklichkeitsnah?
- Ist die Brandentstehung realistisch in Bezug auf die Nutzung?
- Sind die Faktoren, die auf den Brandverlauf Einfluss nehmen können (Brandbekämpfungsmaßnahmen, Feuerlöschanlagen), realitätsnah?
- Wird das Verhalten der Nutzer (des Gebäudes) objektiv eingeschätzt?

Es ist von entscheidender Bedeutung, dass die Feuerwehr an diese Aufgabenstellung mit einem aus dem vorbeugenden und dem abwehrenden Brandschutz geschärften Sachverstand herangeht. Zwei Beispiele verdeutlichen das: Wird bei einem Brand in einer Tiefgarage als Brandlast ein Motorrad angenommen, wäre dem aus Sicht der Praxis entgegenzuhalten, dass in der Regel Pkws an einem solchen Szenario beteiligt sind. Ordnen Ingenieure Nutzern oder der Feuerwehr eine bestimmte Tätigkeit in einer bestimmten Zeit zu, ist das immer dann als kritisch einzuordnen, wenn diese Tätigkeit die Einsatztaktik der Feuerwehr unmittelbar beeinflussen würde.

Abhängig von der Brandlast und dem Bemessungsbrandszenario ist auch die Bauteilstandzeit und damit die für die Feuerwehr sehr wesentliche Sicherheit der Einsatzkräfte. Im Blickfeld steht dabei die Feuerwiderstandsdauer der Angriffswege.

Für die Rettung von Personen ist entscheidend, wie lange die Rettungswege rauchfrei gehalten werden können. Hier geht es weniger um die Feuerbeständigkeit der Materialien als um deren mögliches Potenzial zur Rauchfreisetzung. Wie viel Rauch entsteht im Rahmen der Simulation und ist diese Annahme nachvollziehbar in Bezug auf die verwendeten Baustoffe? Wie wird eine Selbstrettung von Personen durch den Angriff der Feuerwehr beeinflusst? Hier gilt es entsprechend nachzufragen. Wichtig in diesem Zusammenhang ist auch Anhang D der DIN 18009-1, der sich mit der Systematik der Auswahl von Bemessungsbrandszenarien befasst (NABau 2016, 46).

Eingabedaten: Sind die Eingabedaten schlüssig? Im Brennpunkt stehen die von der Feuerwehr zu bewertenden und für sie relevanten Daten, die in jedem Projekt unterschiedlich sind:

- Gebäudeparameter
Passen diese auf den ersten Blick?
- Das gewählte Szenario mit seinen Abläufen und zeitlichen Ansätzen (siehe oben)
- Sonstige Randbedingungen
Welche Temperatur, welcher Wind etc. wurden angenommen?

Es gibt „künstliche“ Parameter, die offiziell keinen Einfluss auf das Ergebnis haben dürfen – das betrifft zum Beispiel die Netzdichte des Rechengitters. Sie zu bewerten fällt in der Regel nicht in den Kompetenzbereich der Brandschutzdienststelle.

Ergebnisdarstellung: Hat das Ergebnis einen Bezug zur Aufgabenstellung? Wird dargestellt, ob die Schutzziele erreicht werden konnten? Wird transparent auf den Einfluss der wichtigsten Parameter hingewiesen – wie würde eine Veränderung dieser Parameter das Ergebnis beeinflussen? Sind die Schlussfolgerungen und Konsequenzen aus Sicht der Feuerwehr nachvollziehbar?

Eine gute und übersichtliche Checkliste enthält die vfdb-Richtlinie Brandschutzkonzept (vfdb 2008, 9 – siehe Anhang C, Abbildungen). Im Rahmen der Plausibilitätsprüfung geht es im Wesentlichen darum, eine Brandsimulation, die von Brandschutzingenieuren erstellt wurde, mit dem Sachverstand der Brandschutzdienststelle zu betrachten. Es geht darum, Größenabschätzungen vorzunehmen, die bei dem konkreten Fall als realistisch einzuschätzen sind. Die Anforderung an diese Plausibilitätsprüfung sind nicht trivial, aber mit den Ausbildungsinhalten, über die die Mitarbeiter des VB/G nach dem Positionspapier zum vorbeugenden Brand- und Gefahrenschutz der AGBF und des DFV verfügen, sowie mit ergänzender Erfahrung im vorbeugenden und abwehrenden Brandschutz abzudecken.

5.2 Beurteilung der Validität

Mit der Plausibilitätsprüfung können Einflussfaktoren hinterfragt und auf Anwendbarkeit überprüft werden. Die Nutzung korrekter Eingangs- und Randparameter ist eine Voraussetzung, um valide Ergebnisse zu erzielen. Eine solche Prüfung betrifft aber nur einen Bruchteil des gesamten Verfahrens.

Wie bereits angesprochen ist die Durchführung einer numerischen Simulation mit einem belastbaren Ergebnis eine wissenschaftliche und darüber hinaus eine sehr aufwendige Aufgabe. Die vom Anwender verwendeten Programm- und Modellansätze müssen auch für die jeweilige Fragestellung geeignet sein (Arnold 2020). Die Pflicht des Anwenders ist, die Anwendbarkeit der verwendeten Programmkonfigurationen für die jeweilige Problemstellung nachzuweisen. Er muss unter anderem belegen, dass die gewählten Modellansätze fehlerfrei funktionieren und die Kombination von Modellansätzen, Modellparametern und Diskretisierung geeignet ist. Diese Anforderungen machen deutlich: Die Brandsimulation erfordert nicht nur akribisches und selbstkritisches wissenschaftliches Vorgehen, sondern auch sehr spezielle Fachkenntnisse (Münch [2] 2015). Eine Software wie beispielsweise FDS bedienen zu können führt nicht zwangsläufig zu einem korrekten Ergebnis (Arnold 2020). Der Aufwand für diesen Nachweis ist je nach Brandsimulation erheblich. Ruhs weist in diesem Zusammenhang auf die Verantwortung des Erstellers hin, sicherzustellen, dass seine Ergebnisse belastbar und valide sind (Ruhs et al. 2020).

Die Überprüfung der eigentlichen Brandsimulation jenseits der Plausibilitätsprüfung ist nicht die Aufgabe der Brandschutzdienststelle im Baugenehmigungsverfahren. Das gilt umso mehr, als auch bei der Wahl korrekter und gut gewählter Eingangsparameter Abweichungen im Rahmen der Brandsimulation entstehen können, und zwar durch Parameter, die sich einer Prüfung durch die Brandschutzdienststelle entziehen. Ihnen auf die Spur zu kommen ist nicht Gegenstand der Ausbildung nach AGBF und DFV-Positionspapier. Dafür bedarf es erfahrener Brandschutzingenieure mit umfangreicher Berufserfahrung und einschlägiger Erfahrung im Bereich der Brandsimulation (Arnold 2020). Will die Bauaufsicht sichergehen, dass die Brandsimulation fehlerfrei und die Simulationsergebnisse uneingeschränkt belastbar sowie valide sind, liegt das in deren Zuständigkeitsbereich (Ruhs et al. 2020).

