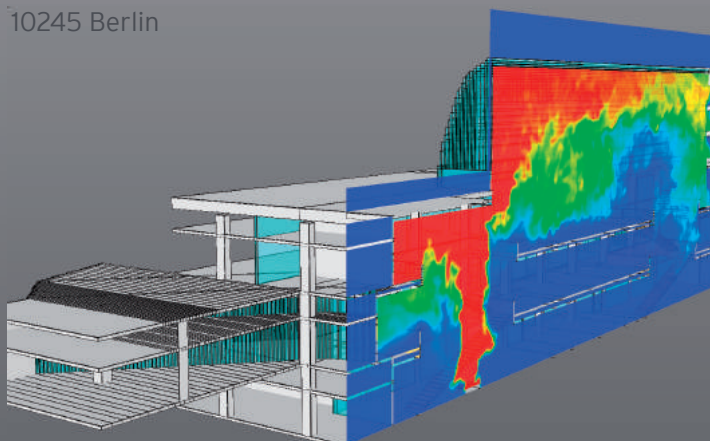


9. ANWENDERTREFFEN DER FDS USERGROUP

TAGUNGSBAND ZUSAMMENSTELLUNG DER VORTRÄGE

Datum:
12.11.-13.11.2015

Ort:
hhpberlin
Ingenieure für
Brandschutz GmbH
Rotherstraße 19
10245 Berlin



INHALT**Vorträge 12.11.2015**

Einsatz von Brandsimulationen in der Bahnindustrie Fabian Brännström	2
Prognosefähigkeit von FDS - Auswertung im Rahmen internationaler Benchmark-Aufgaben Matthias Siemon	20
Reproduzierbarkeit von Brandversuchen in Räumen durch Brandsimulationen Gregor Jäger	36
Small scale validation experiments applying particle image velocimetry Andreas Meunders	55
Kleinskalige Brandexperimente zur Programm-Verifikation - ein Überblick Susanne Kilian, Matthias Münch	73
Überarbeitung des FDS-Leitfadens Andreas Vischer	92

Vorträge 13.11.2015

Wärmeübertragung auf Bauteile durch Konvektion mit FDS 6 Andreas Vischer	99
Comparison of experiments and numerical simulations of a high pressure water mist curtain as a radiation shield Bjarne Husted	114
Erfahrungen mit dem Toxizitätsmodell in FDS Corinna Trettin	129
Automated FDS Input File Generation with fdsgeogen Lukas Arnold	140
Qualitätskontrolle in FDS Projekten Sascha Gottfried	154

Fabian Brännström:

Einsatz von Brandsimulationen in der Bahnindustrie

Abstract:

In der Zugindustrie werden seit einigen Zeit Simulationen zur Unterstützung des Brandschutzes eingesetzt. Der Bedarf an Berechnungen steigt aufgrund von Kunden- und normativen Anforderungen (z.B. EN 45545) stetig an.

Bei Bombardier Transportation werden seit etwa 2006 Berechnungen für den Brandschutz durchgeführt. Die Prozesse werden seitdem fortwährend weiterentwickelt. Die Berechnungen erfolgen mit Star-CCM+, OpenFOAM und FDS. Im Rahmen von TRANSFEU (EU-Forschungsprojekt von 2009-2012) wurden zudem verschiedene Methoden für die Brandausbreitungsberechnung mit FDS untersucht. Der Vortrag wird auf einzelne Fragestellungen (z.B. Rauchausbreitung, Fahrfähigkeit und Bemessungsbrand) in der Bahnindustrie eingehen. Zudem werden eingesetzte Tools und relevante Methoden zur Brandausbreitung beschrieben.

Folgender Ablauf ist für die Präsentation geplant:

1. Kurzer Überblick über Bombardier Transportation und die Aerodynamik-Thermodynamik-Abteilung
2. Einsatz von Brandsimulationen in der Bahnindustrie
 - a. Allgemeiner Überblick
3. Tools und Berechnungsprogramme für die Brandsimulation bei Bombardier Transportation
 - a. Die Darstellung erfolgt unterteilt in die Bereiche Pre-Processing, Simulation, Optimierung und Post-Processing
 - b. Es wird gezeigt, für welche Fragestellungen fireFoam ergänzend zu FDS eingesetzt werden kann.
 - c. Zudem werden einige Vor- und Nachteile von FDS und fireFoam angesprochen.
4. Überblick relevanter Methoden zur Berechnung der Brandausbreitung
 - a. Die Methoden umfassen einfache und komplexe Pyrolyseansätze
 - b. Neben Validierungsberechnungen mit FDS erfolgen auch Vergleiche mit fireFoam. Es werden einzelne Validierungsberechnungen mit FDS für Materialien aus der Bahnindustrie gezeigt.



