

Ausführlicher Beitrag „Ingenieurmethode nach Norm?“

Von Boris Stock, Karl Wallasch, Gregor Jäger

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 4.2010

Ingenieurmethode nach Norm?

Entrauchung: Die VDI-Richtlinie 6019 Blatt 2 für die Anwendung von Ingenieurmethoden zur Rauchableitung wurde in den vergangenen Ausgaben als ein Schritt in die Richtung einer qualitätssichernden Regelung zur Anwendung von Ingenieurmethoden im Brandschutz vorgestellt. Dieser Beitrag wirft die Frage nach dem Grad der Normbarkeit von numerischen Ingenieurmethoden des Brandschutzes auf. **Boris Stock, Karl Wallasch, Gregor Jäger**

1. Einleitung

Auf dem Gebiet der numerischen Ingenieurmethoden im Brandschutz wurden in den vergangenen Monaten mehrere Richtlinien- und Normungsvorhaben initiiert und teilweise abgeschlossen [1, 2, 4, 5].

Beispielhaft ist hier die VDI-Richtlinie 6019 Blatt 1 und 2 zu nennen [3].

Hierzu wurden in den vergangenen Monaten mehrere Fachartikel veröffentlicht [6, 7]. Als Vorteil dieser Normen wird häufig die Prüfung von Ergebnissen im Zuge des Qualitätssicherungsprozesses genannt. Hierbei stellt sich die Frage, inwieweit Richtlinien oder Normen die in sie gesetzten Erwartungen hinsichtlich einer Qualitätssicherung und -steigerung im Rahmen des Genehmigungsverfahrens überhaupt erfüllen können.

Im Folgenden wird dies in Bezug auf die VDI-Richtlinie 6019 anhand der Vorgaben über die Einhaltung von bestimmten Gittergrößen diskutiert.

Bei der Verwendung eines LES-Modells wird gemäß Punkt 10.3.3 der VDI-Richtlinie 6019 Blatt 2 empfohlen, „in strömungstechnisch relevanten Bereichen eine Kantenlänge von 0,15 m der Gitterelemente nicht zu überschreiten“.

Diese Aussage kann in der Praxis aus folgenden Gründen als problematisch bewertet werden: Sie ist weder in der zitierten Richtlinie noch im Anhang oder begleitenden Veröffentlichungen wissenschaftlich begründet oder hergeleitet. Die Autoren gehen davon aus, dass nach Auffassung der Richtlinienverfasser bei einer Zellgröße von 0,15 m eine Konvergenz sichergestellt sein soll. In den folgenden Abschnitten wird deutlich, dass die Wahl der Zellgrößen einen erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse einer CFD-Simulation haben kann und dass pauschale Vorgaben hinsichtlich Zellgröße vor dem Hintergrund des aktuellen Wissensstandes nicht zielführend sind. Konkrete und detaillierte Forderungen müssen nicht unbedingt zu „sicheren“ Ergebnissen führen.

2. Schutzzielbezogene Regelwerke vs. numerische Simulation?

Bevor auf einzelne inhaltliche Punkte der betrachteten Richtlinie eingegangen wird, soll die Zielsetzung einer Norm oder Richtlinie für numerische Ingenieurmethoden des Brandschutzes grundsätzlich betrachtet werden.

Allgemein erachten die Autoren es als sinnvoll, bei der Erstellung von Simulationsszenarien auf einen Grundsatz an Brandszenarien, Materialeigenschaften, Verbrennungsreaktionen oder „Best-Practice-Rules“ im Sinne eines „kleinsten gemeinsamen Nenners“ zurückgreifen zu können. Damit kann für die Ersteller von numerischen Brandsimulationen eine gemeinsame Basis geschaffen werden, die auch den Prüfenden dienen kann, um die Randbedingungen zumindest vergleichen und überprüfen zu können. Dies kann sehr gut in einem Leitfaden [1] geregelt werden, der weitgehend

Ausführlicher Beitrag „Ingenieurmethoden nach Norm?“

Von Boris Stock, Karl Wallasch, Gregor Jäger

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 4.2010

unabhängig von der Wahl der Software und der Versionsnummer wichtige grundlegende Annahmen festlegt. Alternativ können Vorgaben bezüglich der zu führenden Nachweise gemacht werden [12], die dann konkret durch den Ersteller der Simulation zu führen sind.

