

### *IMK-Themen*

Die Forschungsstelle für Brandschutztechnik ist u. a. von den Ländern beauftragt, anwendernahe Forschung für die Feuerwehren durchzuführen. Im Jahre 2019 wurden dazu drei Forschungsberichte fertiggestellt und veröffentlicht.

- Nr. 165 „Auswirkungen aktivierter ortsfester Wasserlöschanlagen auf die Wirkung natürlicher Rauchabzüge“
- Nr. 203 „Untersuchung des Brandverhaltens unterschiedlichen Mobiliars bei reproduzierbarem Entstehungsbrand im Labormaßstab“
- Nr. 196 „Anwendungsbereiche und –grenzen von Ingenieurverfahren bei Nachweisen für die Einhaltung der Anforderungen für die Sicherstellung des abwehrenden Brandschutzes“

### *Lehre und Weiterbildung an der Landesfeuerweherschule Bruchsal und an der angegliederten Akademie für Gefahrenabwehr*

2019 wurde wie schon die Jahre zuvor an der Landesfeuerweherschule Unterricht für die Lehrgangsteilnehmer des höheren und gehobenen Dienstes gehalten. An der Akademie für Gefahrenabwehr wurden die Seminare „Besonderheiten und Risiken der Elektromobilität“ sowie „Vorbeugender Brandschutz“ durchgeführt.

### *Laufende Forschungsarbeiten*

Die Forschungsstelle für Brandschutztechnik arbeitet an verschiedenen Forschungsthemen rund um die Gebiete des vorbeugenden, abwehrenden und anlagentechnischen Brandschutzes.

Im Rahmen einer Dissertation forscht Dominique Max an der Identifizierung und Quantifizierung von Einflussgrößen auf Raumbrände. Ziel dieser Arbeit ist eine risikobasierte Abschätzung von Brandsimulationsrechnungen, welche in einen bauordnungsrechtlichen Rahmen eingebettet sein können und Fragestellungen des vorbeugenden Brandschutzes dient. Es sind dabei zwei Berechnungsverfahren zu unterscheiden. Auf der einen Seite gibt es aus anderen technischen Bereichen bekannte komplexe, numerische Verfahren, wie Computational Fluid Dynamics (CFD), für die Ermittlung strömungs- und verbrennungstechnischer Kenngrößen. Auf der anderen Seite kommen für die Belange des Brandschutzes entwickelte vereinfachte Verfahren zum Einsatz die im Wesentlichen auf empirischen Beziehungen beruhen. Empirie bezieht sich innerhalb der experimentellen Unsicherheiten auf die Gegebenheiten des entsprechenden Experimentes. Extrapolationen sind unter dem Aspekt der fehlenden experimentellen Datengrundlage zu beurteilen.

In einem ersten Schritt der Arbeit wird die Einmischung von Umgebungsluft in eine Rauchgassäule (Plume) oberhalb eines Brandes und die rechnerische Abbildung der Flammenlänge untersucht. Beide Parameter sind für die vereinfachte Betrachtung wesentlich.

Mehrere Experimente sind diesbezüglich in der Literatur beschrieben. Es wurde ein Experiment mit einem Open-Source Tool (Fire Dynamics Simulator-FDS) numerisch untersucht, um das Berechnungsverfahren für diesen Fall zu validieren und Abweichungen zu identifizieren. Im Experiment wurde oberhalb eines mit Methan betriebenen Kiesbettbrenner eine Haube angeordnet. Über einen Ventilator wurde Rauchgas aus der Haube gesaugt. Der Massenstrom bzw. die Absaugleistung des Ventilators wurde bis zum Erreichen einer gewünschten stationären Rauchsichthöhe variiert. Die Rauchsichthöhe definiert die Höhe über die entlang der Oberfläche des Plumes Umgebungsluft eingemischt wird.