Fire Simulation for Railway Applications

Fabian Brännström, 13.11.2015

BOMBARDIER
the evolution of mobility

Agenda

1. INTRODUCTION
2. FIRE SIMULATION
3. TOOLS
4. FIRE SPREAD MODELING
5. SUMMARY

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

Agenda

1. INTRODUCTION
2. FIRE SIMULATION
3. TOOLS
4. FIRE SPREAD MODELING
5. SUMMARY

3

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

BOMBARDIER Overview

1. Introduction



Bombardier is the world's only manufacturer of both planes and trains, with a worldwide workforce of 76,400* people.

Bombardier is headquartered in Montréal, Canada. Our shares are traded on the Toronto Stock Exchange (BBD) and we are listed on the Dow Jones Sustainability World and North America indexes. In the fiscal year ended December 31, 2013, we posted revenues of \$18.2 billion USD.

4







* as at December 31, 2013 (includes 200 employees at our corporate office in Canada)

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

BOMBARDIER Our evolution

1. Introduction

1942-1973	1974-1985	1986-1993	Strategic Acquisitions	1993-2003	2003-
 <ul style="list-style-type: none"> Company start-up Development of passenger and personal snowmobiles Vertical integration Energy crisis provoked market collapse 	 <ul style="list-style-type: none"> Diversification into mass transit market Learning of new industry 1982 New York metro contract secured strong position in American market 	 <ul style="list-style-type: none"> Entry into aerospace through Canadair acquisition Consolidation of North American mass transit position and reinforcement of presence in Europe 	 <ul style="list-style-type: none"> Aerospace: Short Brothers (UK), Learjet (US), de Havilland (CA) Transportation: BN (BE), ANF (FR), Deutsche Waggonbau (DE), Concarril (MX), Talbot (DE), Adtranz (DE) 	 <ul style="list-style-type: none"> CRJ Series, Global Express, Challenger 300 Tilting train, AGC (Autorail Grande Capacité) Sale of Recreational products business unit 	 <ul style="list-style-type: none"> CRJ NextGen family, Learjet 85, Q400 NextGen, CSeries, Global 7000, Global 8000 Hybrid AGC, VHS, ECO4 Transportation's expansion into emerging markets

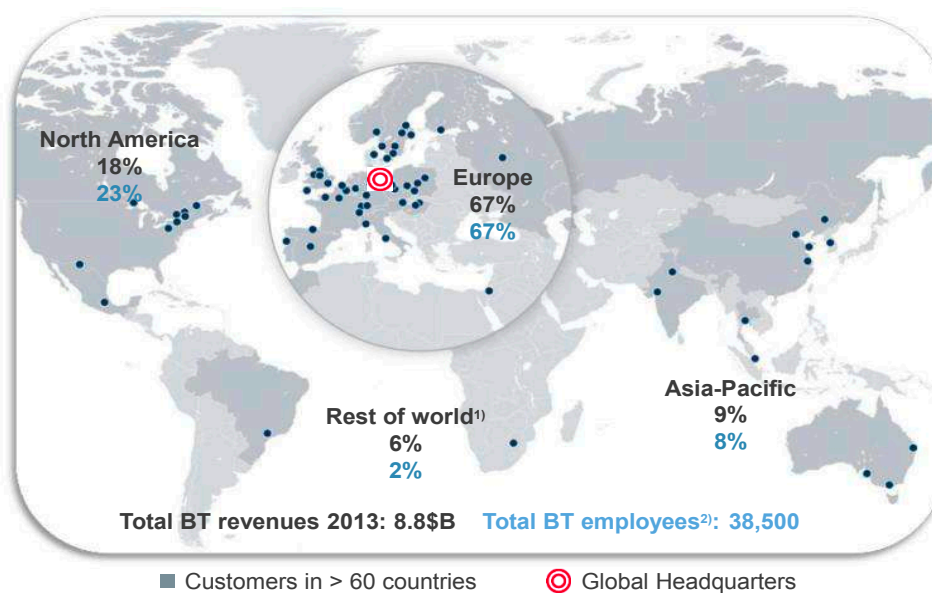
5

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

BOMBARDIER TRANSPORTATION A global player with a European base

1. Introduction



Note: As at December 31, 2013

1) Rest of world includes CIS (incl. Russia), South America, Central America, Africa and the Middle East