Bei einer konkreteren Festlegung der Eingangsparameter ist fraglich, ob die grundsätzliche Funktion numerischer Simulationswerkzeuge nicht ad absurdum geführt wird.

Das deutsche Baurecht basiert auf deskriptiven Regelwerken, mit denen sich ein großer Teil aller Sonderbauten baurechtskonform planen lässt. Einzelne erforderliche Abweichungen können als solche beantragt und unter Angabe von ausreichenden Kompensationsmaßnahmen genehmigt werden.

In einem weiteren Schritt wäre es möglich (und nach Auffassung der Autoren hochgradig sinnvoll) für Sonderbauten ein flexibles schutzzielorientiertes Regelwerk ähnlich dem BS 9999 [13] zu entwickeln, in dem brandschutztechnische Vor- und Nachteile systematisch hinsichtlich ihres Einflusses auf das globale Risiko bewertet und verrechnet werden können.

Erst nach Ausschöpfen dieser Möglichkeiten, macht die Anwendung komplexer numerischer Simulationswerkzeuge im Genehmigungsverfahren Sinn.

Trotz steigender Bereitschaft aller am Genehmigungsverfahren Beteiligten zur einvernehmlichen Anwendung von Simulationsprogrammen, dürfte diese letzte Stufe der Nachweisführung nach Schätzung der Autoren aktuell in Deutschland bei kaum 5 – 10 % aller Bauanträge Anwendung finden.

Inwieweit eine eigene Norm bzw. Richtlinie noch vor einer weiteren Flexibilisierung des Baurechts sinnvoll ist, ist vor diesem Hintergrund sicherlich differenziert zu betrachten.

Wesentlich wichtiger ist jedoch, inwiefern eine solche Norm oder Richtlinie überhaupt ihre Funktion, eine höhere Qualität bei der Durchführung von Simulationen sicherzustellen, erfüllt. In erster Linie wird durch die Definition einheitlicher Eingabeparameter eine Vergleichbarkeit verschiedener Simulationen ermöglicht. Der Vergleich zweier Simulationen sichert aber noch nicht per se eine höhere Qualität.

Die Autoren konnten anhand praktischer Anwendungsbeispiele zeigen [9], dass ein ausreichendes Qualitätsniveau bei der Verwendung komplexer numerischer Simulationswerkzeuge nicht durch schematische Prüfung von grundlegenden Eingabeparametern sichergestellt werden kann. Qualität kann hier ausschließlich als Ergebnis gemeinsamer, kritischer Prüfung in allen Ebenen erreicht werden und setzt auf Seite des Prüfers eine ungleich höhere Spezialisierung voraus, als es beispielsweise die Prüfung einer Auslegung nach DIN 18232-2 [11] erfordert.

Darüber hinaus stellt die Beschränkung auf einige wenige, vordefinierte Eingangsparameter die grundsätzliche Funktion von numerischen Simulationen infrage. Numerische Simulationen machen im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nur Sinn als *flexibles* Werkzeug zur Bewertung baurechtlich nicht erfasster Szenarien. Diese dann umfassend und abschließend normativ regeln zu wollen, kann nur sinnvoll im Sinne von exemplarischen Anwendungsbeispielen erfolgen, nicht als zwingend anzuwendende Vorgaben.

3. Einfluss der Gittergrößenwahl

3.1 Ermittlung der Plumetemperatur

Als einfaches, gut untersuchtes Beispiel wurde durch die Autoren der Temperaturverlauf in der Achse eines Plumes in Abhängigkeit von der Zellgröße simuliert und mit empirisch gemessenen Werten verglichen [9].