Die Flammenlänge wurde mit optischen Methoden bestimmt. Bei der Auswertung der Berechnung wurde der stöchiometrische Mischungsbruch  $Z$  als Indiz für die Lage der Flammenfront und damit für die Lage der Flammenlänge herangezogen und mit dem Experiment verglichen. In Abbildung 1 sind die Plots des Mischungsbruches bei unterschiedlichen Gittergrößen (gleichförmiges kubisches Gitter) dargestellt.

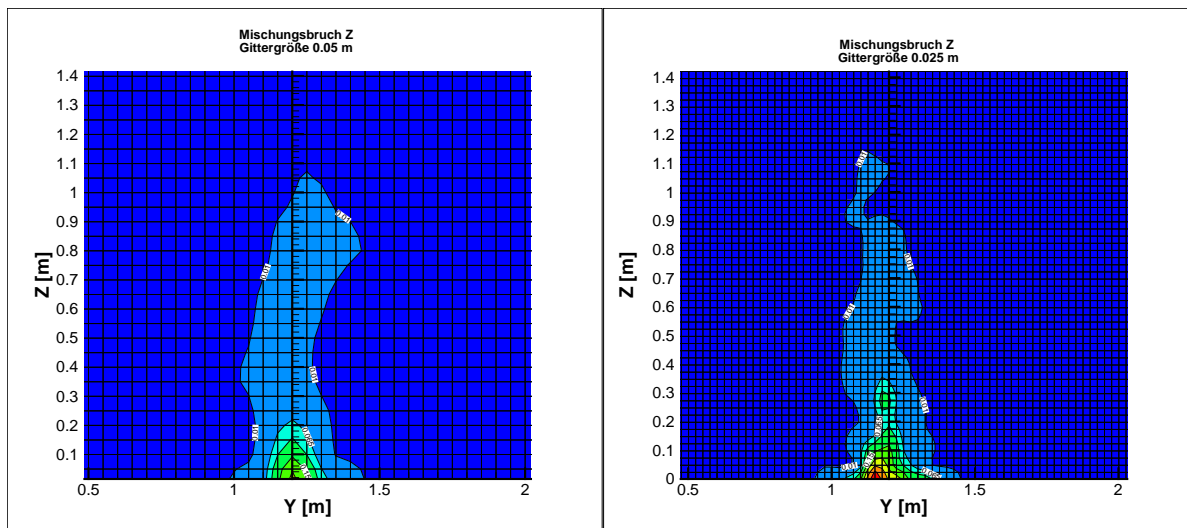


Abbildung 1: numerische Bestimmung der Flammenlänge (Durchmesser 0,5 m und 104 kW)  
 Die Abbildungen verdeutlichen die Abhängigkeit der Flammenlänge von der geometrischen Diskretisierung. Je kleiner die Zellgröße, desto länger wird die berechnete Flammenlänge. Bei der Beurteilung der Extrapolationsfähigkeit der empirischen Gleichungen mit numerischen Methoden ist die Wahl der Zellgrößen somit von elementarer Bedeutung. Die rechnerische bestimmte Flammenlänge ist deutlich kleiner als die experimentell beobachtete.

Die Einmischung wurde im Experiment über die Bestimmung des abgeführten Massenstroms an der Haube bestimmt. Rechnerisch wurden die Massenströme über die Flächen zwischen Boden und Haubenkante ermittelt. Abbildung 2 zeigt die Gegenüberstellung von Experiment und Berechnung.