2) Including inactive and contractual employees

6

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

Center of Competence for Aero-Thermodynamics

1. Introduction

Cross-Wind Stability

Head pressure pulse

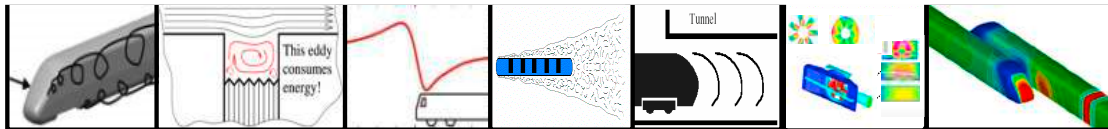
Tunnel Aerodynamics

Aerodynamic Loads

Running Resistance

Slip stream

Aeroacoustics



Climate Comfort

Fire Simulation

Climatic
conditions

Ballast projection

Cooling of equipment



7

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

Agenda

1. INTRODUCTION
2. FIRE SIMULATION
3. TOOLS
4. FIRE SPREAD MODELING
5. SUMMARY

8

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

Agenda

1. INTRODUCTION
2. FIRE SIMULATION
3. TOOLS
4. FIRE SPREAD MODELING
5. SUMMARY

8

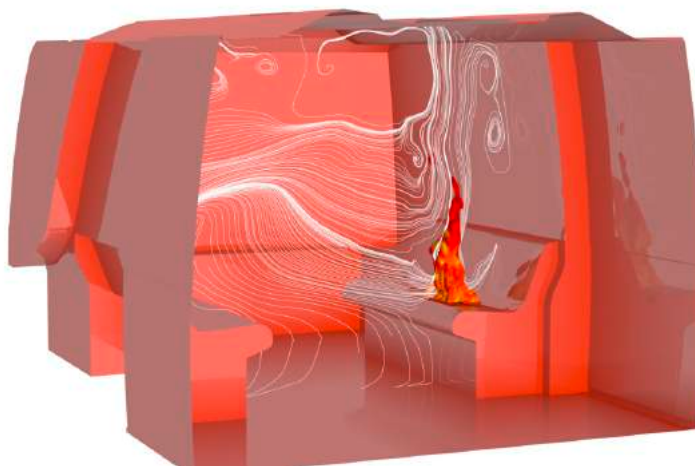
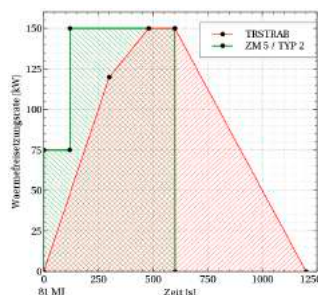
BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

Fire Simulations in the railway industry

2. Fire Simulation

- Fire spread modelling
 - Compartment / Undercar
- Running Capability
 - Electrical cabinets
 - Car body structure
- Fire Resistance
 - Floor sections
 - Cab back walls



9

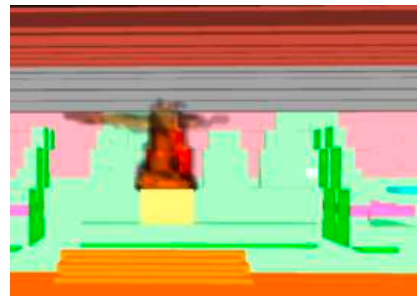
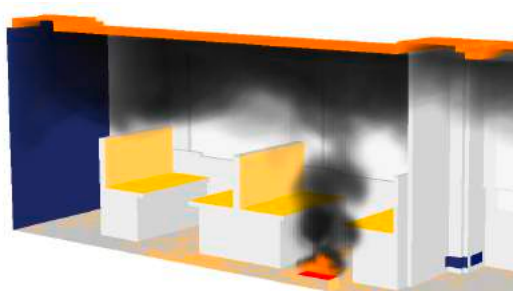
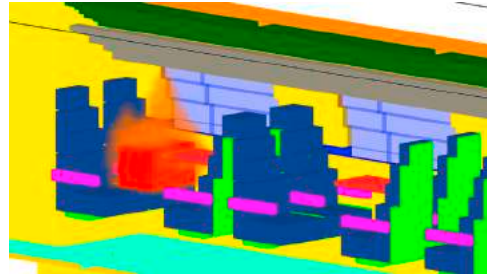
BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

Fire Spread

2. Fire Simulation

- Often different scenarios and tasks
 - Calculation of peak heat release rate
 - Time to peak heat release rate
 - Heat release rate curve



10

BOMBARDIER
the evolution of mobility

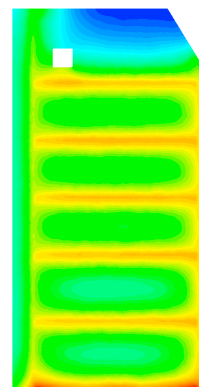
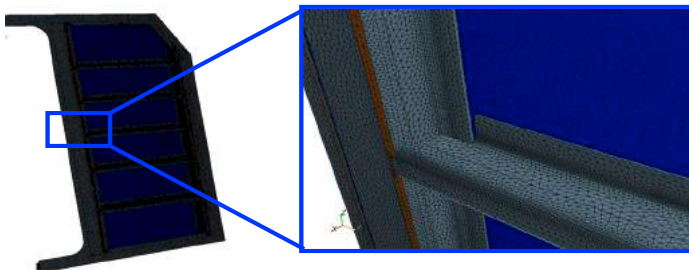
PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

Fire Resistance – cab back wall

2. Fire Simulation

Numerical setup – (2009)

1. Smallest edge ~ 2mm thickness of steel cover leads to min 40 Mio cells for complete wall



➔ Fire Barrier Simulations
- Support before test, reduce failures

11

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

Agenda

1. INTRODUCTION
2. FIRE SIMULATION
3. TOOLS
4. FIRE SPREAD MODELING
5. CHALLENGES
6. OUTLOOK + DISCUSSION

12

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

Tools (General + Fire Simulation)