Ausführlicher Beitrag „Ingenieurmethoden nach Norm?“

Von Boris Stock, Karl Wallasch, Gregor Jäger

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 4.2010

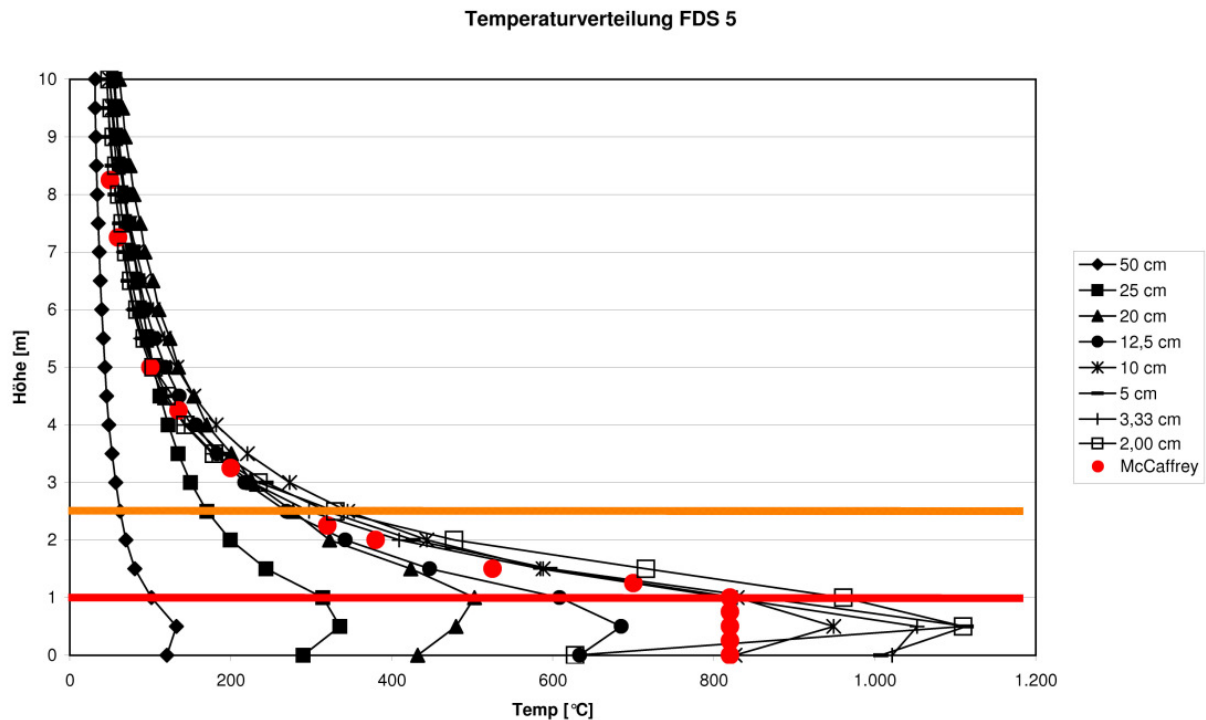


Abb. 1: Temperaturverlauf in der Plumeachse in Abhängigkeit von der Zellgröße

Der Abbildung 1 kann entnommen werden, dass:

- die Temperaturen mit sinkender Zellgröße *nicht* streng monoton steigen (die Kurven kreuzen sich im Plume)
- im Plume oberhalb des Bereiches der intermittierenden Flamme eine ausreichende Genauigkeit hinsichtlich der Messgröße *Temperatur* schon mit Zellgrößen von ca. 20 cm sichergestellt ist und
- im Bereich der kontinuierlichen Flamme die gemessene Größe erst ab einer Zellgröße von ≤ 10 cm nicht mehr systematisch unterschätzt wird.

Noch deutlicher sichtbar wird das Problem der fehlenden strengen Monotonie und Konvergenz, wenn der Temperaturverlauf unmittelbar über der Brandquelle betrachtet wird (siehe Abbildung 2). Mit abnehmender Größe der Zellen steigt die Temperatur unmittelbar über der Brandquelle auf ca. 1.000°C bei einer Zellgröße von 5 cm an, um dann bei kleineren Zellen wieder auf fast 600°C bei einer Zellgröße von 2 cm zu sinken.

