



# BIM für den Brandschutz (Teil 3)

**Software:** Im dritten Teil der Beitragsserie geht es um BIM-basierte Ingenieurmethoden im Brandschutz und interaktive Entfluchtungsanalysen als Serious Games. **Uwe Rüppel, Uwe Zwinger, Michael Kreger, Kristian Schatz**

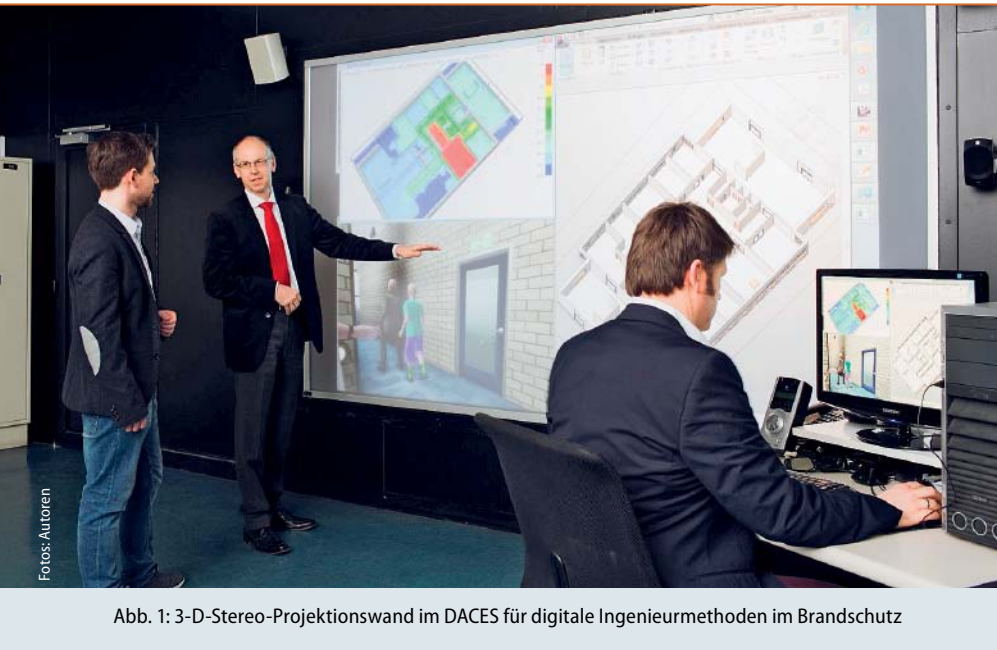


Abb. 1: 3-D-Stereo-Projektionswand im DACES für digitale Ingenieurmethoden im Brandschutz

rungen der technischen Regeln führen. Diese Regeln werden u.a. von den Obersten Bauaufsichtsbehörden in den Listen der Technischen Baubestimmungen festgelegt. Die MBO sieht für Fälle, in denen die Regeln nicht eingehalten werden können, die Möglichkeit einer Abweichung von den geltenden Bestimmungen vor, wenn nachgewiesen wird, dass mit Kompensationsmaßnahmen das Risiko, das durch die Abweichung entstehen würde, ausgeglichen werden kann. Wie dieser Nachweis zu erbringen ist, wird häufig diskutiert und ist im Hinblick auf die Akzeptanz durch die Genehmigungsbehörden teilweise unsicher.

## Neue BIM- und Sensorbasierte Methoden

Die Ergebnisse rechnergestützter Ingenieurmethoden sind teilweise schwer nachvollziehbar dargestellt. Insbesondere Computermodelle und Simulationen für Entfluchtungsanalysen, um die benötigte Räumungszeit eines Gebäudes unter Brandeinwirkung abzuschätzen, sind schwer zu validieren und verifizieren. Dies liegt zum einen an den limitierten Möglichkeiten, das menschliche Entscheidungsverhalten in seiner ganzen Komplexität mit diesen Modellen zu beschreiben, und zum anderen an unzureichenden Methoden, die Eignung dieser Modelle festzustellen.