3. Tools

PRE	CATIA	Ansa	Blender	Excel-UI	Python - Scripting
SIM	Star-CCM+	OpenFOAM	FDS	(gpyro) Cfast	
OPT	deap python	Mode Frontier		(gpyro)	
POST	Visit	ParaView	SmokeView		

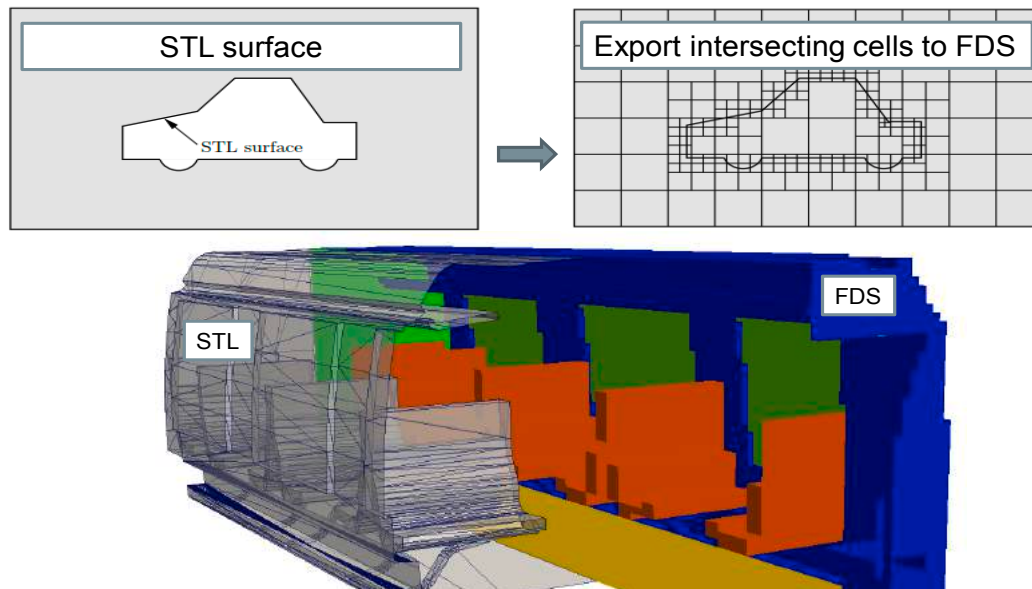
13

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

PRE-Processing – Automatic Mesher based on snappyHexMesh

3. Tools



14

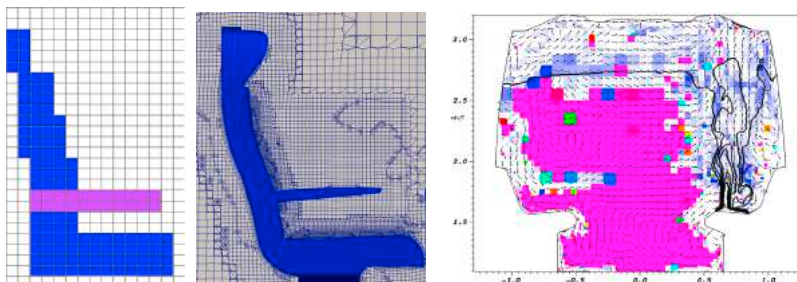
BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

FireFoam

3. Tools

- Advantages for process and complex geometries
 - The process for setting up the simulation very similar to other simulations
 - Seats (cartesian Mesh / unstructured Mesh)
 - Fire resistance and running capability involve CHT simulations
 - Side wall with complex structures (air layers and multiple components)
 - Small details like gaps and openings in the ceiling



15

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.



Overview

1. INTRODUCTION
2. FIRE SIMULATION
3. TOOLS
4. FIRE SPREAD MODELING
5. CHALLENGES
6. OUTLOOK


16

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

CFD methods for fire spread modeling relevant for railway industry

4. Fire Spread

- 
1. **Predefined fire Spread**
 - Luggage, fire source, “full” scale measurement, e.g. SBI
 2. **Radiation based Fire Spread (TRANSFEU)**
 - Simplified Pyrolysis (Cone Calorimeter input)
 - Defined fire spread based on radiation (Cone Calorimeter input)
 - Concept phase, no optimization of material properties
 3. **Ignition Temperature based Fire Spread (TRANSFEU)**
 - Simplified Pyrolysis (Cone Calorimeter input)
 - Fire spread based on ignition temperature and local temperature distribution
 4. **Arrhenius equation based Fire Spread (Matala, TRANSFEU, FMGlobal)**
 - Complex Pyrolysis (TGA / DSC / MCC and/or cone calorimeter input)

Combinations and further adaptations of the 4 methods are applied →
A clear description of the process is important.