Nach § 61 HBO (4) kann die Bauaufsicht zur Erfüllung ihrer Aufgaben Sachverständige und sachverständige Stellen heranziehen. Die Bauaufsicht in Frankfurt am Main bindet deshalb grundsätzlich externe Gutachter ein (HMWEVW 2018). Ihre Vorgehensweise begründet die Bauaufsicht auch mit DIN 18009-1, die für Nachweisführungen eine unabhängige Prüfung fordert (NABau 2016, 15).

Diese Entscheidung ist unter anderem den Erfahrungen geschuldet, die in der Vergangenheit mit Baugenehmigungsverfahren mit Brandschutznachweis nach Brandsimulation gemacht wurden. Der Stadt Frankfurt am Main liegen circa zehn Anträge mit Beteiligung einer umfangreichen Brandsimulation pro Jahr vor (Ruhs et al. 2020). Im Rahmen eines solchen Verfahrens sollte im Jahr 2018 bei einem Gebäude die Verhinde-

rung des Brandüberschlages durch eine Brandsimulation überprüft werden. Die Kollegen des vorbeugenden Brandschutzes nahmen dabei eine Plausibilitätsprüfung vor – und schätzten die Randbedingungen und Eingangsparameter als realistisch ein. Ein Zweitgutachten kam dagegen zu einem anderen Ergebnis: Ihm zufolge konnte das vorgegebene Schutzziel nicht eingehalten werden. Was folgte, war ein aufwendiger Abstimmungsprozess zwischen den Nachweiserstellern, dem Zweitgutachter und der Brandschutzdienststelle. Ein belastbarer Brandschutznachweis mit Brandsimulation konnte erst nach intensiver Abstimmungsarbeit vorgelegt werden, für die die Unterstützung des Zweitgutachters unerlässlich war (Schwering 2020).

Aufschlussreich ist in diesem Zusammenhang, was die MBO über Prüfsachverständige schreibt (MBO 2016, 71): Sie erfüllen demnach Aufgaben im Bereich des Bauordnungsrechts, das, wie bereits gesagt, Aufgabe der Länder ist. Grundsätzlich wird ein Prüfsachverständiger nach der Musterverordnung über die Prüfsachverständigen und Prüfsachverständigen (M-PPVO) anstelle der Bauaufsichtsbehörde unter Beachtung der Leistungsfähigkeit der örtlichen Feuerwehr tätig und prüft die Vollständigkeit und Richtigkeit der Brandschutznachweise von baulichen Anlagen. Ein Prüfsachverständiger hat im Wesentlichen die gleichen Aufgaben, wird aber nach § 2 (1) M-PPVO im Auftrag des Bauherrn tätig und bescheinigt ihm zusätzlich eine ordnungsgemäße Ausführung in Bezug auf den Brandschutz. – Diese Bescheinigung muss dann nach § 82 (2) MBO der Bauaufsichtsbehörde vorgelegt werden.

Die Anforderungen an Prüfsachverständige sind sowohl umfangreich als auch vielschichtig. Neben mehrjähriger Erfahrung, speziellen Abschlüssen und Kenntnissen in den verschiedensten Bereichen ist nach M-PPVO eine schriftliche und/oder mündliche Prüfung abzulegen. Grundsätzlich darf tätig werden, wer durch die nach Landesrecht zuständige Behörde anerkannt wurde. Das ist in den meisten Ländern die Architekten- oder Ingenieurkammer oder das Bauministerium (IS-ARGEBAU 2020, 1–2). Prüfsachverständige für Brandschutz werden allerdings aktuell nicht in allen Bundesländern anerkannt (vpi 2020). Es bedarf immer einer entsprechenden Landesregelung.

Da ein Prüfsachverständiger nur dann beauftragt werden darf, wenn er den zu prüfenden Bereich fachlich beherrscht, ist gewährleistet, dass er sich mit dem Ersteller der Brandsimulation auf Augenhöhe austauschen kann. Die Brandschutzdienststelle ist dennoch zu beteiligen und sollte bei der Plausibilitätsprüfung die Belange der Feuerwehr vertreten und entsprechend in das Verfahren eingreifen.

Wie mit Brandsimulationen im Baugenehmigungsverfahren umgegangen wird, unterscheidet sich von Dienststellen zu Dienststelle. Alle Dienststellen, mit denen der Autor gesprochen hat – ob groß oder klein –, nehmen eine Plausibilitätsprüfung unter Beachtung der DIN 18009-1 vor. Je nach Vorgehensweise der Bauaufsicht, Zuständigkeit und vorhandener Qualifikation in den Behörden – es gibt auch Feuerwehren mit Spezialisten in einzelnen Fachbereichen, beispielsweise Grundsatzfragen – wird bei Bedarf externer Sachverstand hinzugezogen (Doberschütz 2020; Maiworm 2020; Schwering 2020).

6 Fazit

„Die Expertise desjenigen, der die Werkzeuge einsetzt, spielt eine zentrale Rolle – vielleicht sogar die größte.“ (Arnold 2020)

Ein rein argumentativer Brandschutznachweis birgt die Gefahr, dass verschiedene Kompensationsmaßnahmen geplant werden, die bei einer genaueren Betrachtung möglicherweise überflüssig sind. Dagegen eröffnet die Brandsimulation im Baugenehmigungsverfahren die Möglichkeit, einen angemessenen Brandschutz im Interesse aller Beteiligten festzulegen. Schon heute sind die Simulationsmodelle von sehr hoher Qualität und sie werden sich sicher noch weiter verbessern. Feuer ist nicht „unberechenbar“, aber es muss allen am Verfahren Beteiligten klar sein, dass es sich um sehr komplexe Simulationsmodelle handelt (Arnold 2020). Es gibt Modelle, die nicht ein Ergebnis liefern, sondern eine Bandbreite von Ergebnissen, und die nicht den „Alltagsbrand“ darstellen, sondern ein Brandszenario, das mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit auftreten wird. Die eigentliche Herausforderung liegt deshalb nicht in der Bedienung der Programme. Sie besteht vielmehr darin, einschätzen zu können, ob bestimmte Werkzeuge für die Fragestellung geeignet sind. Sie besteht darin, die Ergebnisse der Simulation interpretieren und beurteilen zu können, wie belastbar oder valide diese sind. Diese Aufgabe ist nur mit umfangreicher Fachkenntnis und viel Erfahrung im Bereich der Simulation zu bewältigen (Arnold 2020).