Ausführlicher Beitrag „Ingenieurmethoden nach Norm?“

Von Boris Stock, Karl Wallasch, Gregor Jäger

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 4.2010

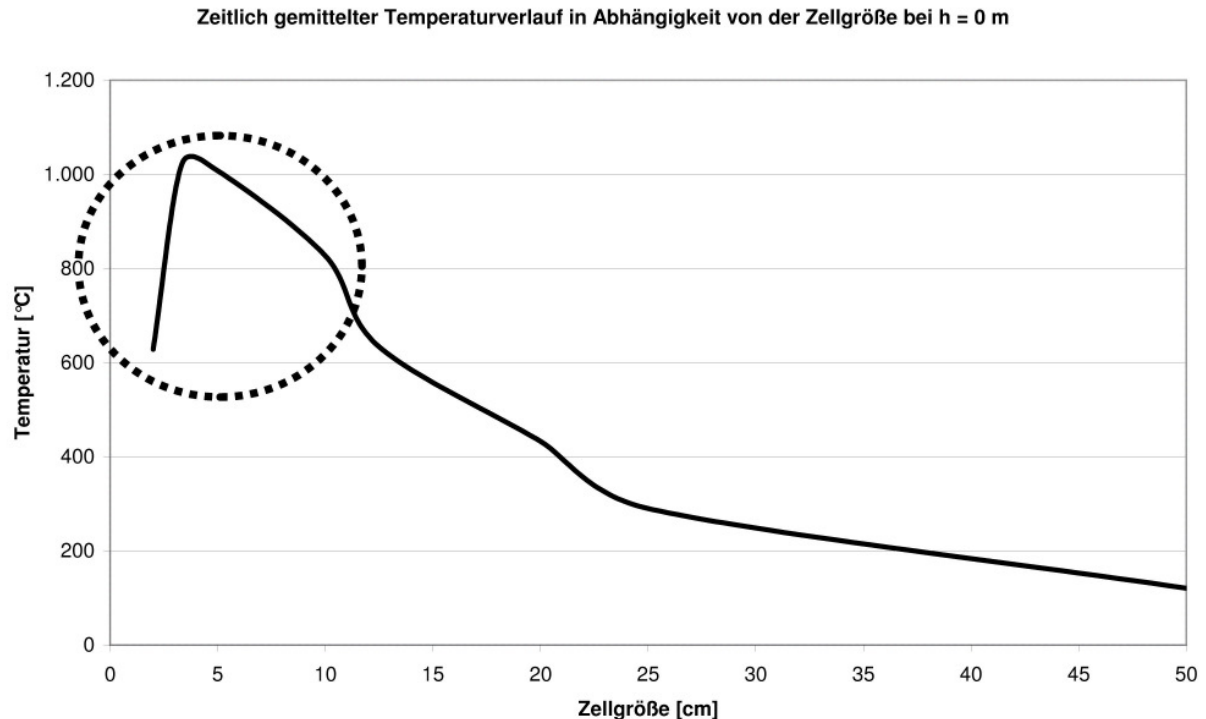


Abb. 2: Temperaturverlauf in Abhängigkeit von der Zellgröße bei $h = 0$ m

Entsprechende Untersuchungen hinsichtlich der Geschwindigkeitsverteilung auf der Plumeachse und der Temperaturverteilung in Abhängigkeit von der Zellgröße bis in Bereiche < 1 cm wurden bereits veröffentlicht [10] und bestätigen die oben formulierte Kritik.

Tatsächlich zeigen exemplarische Auswertungen einzelner charakteristischer Größen wie etwa Temperatur oder Strömungsgeschwindigkeit bis herunter auf die Größenskala eines DNS-Modells nicht zwingend ein monotonen Konvergenzverhalten, was die in der VDI-Richtlinie 6019 Blatt 2 gegebene Aussage quantitativ in Frage stellt.

3.2 Ermittlung der Höhe der raucharmen Schicht

Ein weiteres Beispiel aus der Praxis stellt den genannten Wert von 0,15 m als Zellgröße darüber hinaus auch qualitativ Infrage.

Anhand des einfach gehaltenen praktischen Beispiels einer Halle (siehe Abbildung 3), soll die Auswirkung der Zellgröße auf die Höhe der raucharmen Schicht untersucht werden.