17

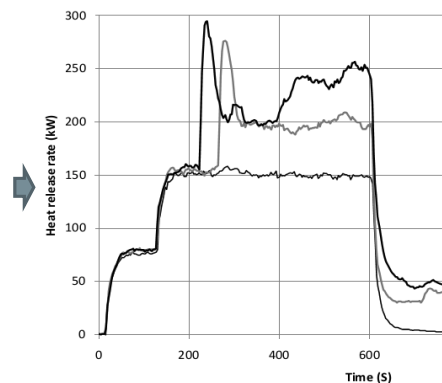
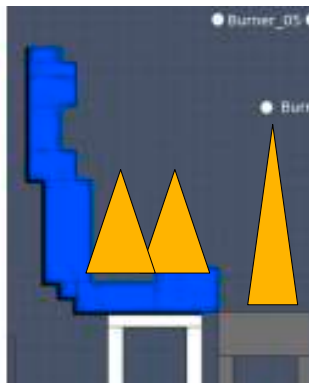
BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

1. Predefined Fire Spread

Input data:

- HRRPUA from FULL Scale Exp.
- Thermal material properties for other components from literature and supplier



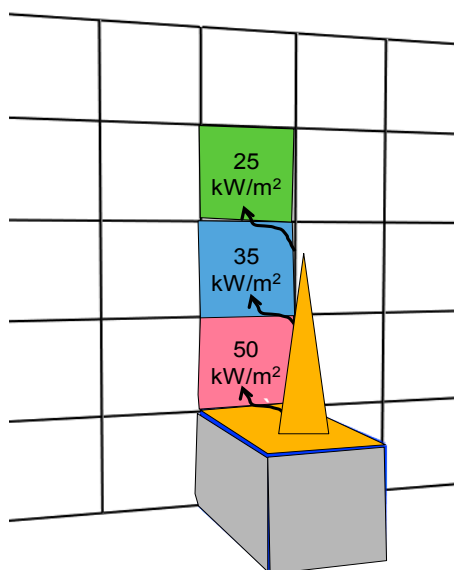
PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

18

BOMBARDIER
the evolution of mobility

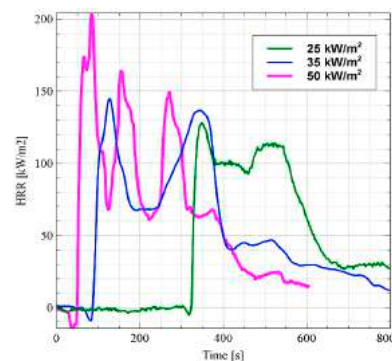
2. Radiation based Fire Spread

4. Fire Spread



Input data:

- HRRPUA from Small Scale Exp.
- Thermal material properties from literature and supplier



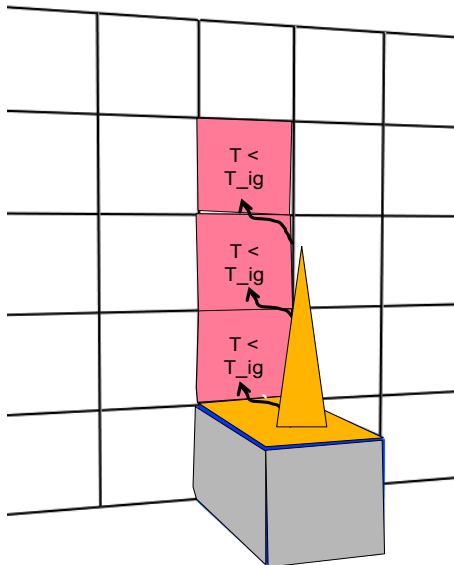
PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

19

BOMBARDIER
the evolution of mobility

3. Ignition Temperature based Fire Spread

4. Fire Spread



Input data:

- HRRPUA from Small Scale Exp. (usually at 50kW/m²)
- Thermal material properties derived numerically

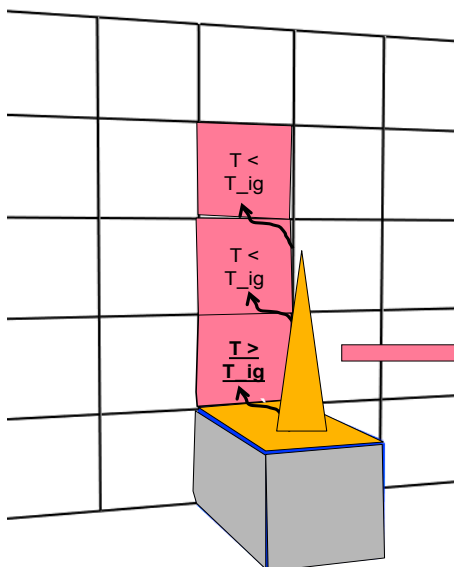
20

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

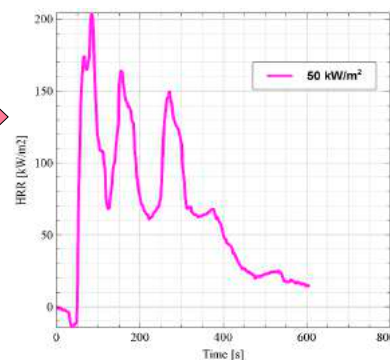
3. Ignition Temperature based Fire Spread