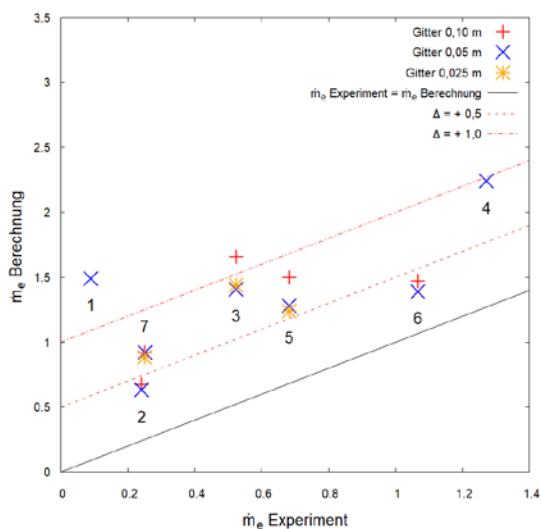


Abbildung 2: Gegenüberstellung der berechneten und der experimentell ermittelten Einmischung  
 Sowohl die Berechnung der Flammenlänge, wie auch der Einmischung zeigten deutliche Abweichungen zu den Experimenten. In beiden Fällen wurde ein wesentlicher Zusammenhang zwischen der Zellgröße und der Abweichung festgestellt. Im Speziellen Fall von Brandsimulationen in einem baupraktischen Kontext ist diese Fragestellung von zentraler Bedeutung, da hier in der Regel große Brände (Durchmessern größer 4 m) als bemessungsrelevant angesetzt werden. In diesem Bereich liegen aber keine experimentellen Grundlagen vor. Die gefundenen Abweichungen können in eine Risikobetrachtung einbezogen werden und als Startpunkt für die Ertüchtigung der numerischen Methoden dienen.

Im Rahmen seiner Dissertation beschäftigt sich Mathias Vetter mit der Interaktion zwischen eingedüsten Wassertropfen und Flammen in Sicht von der Brand- und Explosionsschutz. Beide begegnen prinzipiell dasselbe Problem, jedoch sind die Zeitskalen im Explosionsschutz dramatisch kleiner, weshalb hier eine Abgrenzung erfolgen soll. Der wesentliche Löscheffekt ist die Kühlwirkung

des Wassers, welches eine hohe spezifische Wärmekapazität in der flüssigen Phase und eine noch viel höhere Verdampfungsenthalpie aufweist. Die Masse an Löschwasser begrenzt hierbei die maximal mögliche Wärmeaufnahme, während die Verdampfungsrate die real aufnehmbare Wärmemenge begrenzt. Letztere hängt maßgeblich von der Gesamttropfenoberfläche ab, welche sich mit abnehmender Tropfengröße im Verhältnis zur Gesamtmasse vergrößert. Feinere Tropfen können also zu einer effizienteren Löschwirkung führen, sie sind jedoch auch anfälliger gegenüber Strömungsbedingungen und erreichen mitunter nicht den gewünschten Ort der effektivsten Wärmeaufnahme, nämlich die Flammenfront nahe des Reaktionskernes. Während die Kühlwirkung in der Gesamtbilanz schon recht gut verstanden ist, fehlen noch genauere Erkenntnisse im kleineren Labormaßstab. Welche weiteren Effekte sind für die Flammenlöschung von Bedeutung? Wie lassen sich diese beschreiben oder voraussagen? Lassen sich solche Ergebnisse auf den Realmaßstab übertragen?