Die Mitwirkung der Feuerwehr bei der Überprüfung eines solchen Verfahrens sollte sich auf die Belange der Feuerwehr konzentrieren. Dafür sind die Schutzziele sowie die Szenarien von wesentlicher Bedeutung. Welche Informationen und Daten dafür notwendig und welche Fragen dabei zu beantworten sind, hat diese Arbeit dargestellt. In diesem Bereich sehen viele der im Rahmen dieser Arbeit Befragten die Kernkompetenz der Feuerwehr und auch die konkrete Aufgabe im Baugenehmigungsverfahren. Der angemessene Umgang mit der Plausibilitätsprüfung durch die Feuerwehr sollte Teil der Ausbildung im VB werden, um den beteiligten Kollegen die oft noch vorherrschende Skepsis und Befürchtungen gegenüber Brandsimulationen zu nehmen. Mit der DIN 18009-1 Brandschutzingenieurwesen und dem Leitfaden „Ingenieurmethoden des Brandschutzes“ der vfdb wurden sehr gute Grundlagen geschaffen, die die Akzeptanz von Brandsimulationen im Baugenehmigungsverfahren erhöhen werden. Aktuell wird an Teil 2 der DIN 18009 gearbeitet, der sich mit Personensicherheit und Räumungssimulationen beschäftigen wird (Maiworm 2020). Die genannten Regelwerke sollten die Grundlage bilden und die Rahmenbedingungen für die Ersteller, aber auch für die Prüfung der Feuerwehr definieren. Damit die Brandsimulation endgültig auch im „Bauen“ ankommt, wäre es wichtig, dass diese anerkannten Regeln auch Einzug in die jeweiligen Landesvorschriften halten (Ruhs et al. 2020). Die Aufnahme der DIN 18009 in die Muster-Industriebau-Richtlinie im Jahr 2019 ist hier sicherlich ein erster Schritt (MIndBauRL 2019, 24).

Allen an der Baugenehmigung Beteiligten muss jedoch klar sein: Eine reine Plausibilitätsprüfung, bezogen auf die Belange der Feuerwehr, ist ein sehr wichtiger Baustein in der Prüfung und kann viele Fehlerquellen ausschalten. Sie kann allerdings keine endgültige Aussage darüber treffen, ob eine Brandsimulation belastbar oder valide ist. Die umfangreiche Prüfung einer komplexen Brandsimulation ist auch für Experten keine einfache Aufgabe. Es bedarf eines hohen Maßes an Expertise, um einzelne Parameter innerhalb der Simulation abschließend bewerten zu können (Arnold 2020). Will die Bauaufsicht diese Fragestellung endgültig klären, wären drei Wege grundsätzlich vorstellbar: eigene Kompetenzen und Qualifikationen aufbauen, Kompetenzzentren bilden – wie in anderen Ländern üblich – oder externen Sachverstand einkaufen (Ruhs et al. 2020). Letzteres wäre dann vergleichbar mit der Prüfstatik, bei der sich alle Beteiligten externer Prüfstatiker bedienen, die komplexe Verfahren auf ihre Richtigkeit überprüfen. Diese Vorgehensweise hat sich über viele Jahre etabliert und könnte ein Vorbild dafür sein, wie eine Zusammenarbeit im Bereich der Brandsimulationen im Baugenehmigungsverfahren aussehen kann. Dass es funktioniert, zeigen einige Bundesländer, die Prüffingenieure bereits einbinden.

Quellenverzeichnis

Gesetze, Verordnungen, Normen, Richtlinien

AGBF (2017): Positionspapier zum Vorbeugenden Brand- und Gefahrenschutz, Empfehlung der AGBF und des Deutschen Feuerwehrverbandes, Fachausschuss Vorbeugender Brand- und Gefahrenschutz der deutschen Feuerwehren (FA VB/G), Version 1.1, AGBF Bund im Deutschen Städtetag, München.

DIBt (2019): Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Deutsches Institut für Bautechnik, Ausgabe 2019/1, Berlin.

HMWEVW (2018): Hessische Bauordnung (mit Änderung vom Juni 2020), Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen.

HPPVO (2010): Hessische Prüfberechtigten- und Prüfsachverständigenverordnung, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung.

MBO (2016): Musterbauordnung (Fassung 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13. Mai 2016), Bauministerkonferenz, IS-ARGEBAU.

MIndBauRL (2019): Muster-Industriebau-Richtlinie (MindBauRL), Deutsches Institut für Bautechnik, Stand Mai 2019, Berlin.

M-PPVO (2012): Muster-Verordnung über die Prüfungingenieure und Prüfsachverständigen nach § 85 (2), Fassung Dezember 2012, Bauministerkonferenz, IS-ARGEBAU.

NABau (2016): DIN 18009-1, Brandschutzingenieurwesen – Teil 1: Grundsätze und Regeln für die Anwendung, DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

NBVO (2002): Verordnung über Nachweisberechtigte für bautechnische Nachweise nach der Hessischen Bauordnung (Nachweisberechtigten-Verordnung, NBVO)

vfdb (2008): Brandschutzkonzept, vfdb-Richtlinie 01/01: 2008-04 (02), Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb), VdS Schadenverhütung Verlag, Köln.

vfdb (2012): Brandschutzkonzept – Anhang 3, vfdb-Richtlinie 01/01-S1: 2012-11 (01), Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb), VdS Schadenverhütung Verlag, Köln.

vfdb (2020): Zehfuß Jochen, Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes, TB 04-01 März 2020, Technisch Wissenschaftlicher Beirat (TWB) der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb), Münster.

Literatur, Studienarbeiten, Skripte

Arnold, Lukas; Müller, Andreas; Münch, Matthias; Rogsch, Christian; Vischer, Andreas (2015): FDS Leitfaden, Version 1.0.0, Stand 12. November 2015, FDS Usergroup – Unabhängiges Forum für die deutschsprachigen FDS-Anwender.

Dalheimer, C. (1999): Empirische Untersuchung über den Verbleib der AbsolventInnen der Fachhochschule Rottenburg. Diplomarbeit Fachhochschule Rottenburg. Professur Angewandte BWL. 02.99.01. Rottenburg.

Geburtig, Gerd (2019): Basiswissen Brandschutz, DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Fraunhofer IRB Verlag, Bd. 1, 1. Aufl. Beuth Verlag, Berlin/Wien/Zürich.

Grewolls, Kathrin und Gerald (2012): Praxiswissen Brandschutz. Simulationen, Köln: Feuertrutz GmbH Verlag für Brandschutzpublikationen.