4. Fire Spread



Input data:

- HRRPUA from Small Scale Exp. (usually at 50kW/m²)
- Thermal material properties derived numerically



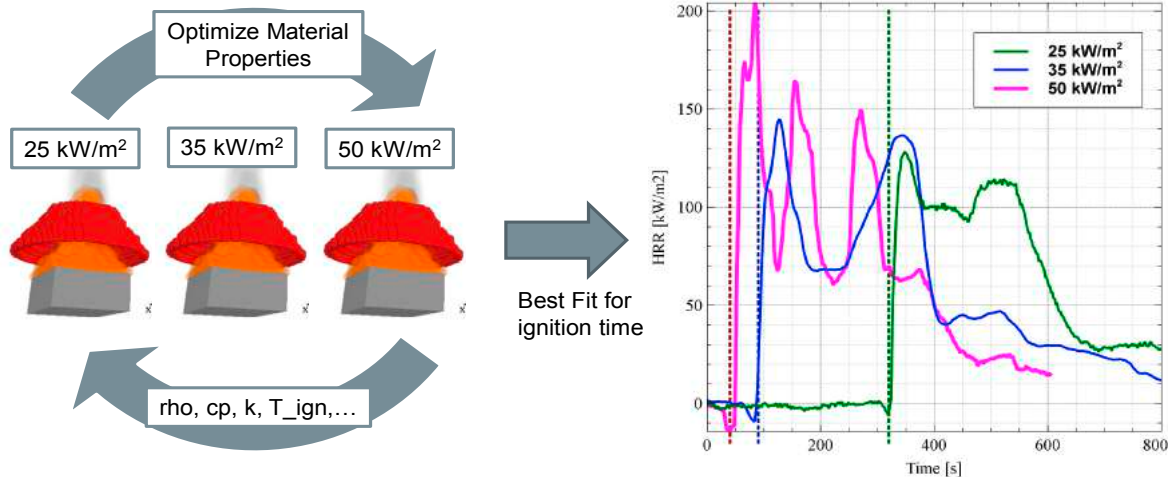
21

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

Derivation process of material properties

4. Fire Spread



Different approaches possible → very important to report the details of the process

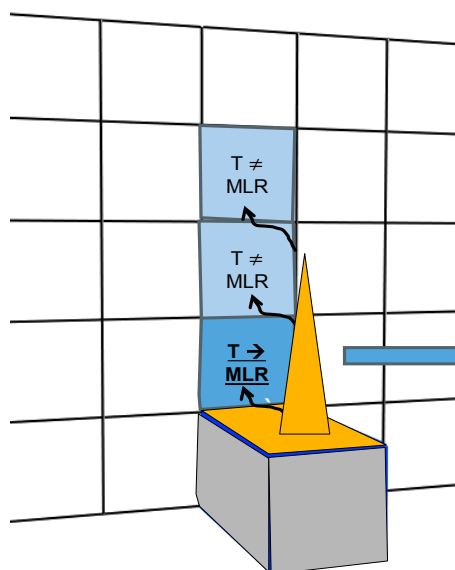
22

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

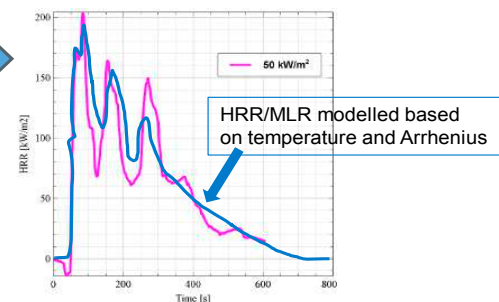
4. Arrhenius equation based Fire Spread (Complex Pyrolysis)

4. Fire Spread



Input data:

- HRRPUA from Small Scale Exp. (usually at 50kW/m²)
- Matter Scale: TGA, DSC, MCC
- Thermal material properties and kinetic parameters derived numerically