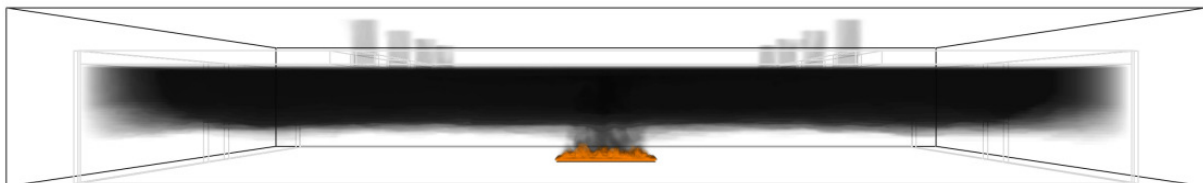


Abb. 3: Dreidimensionale Modelldarstellung der CFD-Simulation mit dem LES-Modell FDS

Ausführlicher Beitrag „Ingenieurmethoden nach Norm?“

Von Boris Stock, Karl Wallasch, Gregor Jäger

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 4.2010

Das Beispiel basiert in wesentlichen Elementen auf Randbedingungen nach DIN 18232-2 [11]:

- 1.600 m² Grundfläche
- 4,5 m lichte Raumhöhe
- 8 m² geometrische Rauchabzug (1 m² je 200 m² Grundfläche)
- 16 m² Zuluftfläche
- Brand der Bemessungsgruppe 3
- 6 MW Brandleistung

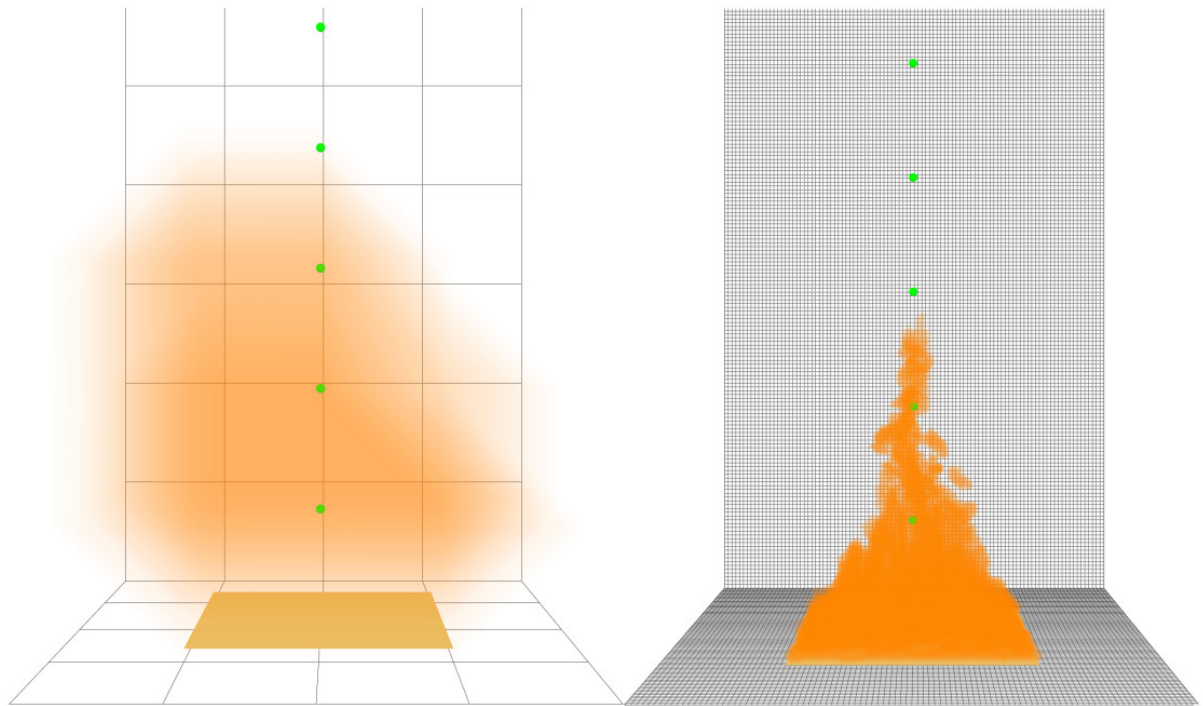


Abb. 4: Darstellung des Flammkörpers in Abhängigkeit von der Diskretisierung

In der Abbildung 5 wird die Höhe der raucharmen Schicht innerhalb der Halle in Abhängigkeit von der Zellgröße ausgewertet und verglichen.