IdF NRW (2017): Hinweis zur Dokumentation von Brandsimulationen am Beispiel FDS, Dezernat B2 – Zugführer und Gefahrenprävention, Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen, Münster.

Kiefer, Tim (2014): Brandschutzingenieurmethoden im Baugenehmigungsverfahren der Branddirektion Frankfurt am Main, Masterarbeit, Fachhochschule Kaiserslautern.

Kromrey, H. (2000): Empirische Sozialforschung. Modelle und Methoden der Datenerhebung und Datenauswertung. 9. Auflage. Verlag Leske und Budrich, Opladen.

Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg (2017): Skript zur Musterbauordnung, Lehrunterlage.

Münch, Matthias [2] (2015): Zwischen Glaskugel und Wissenschaft – Wann sind Brandsimulationen vertrauenswürdig? Interessengruppe Numerische Risikoanalyse, Berlin.

Schelb, Dietmar (2020): Besonderheiten und Risiken von Li-Ionen Batterien, Power-Point im Rahmen der Unterrichtseinheit des BVI, Karlsruher Institut für Technologie – Forschungsstelle für Brandschutztechnik.

Internet

Behaneck, Marian (2020): Simulationen: Einsatz in der Brandschutzplanung, [online] <https://www.feuertrutz.de/einsatz-von-simulationen-in-der-brandschutzplanung/150/74129/> [17.10.2020].

Feuerwehr Frankfurt (2020): FAQ Baugenehmigungsverfahren, [online] <http://www.feuerwehr-frankfurt.de/vorbeugung/index.php/baugenehmigungsverfahren/faq-baugenehmigungsverfahren> [01.10.2020].

Hessen (2020): Sachverständigenwesen, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, [online] <https://wirtschaft.hessen.de/landesentwicklung/bauen-und-wohnen/baurecht/bauordnungsshyrecht/sachverstaendigenwesen> [19.10.2020].

ifs-ev (2020): Brandsimulation – ein ergänzendes Instrument der Brandursachenermittlung, Institut für Schadensverhütung und Schadensforschung, [online] <https://www.ifs-ev.org/leistungen/brandsimulation/> [16.10.2020].

INURI (2020): Simulationsmethoden in Brandschutz und Gefahrenabwehr – Einführung Brandsimulation, Interessengruppe Numerische Risikoanalyse, [online] <http://www.inuri.de/brandsimulation6193.html?showall=&limitstart=> [12.10.2020].

IS-ARGEBAU (2020): Informationen über die Dienstleistung der Prüfsachverständigen für Brandschutz, Bauministerkonferenz, [online] <https://www.bauministerkonferenz.de/Dokumente/42312619.pdf> [31.10.2020].

Münch, Matthias (2015): Strömungs- und Verbrennungssimulation in der Gefahrenabwehr. Brandsimulation, [online] <http://page.mi.fu-berlin.de/mmuench/Brandsimulation.html> [17.10.2020].

vpv (2020): Qualifikation und Anerkennung, Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik e.V., [online] <https://www.bvpv.de/bvpv/de/pruefsachverstaendigen/qualifikation-und-anerkennung.php> [31.10.2020].

Gespräche, Telefonate

Doberschütz, Ralph (2020), Abteilungsleiter Vorbeugende Gefahrenabwehr, Feuerwehr Kerpen: Vorgehensweise bei Baugenehmigungsverfahren mit Brandsimulation, Telefonat am 30. Oktober 2020.

Görtzen, Christian (2020), Görtzen Stolbrink & Partner mbB, Kalkar: Grundlagen der Brandsimulation, Prüfsachverständigen, Möglichkeiten der Prüfung, Telefonat am 30. Oktober 2020.

Maiworm, Björn (2020), Branddirektor, Grundsatzfragen Einsatzvorbeugung, Branddirektion, Landeshauptstadt München: Brandsimulation im Baugenehmigungsverfahren, Plausibilitätsprüfung-Parameter, Vorgehensweise in München etc., Telefonat am 21. Oktober 2020.

Ries, Reinhard (2020), Direktor der Branddirektion a.D., Branddirektion, Frankfurt am Main: Brandsimulation im Baugenehmigungsverfahren, Akzeptanz, praktische Beispiele, Entwicklung, Diskussion, Telefonat am 7. Dezember 2020.

Schröder, Benjamin (2020), Görtzen Stolbrink & Partner mbB, Kalkar: Grundlagen der Brandsimulation, Möglichkeiten und Grenzen der Prüfung, Telefonat am 17. November 2020.

Schuld, Adrian (2020), Sicherheitsingenieur, Wuppertal: Grundlagen der Ingenieurmethoden, Ingenieur für Sicherheitstechnik, persönliches Gespräch am 19. Oktober 2020.

Schwering, Jonas (2020), Brandamtsrat, 37. G2 Vorbeugung und Planung, Branddirektion Frankfurt am Main: Brandsimulation im Baugenehmigungsverfahren, persönliches Gespräch am 18. Oktober 2020.

Spor, Ullrich (2020), Brandrat, Einsatzorganisation/Katastrophenschutz, Direktion Süd, Berliner Feuerwehr: Grundlagen der Brandsimulation, persönliches Gespräch am 21. Oktober 2020.

Interviews

Arnold, Lukas (2020), Online-Interview in Berlin am 2. November 2020.

Ruhs, Andreas; Brückmann, Michael; Walter, Jürgen; Schwering, Jonas (2020), Interview in Frankfurt am Main am 26. Oktober 2020.

Anhang A: Interview

Methodik des Interviews

Empirische Sozialforschung beruht auf Erfahrungen der menschlichen Sinne. Sie erfasst durch Beobachtungen, Experimente oder Befragungen gewonnene Daten oder „Erfahrungstatsachen“ und stellt sie dar. Nach der Menge der zu erhebenden Daten unterscheidet die Wissenschaft drei Gruppen: Erstreckt sich die Datenerhebung auf alle Elemente der Grundgesamtheit,¹ führt der Sozialwissenschaftler eine Vollerhebung durch. Nutzt er nur eine Teilmenge zur Datenaufnahme, spricht man entsprechend von einer Teilerhebung. Bei einer Stichprobe wird die Teilmenge nach vorab festgelegten Regeln aus einer Grundgesamtheit ausgewählt (Kromrey 2000, 247 ff.).

Entscheidend ist darüber hinaus, wie die Daten erhoben wurden. Infrage kommen Experiment, Beobachtung und Befragung. Die Facharbeit nutzt die letztere Methode. Nach Kromrey ist die Befragung, die in schriftlicher, mündlicher oder einer Mischform durchgeführt werden kann, in der empirischen Sozialforschung noch immer die am häufigste verwendete Methode zu Datenerhebung und das am weitesten entwickelte Verfahren (Kromrey 2000, 335).

