

## Forschungsprojekt Sicherheit von Hohlraumbauten unter Feuerlast – eine Zwischenbilanz

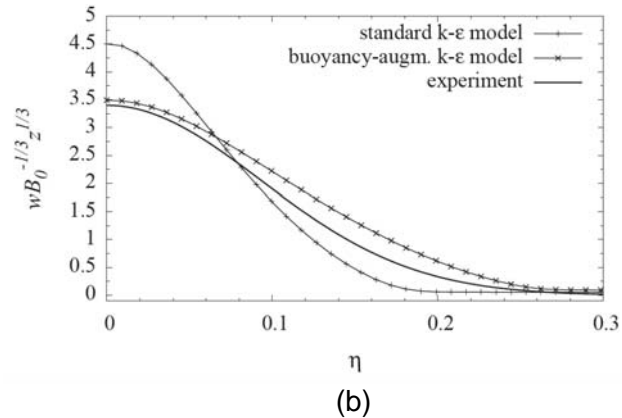
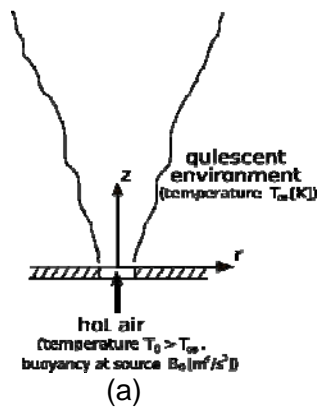
Matthias Zeiml, Aram Amouzandeh, Artur Galek, Harald Moser, Thomas Ring, Shankar Shrestha, Yiming Zhang und Josef Eberhardsteiner  
Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen (IMWS)  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13/202  
1040 Wien  
matthias.zeiml(at)tuwien.ac.at

Roman Lackner<sup>2</sup>  
Materialtechnologie Innsbruck (MTI)  
Universität Innsbruck  
Technikerstraße 15  
6020 Innsbruck  
roman.lackner(at)uibk.ac.at

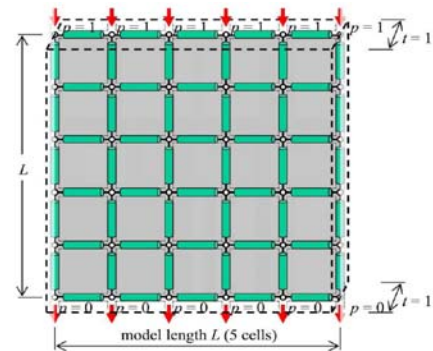
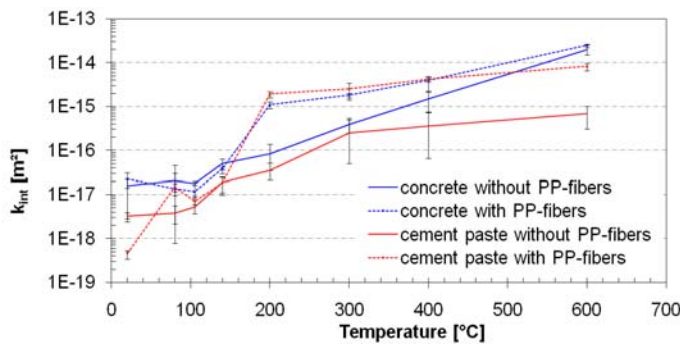
*Die Beurteilung der Nachhaltigkeit und Dauerhaftigkeit von kritischer Infrastruktur muss die Betrachtung der Struktursicherheit im Brandfall einschließen. Hierbei kann eine realitätsnahe Abbildung des Strukturverhaltens unter Feuerlast nur gewährleistet werden, wenn alle relevanten Prozesse und deren Zusammenhänge mit ausreichender Genauigkeit berücksichtigt werden.*

Im Zuge des Forschungsprojekts „Sicherheit von Hohlraumbauten unter Feuerlast“, gefördert vom Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bm.vit) im Rahmen des Förderungsprogramms für Sicherheitsforschung (KIRAS), wird das Thema in einer ganzheitlichen Form betrachtet. Die Forschungsaktivitäten gliedern sich in drei Arbeitspakete:

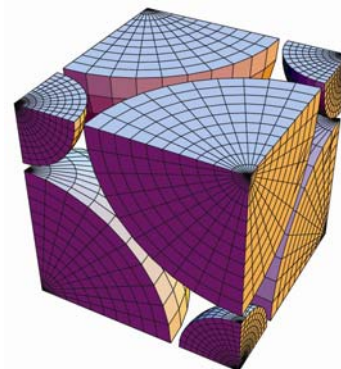
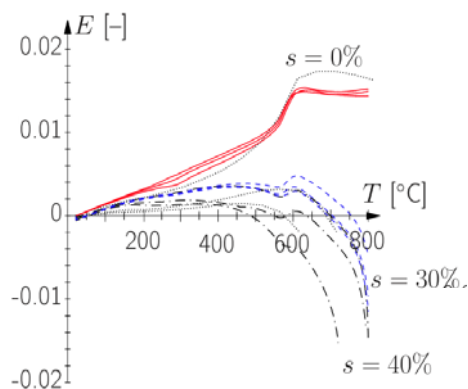
1. Für die Bestimmung der Brandbelastung der Struktur wird ausgehend von der Definition der Menge und des zeitlichen Verlaufs der im Brandfall freigesetzten Energie die Temperatur an der Oberfläche des Tragwerks bestimmt. Hierbei werden numerische Berechnungsmethoden, basierend auf der Methode der Computational Fluid Dynamics (CFD), entwickelt, wobei wesentliche Verbesserungen im Bereich brandrelevanter Submodelle (Turbulenz, Strahlung, Verbrennung, siehe Bild 1) erzielt wurden.
2. Das zweite Arbeitspaket befasst sich mit der experimentellen Charakterisierung und Modellierung des Materialverhaltens von Beton unter Temperaturbelastung. Hierbei wird besonderes Augenmerk auf die im Brandfall maßgeblichen Materialparameter, wie Durchlässigkeit und Verformungsverhalten, gelegt und neuartige – mikromechanisch motivierte – Materialmodelle zur Beschreibung des experimentell beobachteten Verhaltens entwickelt (siehe Bild 2).



**Bild 1:** Untersuchung unterschiedlicher Turbulenzmodelle hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit zur Simulation von Bränden in Hohlräumen: (a) Benchmark-Test einer Heißgasfahne (in Raum eintretende Heißluft); (b) Vergleich der numerisch ermittelten Geschwindigkeitsverteilung eines Standard-Turbulenzmodell sowie eines auftriebsmodifizierten Turbulenzmodells mit Messergebnissen [1]



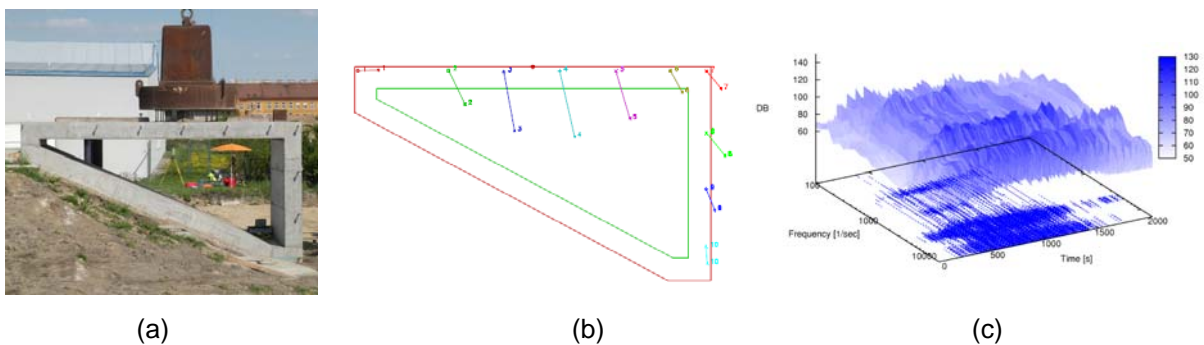
(a)



(b)

**Bild 2:** Experimentelle Charakterisierung und Modellierung des Materialverhaltens von Beton unter Brandbelastung: (a) Experimentelle Ergebnisse zur Durchlässigkeit (intrinsischen Permeabilität) von Beton bzw. Zementstein mit und ohne Polypropylenfasern (PP-Fasern) [2] sowie modellmäßige Erfassung mittels Netzwerkmodell [3]; (b) Längsdehnungen aufgrund von Temperaturbelastung von Beton mit unterschiedlicher Vorlast [2] und mikromechanisch-basiertes Zweiphasenmodell (bestehend aus Zementstein und Zuschlag) zur Modellierung des beobachteten Verformungsverhaltens