Ausführlicher Beitrag „Ingenieurmethoden nach Norm?“

Von Boris Stock, Karl Wallasch, Gregor Jäger

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 4.2010

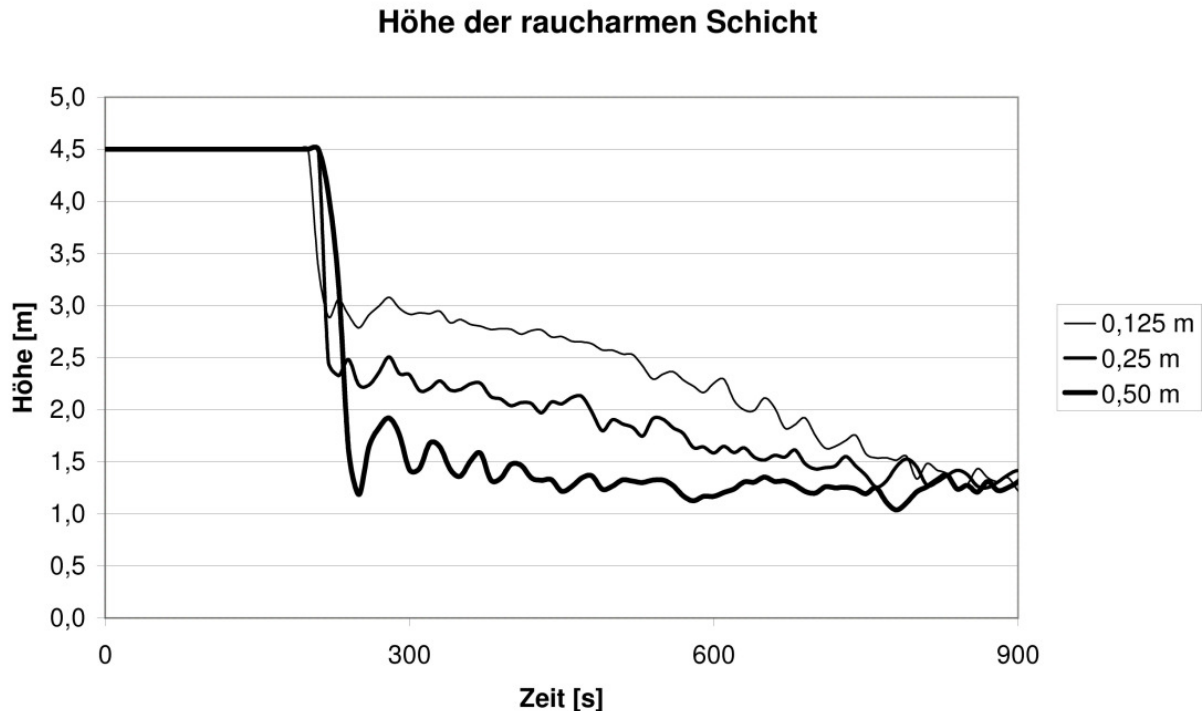


Abb. 5: Verlauf der Schichthöhe in Abhängigkeit von der Zellgröße

Der Abbildung kann entnommen werden, dass über einen Zeitraum von mindestens 10 Minuten die Ergebnisse der Simulation mit Zellen der Größe 0,5 m tendenziell schlechter (Schichtgrenze zwischen raucharmer Schicht und Rauchsicht niedriger) ausfallen als mit Zellen der Größe 0,25 m und diese wiederum als mit Zellen der Größe 0,125 m.