Bei der schriftlichen Befragung handelt es sich meist um Einzelbefragungen, die in räumlicher Distanz durchgeführt werden. Die mündliche Befragung unterscheidet zwischen dem Einzel- und dem Gruppeninterview. In der Regel sucht der Interviewer dabei die zu Befragenden auf, außer in der Sonderform des Telefoninterviews. Als Nachteile einer mündlichen Befragung müssen vor allem die hohen Kosten und die Beeinflussung des Befragten durch die physische Präsenz des Interviewers genannt werden. Von Vorteil dabei ist, dass Fragen korrigiert und ergänzt werden können und die Rücklaufquote aktiv gesteuert werden kann (Dalheimer 1999). Analog zum schriftlichen Interview wird auch hier nach dem Grad der Standardisierung unterschieden. Bei einer vollstandardisierten Befragung sind alle Fragen, deren Reihenfolge und das verwendete Hilfsmaterial vorgegeben. Im Gegensatz dazu muss der Interviewer bei einem teilstandardisierten Fragebogen die Befragungssituation selbst mitstrukturieren. Vorwiegend wird mit offenen Fragen gearbeitet, denn diese Befragungsform erlaubt es, Aspekte zu vertiefen und zu bestimmten Themen genauer nachzufragen. Noch offener ist das nicht standardisierte Interview. Es verzichtet ganz und gar auf einen Fragebogen. Als Vorgabe dienen nur Stichworte oder Themen, die unbedingt anzu-

¹ „Unter *Grundgesamtheit* ist diejenige Menge von Individuen, Fällen, Ereignissen zu verstehen, auf die sich die Aussagen der Untersuchungen beziehen sollen und die im Hinblick auf die Fragestellung und die Operationalisierung vorher eindeutig abgegrenzt werden muss. Genau genommen handelt es sich hierbei um die *angestrebte Grundgesamtheit*.“ (Kromrey 2000, 251)

sprechen sind. Die Befragten können ohne Vorgabe oder präzise Einzelfragen Stellung nehmen. Diese Form kommt besonders bei Experteninterviews zum Einsatz (Kromrey 2000, 363 ff.).

Die für diese Facharbeit eingesetzten Interviews wurden mündlich in nicht standardisierter Form durchgeführt. Wesentlich für diese Entscheidung war, dass es sich um besagte Experteninterviews handelt. Denn die nicht standardisierte Form bietet dem Interviewer die Möglichkeit, ein Maximum an Informationen und Einschätzungen vom befragten Experten zu erhalten. Der Interviewte wiederum kann im Rahmen dieser Art der Befragung die Thematik um Aspekte ergänzen, die der Interviewer womöglich gar nicht in Betracht gezogen hat. Die wichtigsten Themen (Essentials) werden dabei anhand von drei Fragen abgearbeitet. Um den Befragten besser folgen zu können und eine bessere Wiedergabe der Inhalte zu ermöglichen, wurden die Interviews aufgezeichnet. Die Bänder sind im Besitz des Verfassers.

Im Rahmen des Interviews wurden folgende Fragestellungen aufgegriffen:

1. Wie schätzen Sie die Grenzen der Plausibilitätsprüfung (der Feuerwehr) ein? Können komplexe Verfahren durch die Abschätzung der Eingangsparameter und Randbedingungen etc. korrekt eingeschätzt werden? Mit anderen Worten: Kann nach erfolgter Prüfung davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der Brandsimulation belastbar beziehungsweise valide sind?
2. Ist eine reine Plausibilitätsprüfung von Eingangskriterien und Randbedingungen durch die Kollegen des VB realisierbar?
3. Die Prüfstatik ist schon lange Standard. Ist eine qualifizierte Zweitmeinung auch im Verfahren der Brandsimulation ein gangbarer Weg für die Genehmigungsbehörden?

Die Ergebnisse der Interviews wurden in die Diskussion mit aufgenommen. Sie sind in die Meinungsbildung und die Einschätzung des Verfassers eingeflossen.

Interview am 26. Oktober 2020, Frankfurt am Main

Michael Brückmann: Brandoberrat, Leiter des Sachgebiets operativer vorbeugender Brandschutz, Branddirektion Frankfurt am Main; Vorsitzender des Fachausschusses vorbeugender Brandschutz des Landesfeuerwehrverbandes Hessen.

Andreas Ruhs: Branddirektor, Leiter der Abteilung Vorbeugung und Planung, Branddirektion Frankfurt am Main; Vorsitzender AK VB der AGBF Hessen, Mitglied des Prüfungsausschusses zum Sachverständiger der Feuerwehren für den VB in Hessen, Mitglied/Mitarbeit in nationalen und internationalen Gremien und Kommissionen.

Jonas Schwering: Brandamtsrat, VB Bereich Sonderobjekte, Projektgruppe „Umgang mit Ingenieursmethoden im Baugenehmigungsverfahren“, Sachverständiger VB, Branddirektion Frankfurt am Main.

Jürgen Walter: Brandoberamtsrat, Leiter des Sachgebiets Administrativer vorbeugender Brandschutz, Sachverständiger VB, Branddirektion Frankfurt am Main.

Die Kernaussagen der Interviewten werden hier sinngemäß wiedergegeben und zusammengefasst.

Andreas Ruhs

„[...] zum Schluss hat der Gesetzgeber etwas zum Thema Verantwortung geregelt.“

Herr Ruhs weist darauf hin, dass das Ergebnis einer Brandsimulation, wenn die Durchführung wissenschaftlich korrekt sei, hohen Ansprüchen genüge und durchaus ihre Berechtigung gegenüber den deskriptiven Vorgaben im Baugenehmigungsverfahren habe. Randbedingungen und Eingangsparameter müssten so gewählt werden, dass die Belange der Feuerwehr berücksichtigt seien und einer entsprechenden Plausibilitätsprüfung durch die Feuerwehr standhielten. Die Feuerwehr habe eine Plausibilitätsprüfung mit Feuerwehrsachverstand durchzuführen und könne auch nur diesen Bereich beurteilen. Eine Plausibilitätsprüfung könne Fehler in der Brandsimulation aber sicherlich nicht gänzlich ausschließen. Herr Ruhs verweist auf die Verantwortung des Erstellers, der mit dem Anbieten einer Leistung auch gewährleisten müsse, dass die Ergebnisse valide und belastbar seien.