3. Für die Prognose des Verhaltens der Tragkonstruktion unter Brandbelastung werden numerische Simulationsprogramme auf Basis der Finiten-Elemente Methode unter Berücksichtigung des nichtlinearen Materialverhaltens von Beton entwickelt. Das entwickelte Programm ermöglicht die Berücksichtigung von Umlagerungseffekten (d.h. die Aktivierung von Tragreserven) sowie eine realitätsnahe Abschätzung der im Brandfall auftretenden Verformungen. Zusätzlich zu klar definierten, stark vereinfachten Benchmark-Beispielen wurden im Rahmen des Forschungsprojektes für die Validierung der Simulationsprogramme Großbrandversuche (Maßstab 1:2, siehe Bild 3(a)) durchgeführt, welche die zuvor erwähnte Umlagerung abbilden. Hierbei wurden neben der Temperatureindringung die Verformungen sowie die Intensität der Abplatzungen gemessen. Somit können bereits getroffene Modellannahmen (wie z.B. in [4,5]) verifiziert und die zu entwickelnden Simulationsprogramme auf ihre Praxistauglichkeit geprüft werden.



**Bild 3:** Großversuch zur Validierung der Simulationsprogramme: (a) Dreiecksrahmen (M 1:2) zur Untersuchung des Strukturverhaltens eines Rechteckquerschnitts unter Brandbelastung (mit mechanischer Auflast in Form von Stahlgewichten); (b) gemessene Verformungen; (c) Intensität der Abplatzungen (akustische Aufnahme während des Brandversuchs)

### Ausblick

Aufbauend auf die bisher gesammelten Ergebnisse und Erkenntnisse werden in weiterer Folge konkrete Planungs- und Ausführungsprojekte analysiert um das Potential des entwickelten Simulationsansatzes in der Ingenieurpraxis zu demonstrieren.

### Literatur

- [1] A. Amouzandeh, S. Shrestha, M. Zeiml, R. Lackner: "Design of a Computational-Fluid-Dynamics Tool for the Simulation of Pre-Specified Fire Scenarios in Enclosures"; in: "Proceedings of the 5th European Conference on Computational Fluid Dynamics (CFD 2010)", ECCOMAS, 2010, S. 1 - 19.
- [2] A. Galek, H. Moser, T. Ring, M. Zeiml, J. Eberhardsteiner, R. Lackner: "Mechanical and Transport Properties of Concrete at High Temperatures"; Applied Mechanics and Materials, Vols. 24-25 (2010), S. 1 - 11.
- [3] X. Liu, M. Zeiml, R. Lackner, H.A. Mang: "Upscaling of Permeability of Porous Materials: First Insight into the Effect of Pore-Space Characteristics"; International Journal for Multiscale Computational Engineering, 8 (2010), 1; S. 103 - 112.

[4] K. Savov, R. Lackner, H.A. Mang: "*Stability Assessment of Shallow Tunnels Subjected to Fire Load*"; Fire Safety Journal, 40 (2005), S. 745 - 763.

[5] M. Zeiml, R. Lackner, F. Pesavento, B. Schrefler: "*Thermo-hydro-chemical Couplings Considered in Safety Assessment of Shallow Tunnels Subjected to Fire Load*"; Fire Safety Journal, 43 (2008), 2; S. 83 - 95.

#### **Konsortium:**

- Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen, TU Wien
- Institut für konstruktiven Ingenieurbau, Universität für Bodenkultur Wien
- Materialtechnologie Innsbruck, Universität Innsbruck
- Schimetta Consult ZT GmbH
- Ingenieurbüro Dr. Lindlbauer
- ÖBB-Infrastruktur Bau Aktiengesellschaft
- ASFINAG Autobahn- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft
- Wiener Linien GmbH & Co KG
- ARGE Bautech
- Forschungsinstitut der Vereinigung der österreichischen Zementindustrie

#### **Kontakt:**

DI Dr. Matthias Zeiml  
Institut für Mechanik der Werkstoffe und  
Strukturen (IMWS)  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13/202  
A – 1040 Wien  
Tel.: +43 (0)1 588 01 – 20240  
Fax: +43 (0)1 588 01 – 920240  
Mail: matthias.zeiml(at)tuwien.ac.at  
Web: www.imws.tuwien.ac.at

Prof. DI Dr. Roman Lackner  
Materialtechnologie Innsbruck (MTI)  
Universität Innsbruck  
Technikerstraße 15  
A – 6020 Innsbruck  
Tel.: +43 (0)512 507 – 6601  
Fax: +43 (0)512 507 – 2902  
Mail: roman.lackner(at)uibk.ac.at  
Web: www.uibk.ac.at/mti