Als Ingenieurmethoden eingesetzte numerische Simulationsmethoden für die Abschätzung der Feuer- und Rauchentwicklung können durch Realversuche unter sicheren Laborbedingungen validiert werden. Menschen diesen realen Bedingungen eines Brandes auszusetzen, ist jedoch unmöglich, weil dabei eine unmittelbare Gefahr für das Leben und die Gesundheit der Versuchspersonen besteht. Diese teilweise fehlende Nachvollziehbarkeit der Entfluchtungsmodelle und eine unzureichende Darstellung der Ergebnisse können dazu führen, dass in vielen Fällen das Brandschutzkonzept von den »

Der Zensus 2011 hat gezeigt, dass der größte Teil (ca. 43 %) des Wohnungsbestandes aus den Jahren 1949 bis 1978 stammt [1]. Statistiken weisen darauf hin, dass in Deutschland die Zahl der Toten durch Flammen und Rauch seit einem Minimum im Jahr 2007 wieder angestiegen ist [2]. Ob ein kausaler Zusammenhang zwischen dem Gebäudealter und dem Risiko, bei einem Brand des Gebäudes zu Schaden zu kommen, besteht, ist nicht eindeutig belegbar. Doch die Vermutung liegt nahe, dass das Risiko in älteren Gebäuden – z. B. durch unterlassene Instandhaltung brandschutzrelevanter Objekte – erhöht ist. Die Sanierung und Umnutzung bestehender Bauwerke stellt für die Brandschutzplanung somit eine Herausforderung dar.

In Bezug auf die Brandschutzanforderungen sieht die Musterbauordnung (MBO) [3] keine explizite Unterscheidung zwischen Neubau oder Bestandsbauwerk vor. Bei einer genehmigungspflichtigen Sanierung mit oder ohne Umnutzung im baurechtli-

chen Sinne ist ein neues Brandschutzkonzept nach aktuellem Stand der Technik erforderlich. Die geltenden Bestimmungen können aufgrund der zur Bauzeit verwendeten Materialien und Konstruktionsprinzipien der tragenden und raumabschließenden Bauteile oft nicht eingehalten werden.

Darüber hinaus bergen die Überschneidungen zwischen den unterschiedlichen Interessensbereichen (z. B. Bestandsschutz, Denkmalschutz, Gestaltung, Architektur, Wirtschaftlichkeit, Bebauungsplan) Konfliktpotenzial. Häufige Probleme sind eine zu geringe Feuerwiderstandsdauer tragender und raumabschließender Bauteile, die Verwendung brennbarer Stoffe bei tragenden Konstruktionen, unzureichende Flucht- und Rettungswege sowie Brandabschnitts- bzw. Gebäudetrennungen, nicht eingehaltene Gebäude- und Grenzabstände und ungünstige Randbedingungen für die Brandbekämpfung [4].