Die umfassende Prüfung einer Brandsimulation auf Validität und Belastbarkeit würde umfangreiche Kompetenzen und Kapazitäten erfordern, die derzeit in den meisten Brandschutzdienststellen so nicht vorhanden seien. Ein Aufbau dieser Ressourcen

würde auch dem Deregulierungsgedanken entgegenstehen. Wolle die Bauaufsicht – die die finale Verantwortung in Frankfurt hat – Fehler ausschließen, sei das Gutachten eines Prüfsachverständigen ein gangbarer Weg.

Jürgen Walter

„[...] wie sieht der Prüfauftrag für die Brandschutzdienststellen aus?“

Auch Herr Walther verweist auf die Plausibilitätsprüfung der Eingangsparameter und Randbedingungen, die einen wesentlichen Teil der Brandsimulation ausmachen würden. Hier gelte es innerhalb der Prüfung zu klären, ob sie die Belange der Feuerwehr erfülle und die Feuerwehr mit den Szenarien leben könne. Die korrekten Eingangsparameter seien die Absicherung der Feuerwehr und bildeten später auch die Grundlagen für die Bewertung. Alles jenseits davon betreffe die Ingenieurleistung, die dann ein eigenes Feld darstelle.

Allen Beteiligten müsse klar sein, was der Prüfauftrag der Brandschutzdienststellen sei: Nehme die Feuerwehr die Simulation nur zur Kenntnis, schaue sie auf ihre Belange oder erwarte sie eine umfangreiche Kontrolle auf Validität und Belastbarkeit. Eine umfangreiche Kontrolle ist nach seiner Einschätzung derzeit nicht zu leisten. Die Feuerwehr sei allerdings in der Lage, eine Plausibilitätsprüfung der Eingangskriterien und Randparameter vorzunehmen und hier auf die Erfüllung der Schutzziele zu achten.

Michael Brückmann

„[...] wir sind froh, wenn wir einen Prüfsachverständigen zur Verfügung gestellt bekommen.“

Herr Brückmann verweist auf die Leistungsfähigkeit einer VB-Abteilung. Die Eingangsvoraussetzungen seien sehr heterogen und damit auch die Grundlagen, die die Kollegen mitbrächten. Während es in manchen Bundesländern gesonderte Lehrgänge gebe (etwa Sachverständiger VB Hessen), könne eine Einarbeitung in die Thematik oft ausschließlich durch Begleitung und Eigenstudium realisiert werden. Die Einarbeitungszeiten in die vielschichtige Thematik des vorbeugenden Brandschutzes seien allerdings nicht zu unterschätzen. Eine komplexe Thematik wie die Brandsimulation abschließend bewerten zu können erfordere neben umfangreichen naturwissenschaftlichen Kenntnissen auch ein hohes Maß an Erfahrung: „[...] das können andere besser“. Eine Möglichkeit, eine umfassende Prüfung für Brandsimulationen zu gewährleisten, sei sicherlich die Beauftragung eines Prüfsachverständigen oder aber – mit dem Blick ins Ausland, etwa England – die Schaffung von Kompetenzzentren, die dann entsprechend spezialisiert seien und Prüfungsaufgaben für andere mit übernehmen.

Jonas Schwering

„[...] Möchten wir die Gefahr (der fehlerhaften Brandsimulation) ausschließen, dann geht das nur über einen Gutachter – dieses Vieraugenprinzip sieht auch die DIN 18009 vor.“

Herr Schwering verweist darauf, dass der Erfahrungsschatz im Rahmen der deskriptiven Vorgaben, etwa der DIN 4102, außerordentlich hoch und über viele Jahrzehnte gewachsen sei. Im Gegensatz dazu seien die Ingenieurmethoden eher jung. Es handle sich bei den Modellen um mathematische Formeln, die Anwendungsgrenzen aufwiesen. Diese Grenzen würden auch von Fachpersonal nicht immer durchschaut, was dann zu erheblichen Abweichungen im Ergebnis führen könne. Die Gefahr, dass die Brandsimulation nicht fehlerfrei sei, könne mit einer Plausibilitätsprüfung der Eingangskriterien und Randbedingungen zwar minimiert, aber nicht ausgeschlossen werden. Sollte diese Gefahr ausgeschlossen und eine Validität und Belastbarkeit sichergestellt werden, sei neben der Plausibilitätsprüfung die Prüfung durch einen Prüfsachverständigen anzustreben. Dieses Vieraugenprinzip sehe auch die DIN 18009 vor. Mit der Einführung der DIN 18009 und dem Leitfaden Ingenieurmethoden der vfdb seien wichtige Grundlagen geschaffen worden, jedoch sei die Brandsimulation noch nicht endgültig im „Bauen“ angekommen: Die Feuerwehr orientiere sich derzeit an den anerkannten Regeln der Technik. Sein Wunsch sei, dass diese auch Einzug in die entsprechenden Landesvorschriften hielten.

Interview am 2. November 2020, online (Videokonferenz)

Prof. Dr. Lukas Arnold: Leiter der Gruppe „Fire Dynamics“ im Institute for Advanced Simulation Civil Safety Research (IAS-7) des Forschungszentrums Jülich.

Der Bereich arbeitet eng mit der Bergischen Universität Wuppertal zusammen, an der die Gruppe verschiedene Lehrtätigkeiten wahrnimmt und Bachelor- sowie Master- und Doktorarbeiten betreut. Das primäre wissenschaftliche Ziel der Gruppe ist die Entwicklung und Validierung von Modellen und Methoden auf dem Gebiet der Branddynamik.

Prof. Dr. Lukas Arnold

„Die Expertise desjenigen, der die Werkzeuge einsetzt, spielt eine zentrale Rolle – vielleicht sogar die größte.“

Nach Prof. Arnold sind die Grenzen der Plausibilitätsprüfung, die durch die Feuerwehr übernommen werden kann, dort zu ziehen, wo es um das eigentliche „Modell“ geht – also außerhalb der eigentlichen Simulation. Ein wesentlicher Beitrag der Feuerwehr bei der Prüfung sei die Betrachtung der Schutzziele und des gesamten Szenarios. Hier

könne die Feuerwehr einen wichtigen Input geben und so die Belange der Feuerwehr im Blick behalten und überprüfen. Prof. Arnold weist ausdrücklich darauf hin, dass die Begrifflichkeit der Plausibilitätsprüfung nicht eindeutig sei und eine umfangreiche Prüfung suggeriere. Keineswegs könne man davon ausgehen, dass eine Simulation nach einer reinen Prüfung der Eingangs- und Randparameter – wie sie von der Feuerwehr vorgenommen werden solle – belastbar und valide sei.