Die Ergebnisse der durchgeführten Simulationen bleiben also bei geringem Aufwand weit auf der sicheren Seite (die Abweichungen beinhalten einen hohen Sicherheitszuschlag für die vorhandenen Unsicherheiten in den Ergebnissen) und tendieren mit zunehmendem Aufwand gegen einen 'besseren' Wert, der einen geringeren Sicherheitszuschlag beinhaltet.

Die Autoren wollen mit den oben präsentierten Ergebnissen nicht dazu auffordern, CFD-Simulationen mit Zellgrößen von 0,5 m Größe durchzuführen.

Das betrachtete Beispiel bestätigt jedoch die allgemeine Bedingung, dass die Ergebnisse von Simulationen sinnvollerweise mit zunehmendem Aufwand auch zunehmend genauer werden müssen und damit einhergehend ein geringerer Sicherheitsaufschlag erforderlich wird.

Belastbare Ergebnisse sind grundsätzlich das Ziel jeder Simulation, aber im Brandschutz muss beachtet werden, dass eine Simulation immer nur ein Teil eines ganzheitlichen Brandschutzkonzeptes ist und über ein Sicherheitskonzept in das Gesamtwerk eingebettet wird. Eine grobe Bemessung würde hier lediglich zu einer Überdimensionierung der Rauchabzugsöffnungen führen, nicht zu einer Risikoerhöhung.

4. Schlussfolgerungen

Selbst wenn im Bereich der Turbulenzmodellierung innerhalb des LES-Modells eine monotone Konvergenz gegeben und diese bei dem genannten Wert sichergestellt wäre: Ein Brandsimulationsprogramm besteht aus einer Vielzahl interagierender Modelle, die direkt oder

Ausführlicher Beitrag „Ingenieurmethoden nach Norm?“

Von Boris Stock, Karl Wallasch, Gregor Jäger

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 4.2010

indirekt von der Größe der verwendeten Zellen abhängen können. Im schlechtesten Fall verhalten sich diese Modelle jedoch ganz anders als das verwendete Turbulenzmodell.

Mit Blick auf die genannte konkrete Vorgabe der VDI-Richtlinie 6019 Blatt 2 muss zusammenfassend gesagt werden, dass das Themengebiet „Konvergenz in Abhängigkeit von der Zellgröße“ noch nicht umfangreich und erschöpfend genug erforscht ist, um eine verbindliche Aussage in solch pauschaler Form treffen zu können.

So begrüßenswert gemeinsame Anstrengungen in die Entwicklung einer einheitlichen Basis für die Anwendung numerischer Ingenieurmethoden des Brandschutzes mit dem Ziel einer ausreichenden Qualitätssicherung und gegebenenfalls sogar einer weiteren Qualitätssteigerung sind, die Funktion entsprechender Richtlinien und Normen droht vielerorts verkannt oder zumindest deutlich überschätzt zu werden.

Aufgrund der hohen Komplexität, der teilweise extrem schnellen Änderungen an den Programmen und der flexiblen Anwendung von numerischen Ingenieurmethoden können Normen und Richtlinien zurzeit nur eine informative Basis oder eine grundlegende Vergleichbarkeit schaffen.

Dies ist nicht gleichbedeutend mit einer ausreichenden Qualitätssicherung. Weder kann bei Einhaltung der Vorgaben aus der VDI-Richtlinie 6019 eine ausreichende Qualität als gesichert angenommen werden, noch legen Abweichungen davon eine mangelnde Qualität nahe.

Konkrete Vorgaben für eine umfassende Qualitätssicherung müssten strenggenommen ganzheitlich alle Ebenen der numerischen Simulation abdecken:

- das gewählte physikalische Modell,
- das verwendete numerische Lösungsverfahren und
- die Anwendung des Modells.

Gerade im Bereich der letztgenannten Ebene sind nach Auffassung der Verfasser im deutschsprachigen Raum noch weitere gemeinsame Anstrengungen zur Sicherung einer ausreichenden Qualität erforderlich.