Diese Probleme können bei Bestandsgebäuden zur Nichterfüllung der Anforder-

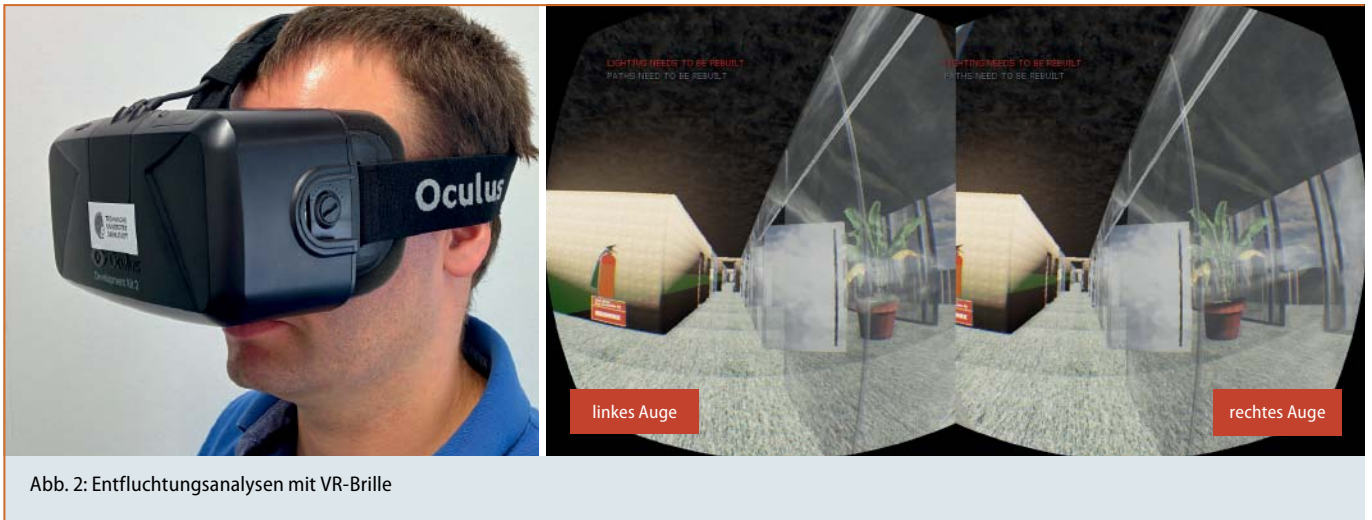


Abb. 2: Entfluchtungsanalysen mit VR-Brille

Genehmigungsbehörden nicht akzeptiert und die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen nicht oder nur mit sehr großem ökonomischen Aufwand durchgeführt werden können [4].

Für Entfluchtungsanalysen ergeben sich mit den neuen BIM- und Sensorbasierten Methoden zur Ortung und Wegberechnung in Kombination mit im Folgenden beschriebener *Serious Game-Technik* neue Möglichkeiten zur Erforschung von Fluchtverhalten und Entfluchtungsanalysen, die so mit real physikalischen Experimenten nicht durchgeführt werden können.

Computerspiele, die neben einem reinen Unterhaltungszweck noch einem weiteren, ernsthaften Anwendungszweck dienen, werden i.d.R. mit dem englischen Begriff *Serious Game* (ernsthafte Spiele) bezeichnet. Gewisse Unterhaltungselemente müssen diese jedoch noch zwingend enthalten, da sonst der Spielcharakter völlig verloren ginge. Der Prozess dieser Art des Spielens wird als *Serious Gaming* bezeichnet. *Serious Games* werden bereits erfolgreich in anderen Disziplinen eingesetzt.

Im Projekt *Serious Human Rescue Game* wird das Fluchtverhalten von Personen

im Brandfall in einer virtuellen Welt auf der Grundlage eines BIM mit in Echtzeit simulierten Schadenereignissen in einer immersiven Spielumgebung (3D aktiv Stereo im Darmstadt Civil, Environmental and Safety Engineering Lab – DACES) vor einer 3-D-Stereo-Projektionswand (s. Abbildung 1) bzw. auf einem Head-Mounted-Display (Oculus Rift VR-Brille, s. Abbildung 2) mit Testpersonen simuliert [4].

Hiermit soll erstens erforscht werden, ob sich aus dem Verhalten in der virtuellen Welt Rückschlüsse auf das tatsächliche Verhalten der Personen im Brandfall führen lassen. Zweitens soll mithilfe unterschiedlicher *Avatare*, virtueller Menschen (z. B. junge, alte, eingeschränkt gehfähige usw.), die mit einer *Game Engine* erstellt werden, über eine *Monte-Carlo-Simulation* deren Laufwege zur Eigenrettung und die dafür erforderliche Zeit in einem BIM ermittelt werden (siehe Abbildung 3). Damit können dann Aussagen für individuelle Bestandsgebäude über das jeweilige BIM zu vorhandenen *Entfluchtungsleistungen* getroffen werden. Dazu wird aus dem BIM das Modell für die Spielumgebung teilautomatisch konvertiert (s. Abbildung 4).

Der Vorteil handelsüblicher Spielentwicklungsumgebungen ist, dass diese erstens kostengünstig performante Visualisierungen auf Standard-Hardware ermöglichen und zweitens Funktionen für *optisch ansprechende* Feuer- und Rauchsimulation bieten, auch wenn diese aufgrund der Komplexität des Sachverhaltes natürlich von der Exaktheit her nicht mit Simulationen spezieller Ingenieur-Software wie z. B.



Abb. 3: Entfluchtungsanalysen mit Avataren im BIM



FDS vergleichbar sind. Dennoch ist der damit erzielbare optische Eindruck zunächst ausreichend für die Testpersonen im *Serious Human Rescue Game*. Weiterführende Informationen können der Dissertation von Schatz [4] entnommen werden.