Die umfangreiche Prüfung einer komplexen Brandsimulation sei auch für Experten keine einfache Aufgabe. Es bedürfe eines hohen Maßes an Expertise, um einzelne Parameter innerhalb der Simulation abschließend bewerten zu können. Eine Brandsimulation sei eine hochkomplexe Simulationsaufgabe. Auch in anderen Bereichen, in denen Simulationen schon lange eingesetzt würden und man über viel Erfahrung verfüge, bedürfe es einer intensiven Beschäftigung mit der Materie und mehreren Jahren Erfahrung, um die Ergebnisse dann korrekt einschätzen zu können. Dies sei umso mehr bei der Brandsimulation erforderlich, da es sich um einen speziellen Bereich der Strömungsdynamik handle. Wesentlich in diesem Zusammenhang sei auch die Ausbildung der mit den Simulationen betrauten Fachleute. Es würde nicht ausreichen, eine Software bedienen zu können. Die eigentliche Ingenieurleistung sei die korrekte Einschätzung, ob das Werkzeug für die Fragestellung anwendbar sei und die darauf aufbauende Interpretation der Ergebnisse bis hin zur Frage, ob man den Ergebnissen vertrauen könne. Hierfür reiche ein Studienabschluss einer bestimmten Fachrichtung nicht aus. Nötig sei vielmehr, sich ausführlich mit der Thematik zu beschäftigen.

Ein Problem derzeit sei die Verfügbarkeit und die vermeintliche Bedienerfreundlichkeit der marktgängigen Software. Diese führten dazu, dass die Werkzeuge sehr leicht zu nutzen seien und sie vordergründig keine sehr hohe Expertise an den Nutzer stellten, denn es werde immer ein Ergebnis produziert.

Prof. Arnold weist daraufhin, dass es sich bei Brandsimulationen um sehr wertvolle Werkzeuge handle. Feuer sei nicht „unberechenbar“, aber dem Sachverständigen müsse bewusst sein, dass es sich um sehr komplexe Simulationsmodelle handle. Die aktuell verwendeten Modelle seien sehr gut und würden auch durch stetige Weiterentwicklung immer besser. Prof. Arnold findet den Ansatz sinnvoll, die Simulation durch eine Zweitmeinung absichern zu lassen. Aufgrund vieler Parameter und Annahmen gäbe es jedoch nicht nur eine Lösung, sondern eine Bandbreite von Lösungen. Das sei kein Manko, müsse aber von Experten diskutiert und interpretiert werden, die über die nötige Fachexpertise verfügten.

Anhang B: Beispiel – Einfluss einzelner Parameter

Welchen Einfluss einzelne Parameter auf eine Fragestellung haben können, soll das folgende vereinfachte Beispiel veranschaulichen:

Dargestellt ist das Modell eines Gebäudes mit zwei Etagen. Die beiden Etagen sind durch einen offenen Treppenaufgang verbunden. Es gibt definierte Zu- und Abluftflächen, die bereits bei Brandbeginn geöffnet sind. Im Beispiel wurden eine Energiefreisetzungsrate von 300 Kilowatt pro Quadratmeter vorgegeben. In diesem Fall handelt es sich um Feldmodell. Zur Untersuchung des Einflusses der Netzdichte auf das Simulationsergebnis werden vier Varianten von Netzweiten (50, 20, 10 und 5 Zentimeter) berechnet. Andere Details sind im Rahmen dieser Untersuchung nicht relevant und werden hier daher nicht dargestellt. Wer den Temperaturnachweis unter der Treppe beachtet, wird einen signifikanten Unterschied bei den verschiedenen Netzdichten feststellen.

In der Abbildung wird die Temperatur nach 600 Sekunden für vier verschiedene Netzweiten (50, 20, 10 und 5 Zentimeter) dargestellt. Die Netzweite beeinflusst die Geometrien und beeinflusst den Zeitablauf der Simulation und die Anzahl der Auswertepunkte. Wer einen Temperaturnachweis nahe der Treppe beurteilen will, muss deshalb mindestens eine 20-cm-Netzweite verwenden, denn eine höhere Netzweite würde zu einer Fehlinterpretation führen (Grewolls 2012, 78–90).

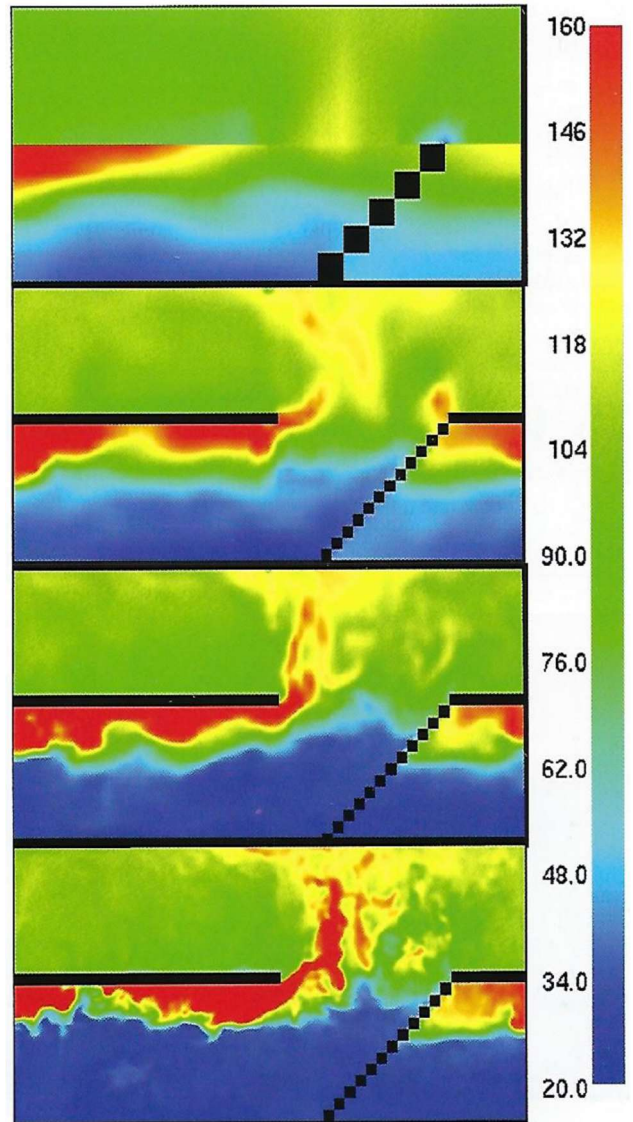


Abb. 3: Verschiedene Netzdichten, von oben nach unten: 50, 20, 10 und 5 Zentimeter (Grewolls 2012, 79)

Das Gitternetz gehört zu den sogenannten künstlichen Parametern, die offiziell keinen Einfluss auf das Ergebnis haben dürfen. Die Gittergröße beeinflusst die Rechenzeit und die damit verbundenen Kosten allerdings erheblich. Um zu wissen, welches Gitternetz den optimalen Nutzen bringt, bedarf es einer Gitternetzstudie, die aufwendig und komplex ist.