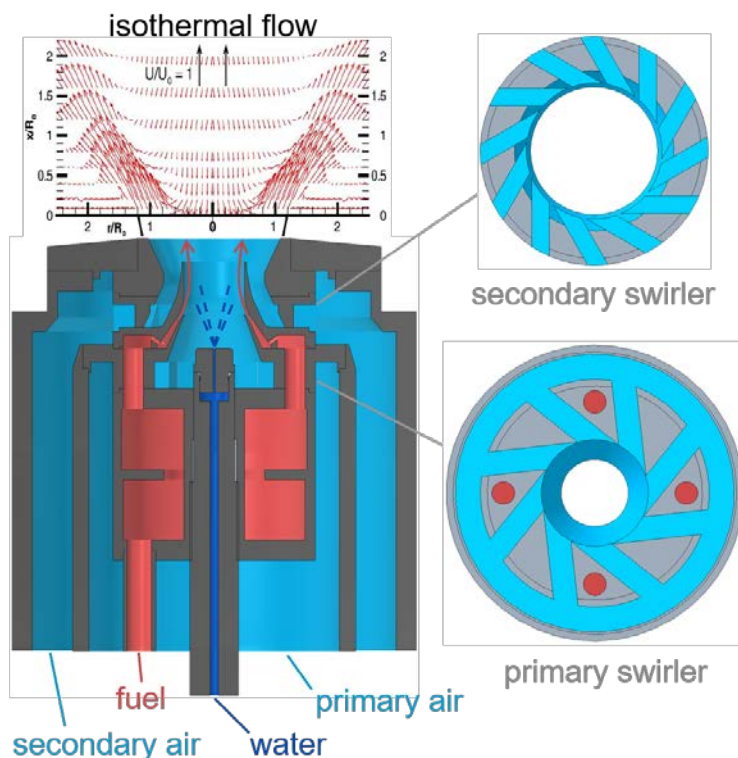


Abbildung 3: Schema der Brennerdüse mit isothermen Strömungsfeld aus Merkle (2006)

Zu diesem Zweck soll die Tropfen-Flamme-Interaktion im Labormaßstab experimentell untersucht werden. Zur Abbildung einer möglichst realitätsnahen, nämlich hochturbulenten Diffusionsflamme wird eine mit Erdgas befeuerte Rohrbrennkammer ausgestattet mit einer institutseigenen Brennerdüse [Merkle, 2006] eingesetzt (siehe Abbildung 3). Diese bietet zudem eine semistationäre Flammenfront zur Untersuchung der Effekte der Wassertropfen. Die Tropfen sollen im mikroskalischen Bereich zwischen 10 und 100  $\mu\text{m}$  liegen und über ein polydisperses Spray aus verschiedenen Eindüsepositionen heraus zur Flamme gelangen. Im Unterschied zu vorigen Untersuchungen wird die Verbrennungsluft also nicht mit Wasser vorbeladen [Sasongko et al., 2011]. Die Experimente sollen durch eine ausführliche Literaturstudie sowie durch grundlegende numerische Untersuchungen mit Validierungscharakter unterstützt werden. Zu erwarten ist eine quantitative Beschreibung der Wechselwirkungseffekte zwischen Wassertropfen und Flamme direkt an deren Front sowie in Abhängigkeit der jeweiligen Spray- und Tropfencharakteristika. Im Vorhinein soll daher eine ausgiebige Sprayuntersuchung erfolgen, damit dieses im späteren Verlauf entsprechend variiert werden kann. Denkbar sind dafür nicht-intrusive optische Messverfahren wie LDA/PDA und Schattenmessverfahren (engl.: Shadowgraphie). Eine thermo- und velozimetrische Vermessung der relevanten Bereiche (TE, Hitzdraht) und eine Abgasuntersuchung unterstützen sinnvollerweise die Flammenstabilitätsuntersuchung. Optimalerweise würden sich die Ergebnisse schließlich auf einen Realmaßstab übertragen lassen.

#### Publikationen

Dinkov, I.; Vetter, M.; Schelb, D.; Trimis, D., (2019). Experimental and numerical study on the interaction between sprinkler water spray, fire plume and smoke layer, in Proceedings of the European Combustion Meeting – 2019, April 14-17, Lisboa, Portugal, p. S2\_R1\_89, .

Max, D.; Dinkov, I.; Schelb, D.; Trimis, D., (2019). Überprüfung und Erweiterung des Anwendungsbereichs von Plume-Formeln mit CFD-Methoden, 29. Flammentag – 2019, September 17-18, Bochum.

Augustin, D.; Dinkov, I.; Schelb, D.; Haertle, J., (2019) Konvertibles Schutztextil für Lithium-Ionen-Batteriebrände, Brandschutz, 12/2019, s. 974-977

#### *Abgeschlossene Bachelor- und Masterarbeiten*

- Florian Sauder (Bachelorarbeit) Titel: „Brandschutz mit BIM bei Sonderbauten“
- Florian Schoeps (Bachelorarbeit) Titel: „Brandversuche mit reproduzierbarer Brandentstehungsphase“
- Luca Ruchser (Bachelorarbeit) Titel: „Planung und Entwurf eines Versuchsstandes zur Vermessung von standardisierten Flammen“