### Zusammenfassung und Ausblick

In der Beitragsreihe wurden ausgewählte Forschungsprojekte des Instituts für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen der TU Darmstadt vorgestellt. Für unterschiedliche Bereiche des Brandschutzes wurde dargestellt, welche Chancen sich mit BIM für den Brandschutz ergeben.

Bei den vorgestellten Modellen und Entwicklungen sowie deren Anwendung ist zu beachten, dass diese Grundlagenforschungen darstellen, die für die Praxis noch weiterentwickelt werden müssen. Auch ist zu beachten, dass die effiziente Anwendung mit der vollen Funktionalität von BIM für die Beteiligten eine digitale Wertschöpfungskette darstellt, die im Hinblick auf Rechte und Pflichten zusätzliche Regelungen erfordern sowie besondere Kompetenzen der Anwender.

Auch die Leistungserbringung in den einzelnen Phasen könnte z. B. im Einzelfall von der HOAI abweichen, da in der digitalen Wertschöpfungskette bei der BIM-Erstellung in den frühen Phasen i.d.R. eine erhöhte *BIM-Leistung* zu erbringen ist, die in den späteren Leistungsphasen wieder mehr als eingespart wird, sodass insgesamt ein deutlicher Effizienz- und Qualitätsgewinn erzielt werden kann. Jedoch beim Wechsel der Beteiligten über die Leistungsphasen hinweg ergeben sich weitergehende Anforderungen an Rechte, Pflichten und Honorierung.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass sich mit BIM gerade im Bereich des Brandschutzes mit seiner Vernetzung der unterschiedlichen Gewerke und den damit einhergehenden komplexen Kausalketten und Wirkzusammenhängen vielfältige Chancen ergeben. Für die Berücksichtigung der Brandschutzbelange bei der BIM-Entwicklung und -Anwendung ist eine Bündelung der Brandschutzkompetenzen im Sinne einer Arbeitsgruppe *BIM-Brandschutz* empfehlenswert. ■

Schlagwort für das Online-Archiv unter [www.feuertrutz.de](http://www.feuertrutz.de)

### Software



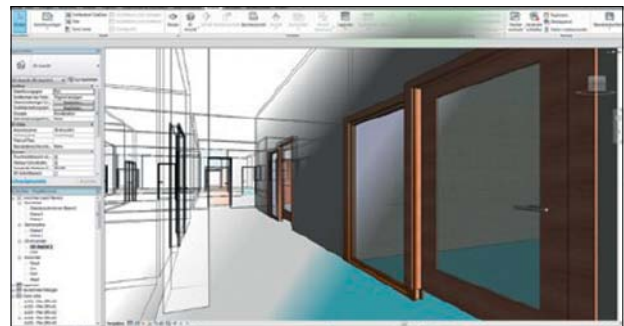
#### Autoren

**Prof. Dr.-Ing. Uwe Rüppel, Dipl.-Ing. Uwe Zwinger, Dipl.-Ing. Michael Kreger** (v.l.n.r.)  
TU Darmstadt, Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen, Darmstadt

**Dr.-Ing. Kristian Schatz** (r.)  
pit-cup GmbH, Heidelberg

### LITERATUR

- [1] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Zensusdatenbank Zensus 2011. <https://ergebnisse.zensus2011.de>
- [2] DESTATIS – Statistisches Bundesamt: GENESIS-Online Datenbank. [www-genesis.destatis.de/genesis/online](http://www-genesis.destatis.de/genesis/online)
- [3] Musterbauordnung (MBO), Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 21.09.2012, [www.is-argebau.de](http://www.is-argebau.de)
- [4] Schatz, Kristian: Bauwerksmodellbasierte Serious Games als Ingenieurmethoden im Brandschutz am Beispiel interaktiver Entfluchtungsanalysen, Berichte des Instituts für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen, TU Darmstadt, Shaker Verlag, Aachen, Dissertation, 2014



Digitales Bauwerksmodell (BIM)



Generierung des Game Contents, Integration der Feuer- und Rauchsimulation und Verknüpfung mit den Spielregeln



Serious Game zur experimentellen Untersuchung menschlichen Verhaltens bei Gebäudebränden

Abb. 4: Konvertierung des BIM zur Nutzung in einer Gaming-Umgebung