Diese sehr vereinfachte Darstellung macht deutlich, dass viele Parameter entscheidend sind bei der Auswahl eines geeigneten Modells, da sie sich auf die Ergebnisse

auswirken. Simulationen sind in der ersten Phase nicht das Ziel, sondern der Weg, um sich in der Endphase einer Simulation zu nähern, die im speziellen Fall anwendbar ist. Die Modellauswahl und die weiteren Zusammenhänge stellen – vor allem bei komplexe Geometrien und Fragestellungen – sehr hohe Anforderungen an den Anwender.

Anhang C: Abb. Einhaltung der Schutzziele

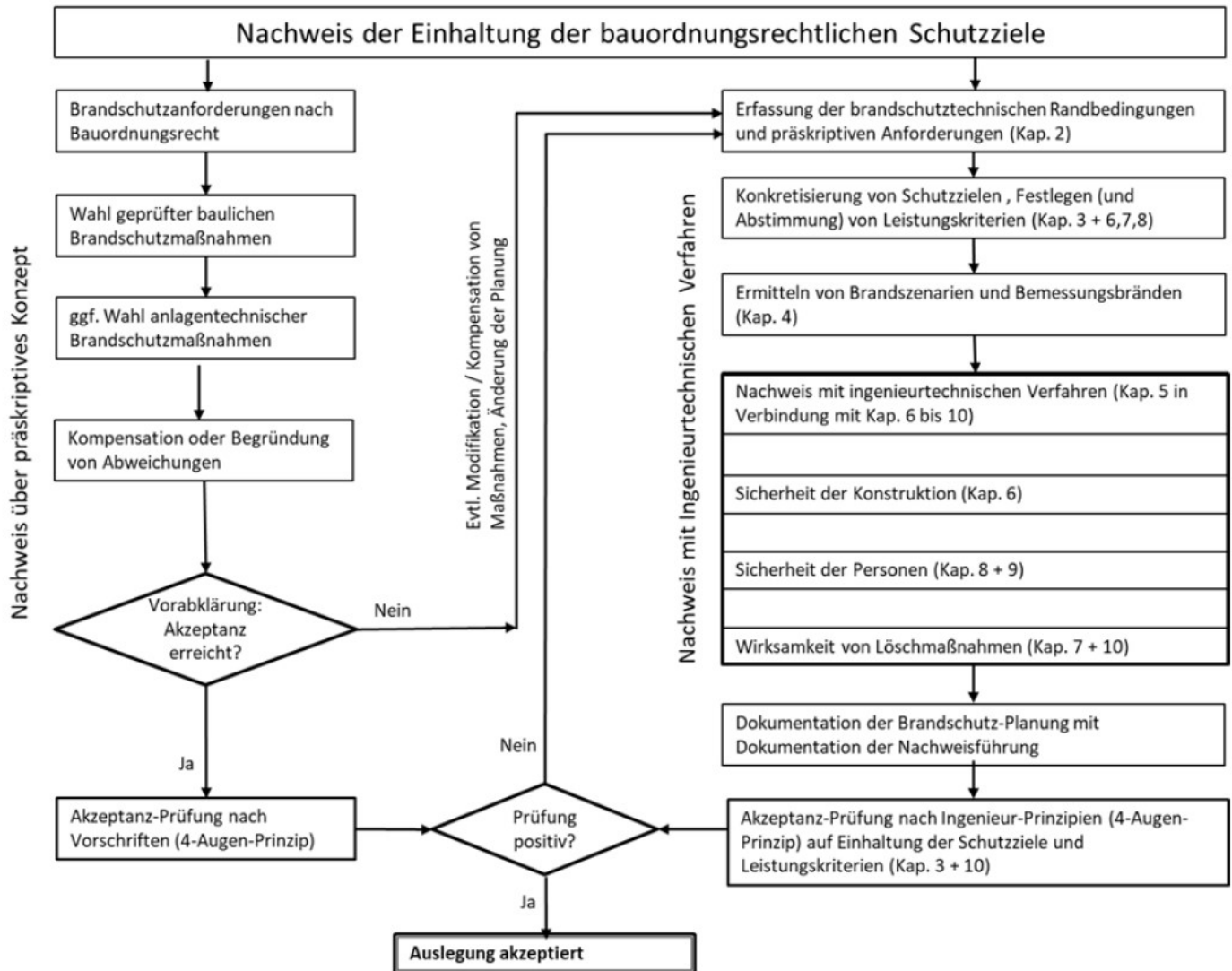


Abb. 4: Nachweis der Einhaltung der bauordnungsrechtlichen Schutzziele (vfdb 2020, 15)

Anhang D: Abb. Vorgehensweise für die Prüfung nach vfdb

Schritt	Prüfkriterium	Prüfergebnis (ja/nein)
1	Liegt ein Brandschutzkonzept/Brandschutznachweis vor?	
2	Ist die Aufgabenstellung inklusive der Schutzziele für den ingenieurgemäßen Brandschutznachweis formuliert? (z. B. durch Angabe der jeweiligen Brandphase und der Personengruppe, für die die Nutzbarkeit von Rettungswegen nachzuweisen ist)	
3	Wird die Lösungsstrategie schlüssig und nachvollziehbar beschrieben und erscheint sie danach für die vorliegende Aufgabenstellung als geeignet? (Angabe der Modellart und Beschreibung der Eignung der gewählten Modellart für die vorliegende Aufgabenstellung; beispielsweise durch Abgleich mit den Anforderungen des Anhangs 1 im Kapitel 8)	
4	Liegt ein Beleg für die Verwendbarkeit und Eignung des gewählten Nachweisverfahrens vor (insbesondere für benutzte Rechenprogramme)? (ggf. reichen als Beleg für die Validierung Hinweise auf einschlägige Dokumentationen und Veröffentlichungen auch in der Fachpresse aus)	
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? (Lastannahmen, Brandszenarien, Gebäudeparameter)	
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? (z. B. der Zeitpunkt der Aktivierung von Brandschutzmaßnahmen oder von Öffnungen; ggf. durch die Erläuterung spezieller Ergebnisdarstellungen dokumentierbar)	
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. Hinweise zur Beantwortung obiger Fragen können der einschlägigen Fachliteratur ³ entnommen werden.		

Abb. 5: Vorgehensweisen für die Prüfung im Genehmigungsverfahren, Brandsimulation (vfdb 2008, 9)

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Michael Müller, die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der von mir angegebenen Quellen angefertigt zu haben. Alle aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde noch keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Frankfurt am Main, 16.12.2020