Die Anwendung numerischer Simulationen als Bestandteil eines ganzheitlichen Brandschutzkonzeptes hat sich in den letzten Jahren national, aber auch international bewehrt und kann ein wichtiges Hilfsmittel sein, um den Nachweis der Schutzzieleinhaltung bei verschiedensten Gebäudetypen zu gewährleisten. Jedoch muss bei der Erstellung von entsprechenden Normen oder Richtlinien vorsichtig vorgegangen werden: um so konkreter die Aussagen werden sollen, desto umfangreicher muss das behandelte Themengebiet betrachtet werden und untersucht sein.

Die entstandene Diskussion über gemeinsame Grundlagen bei der Erstellung von Simulationsnachweisen ist begrüßenswert, sollte die Funktion der VDI-Richtlinie 6019 jedoch so verstanden werden, dass die Vorgaben betreffend der Randbedingungen bei der Anwendung von Ingenieurmethoden zwingend eingehalten werden müssen und damit eine ausreichende Qualität sichergestellt ist, ist diese Aussage zum jetzigen Zeitpunkt fachlich nicht haltbar.

Ausführlicher Beitrag „Ingenieurmethoden nach Norm?“

Von Boris Stock, Karl Wallasch, Gregor Jäger

FeuerTRUTZ Magazin Ausgabe 4.2010

LITERATUR

- [1] Dietmar Hosser (Hrsg.): „Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes“ 2. Aufl., vfdb e.V., 2009
- [2] Dieter Brein: „Stand der internationalen Normung im Bereich Ingenieurmethoden“, vfdb-Zeitschrift 4/2007, S.205-210
- [3] VDI Richtlinie VDI 6019 „Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden Ingenieurmethoden“
- [4] Brandschutzingenieurverfahren (Spiegelausschuss zu ISO/TC 92/SC 4 und Teilbereichen von CEN/TC 127), NA 005-52-21 AA
- [5] Normentwurf DIN 18230-4 „Ermittlung der äquivalenten Branddauer und des Wärmeabzuges durch Brandsimulation“
- [6] Oliver Krüger, Udo Kirchner: „Simulationen mit Ingenieurmethoden“, FeuerTRUTZ Magazin 3.2009
- [7] Oliver Krüger: „Neue Richtlinie für die Anwendung von Ingenieurmethoden“, FeuerTRUTZ Magazin 2.2010
- [8] Boris Stock, Karl Wallasch: „Ein Beitrag zur Anwendbarkeit von numerischen Ingenieurmethoden des Brandschutzes im Genehmigungsverfahren“, vfdb-Zeitschrift, 4/2009
- [9] Boris Stock, Karl Wallasch: „Zellabhängige Varianzen der Flammtemperatur, der Strahlungsintensität und der daraus resultierenden Bauteiltemperaturen“, FDS-Usergroup 2008
- [10] Dimitrios Toris: „Einige Ergebnisse aus Nachrechnungen des McCaffrey – Experiments mit FDS 5 sowie aus Parameterstudien zur Auswirkung der kombinierten Variation Gitterweite und Smagorinsky-Konstante auf das Konvergenzverhalten“, FDS-Usergroup 2008
- [11] DIN 18232-2:2007-11 „Rauch- und Wärmefreihaltung – Teil 2: Natürliche Rauchabzugsanlagen (NRA); Bemessung, Anforderungen und Einbau“, Deutsches Institut Normung, November 2007
- [12] Alan Taylor: „CFD – Convincing the Regulator“, Fire Risk Management Journal, Moreton in Marsh, June 2008
- [13] Gary Daniels, Karl Wallasch, Boris Stock: „BS 9999 – Neue Vorgehensweise bei der risikobasierten Auslegung des Brandschutzes“, vfdb-Magazin, 2/2009

Autoren

Boris Stock

Brandschutzingenieur bei BFT Cognos GmbH, Aachen
www.bft-cognos.de

Karl Wallasch

Brandschutzingenieur bei ARUP GmbH, Berlin
www.arup.com

Gregor Jäger

Brandschutzingenieur bei Ingenieurbüro Huber GmbH, Weiler (Österreich)
www.ihw.at

Die Autoren sind Betreiber von F-Sim (www.f-sim.de), einer Interessenplattform für Brand- und Evakuierungssimulation.