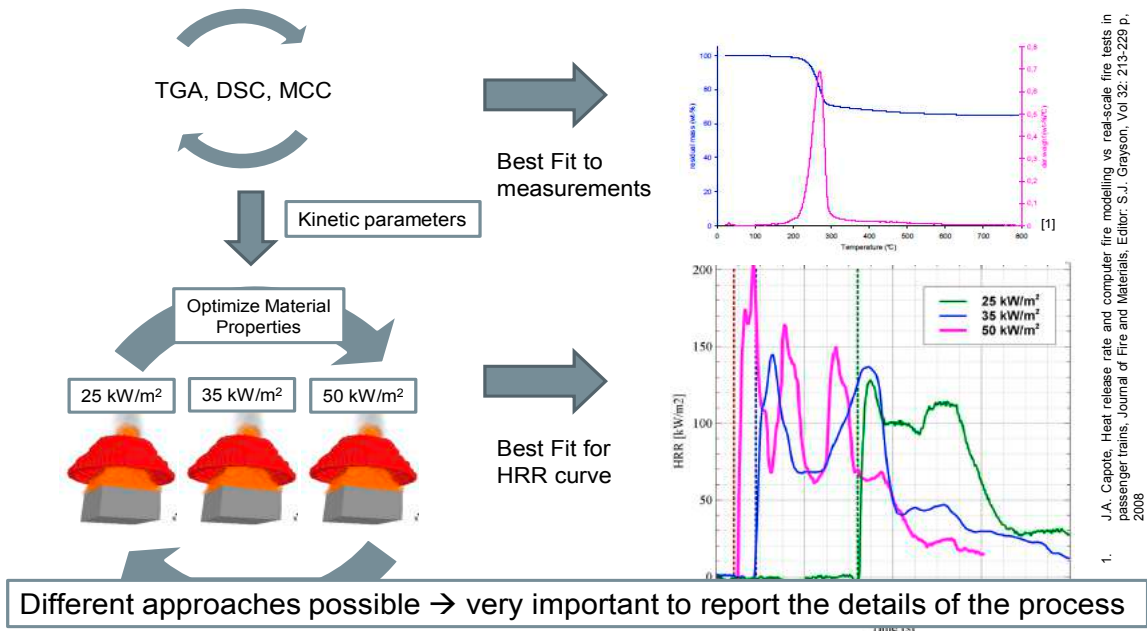
23

BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

Derivation process of material properties

4. Fire Spread

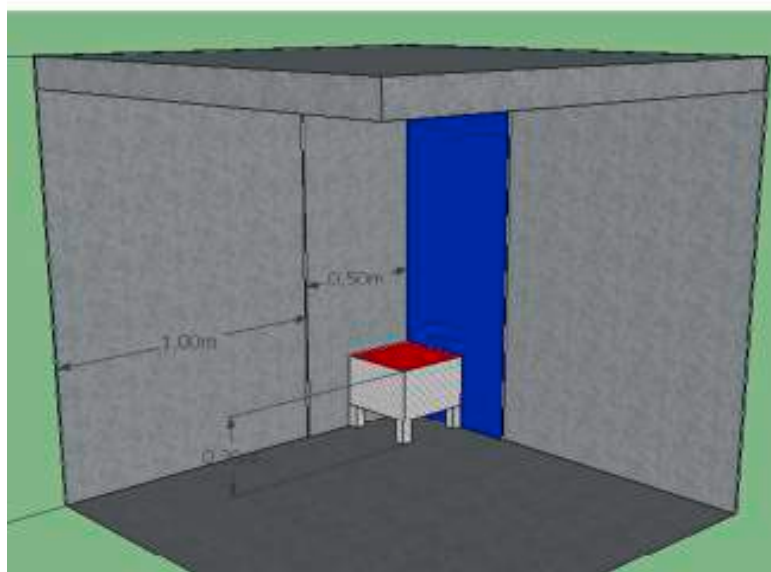


24

BOMBARDIER
the evolution of mobility

Validation – for fire spread modelling (TRANSFEU)

4. Fire Spread



25

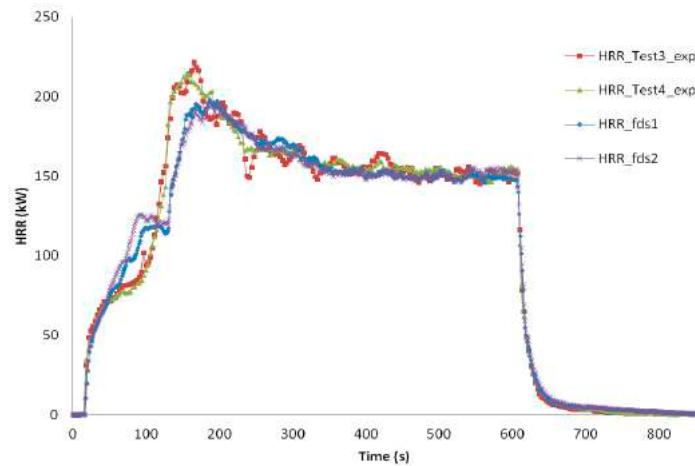
BOMBARDIER
the evolution of mobility

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

Sidewall Aluminum (Full Scale, Simple Pyrolysis Tig)

4. Fire Spread

- The IN1-8-1 material is a needle punched carpet glued on 2 mm Aluminium sheet. The IN1-8-1 material is composed of 2 layers:
 - carpet composed of 100% polyester
 - glue
 - Aluminium
- It is used as Sidewall material.



PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

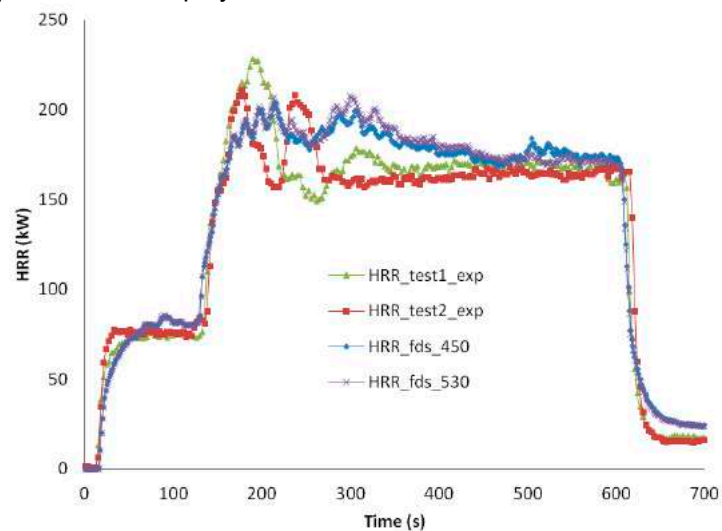
26

BOMBARDIER
the evolution of mobility

Ceiling GRP (Full scale, Simple Pyrolysis Tig)

4. Fire Spread

- The IN1-8-2 material is a needle punched carpet glued on glass fiber reinforced phenolic resin sheet. The IN1-8-2 material is composed of 3 layers in the FDS file:
 - Needle punched carpet composed of 100% polyester
 - glue
 - Glass fibre reinforced phenolic resin
- It is used as Ceiling material.



PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

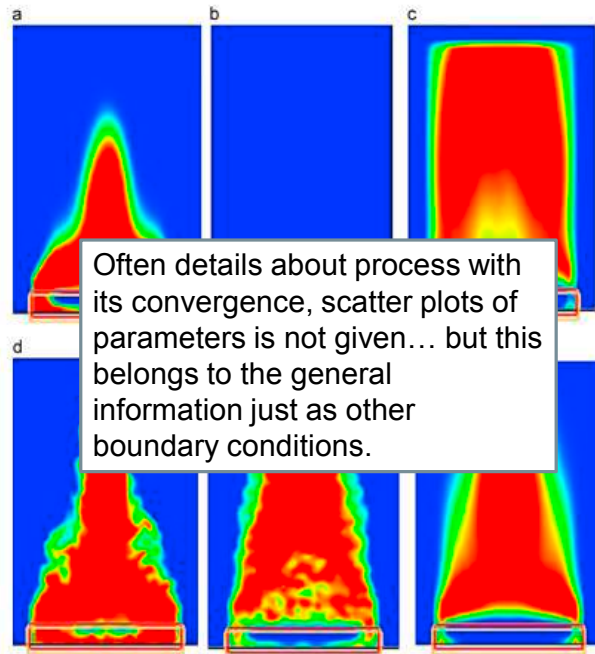
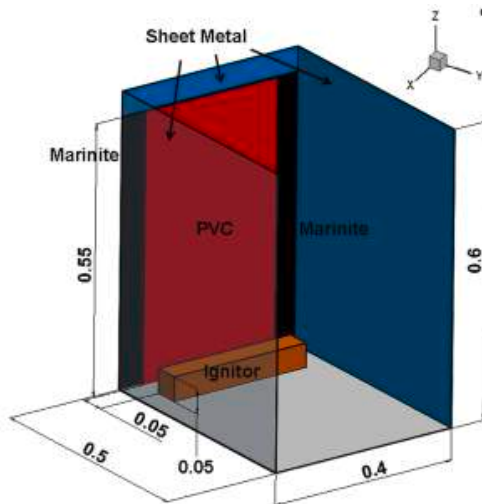
27

BOMBARDIER
the evolution of mobility

The optimization process influences fire spread

5. Challenges

- Ghorbani, Z., Webster, R., Lázaro, M., & Trouvé, A. (2013). Limitations in the predictive capability of pyrolysis models based on a calibrated semi-empirical approach. *Fire Safety Journal*, 61, 274–288. doi:10.1016/j.firesaf.2013.09.007



PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

28

BOMBARDIER
the evolution of mobility

Agenda

1. INTRODUCTION
2. FIRE SIMULATION
3. FIRE SPREAD MODELING
4. SUMMARY

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

29

BOMBARDIER
the evolution of mobility

Summary

6. Outlook + Discussion

- Short overview of fire simulation in railway industry
- FDS and fireFoam are main tools for fire simulation at BT
- Different fire spread methods are applied
 - Sometimes the methods can be completely different ...
 - A clear description is important
- Further improvement of process and methods

PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

30

BOMBARDIER
the evolution of mobility



PRIVATE AND CONFIDENTIAL
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

31

BOMBARDIER
the evolution of mobility

BOMBARDIER

the evolution of mobility

32

Matthias Siemon:

Prognosefähigkeit von FDS - Auswertung im Rahmen internationaler Benchmark-Aufgaben



 Technische Universität Braunschweig

iBMB MPA
TU BRAUNSCHWEIG

Prognosefähigkeit von FDS – Auswertung im Rahmen internationaler Benchmark-Aufgaben

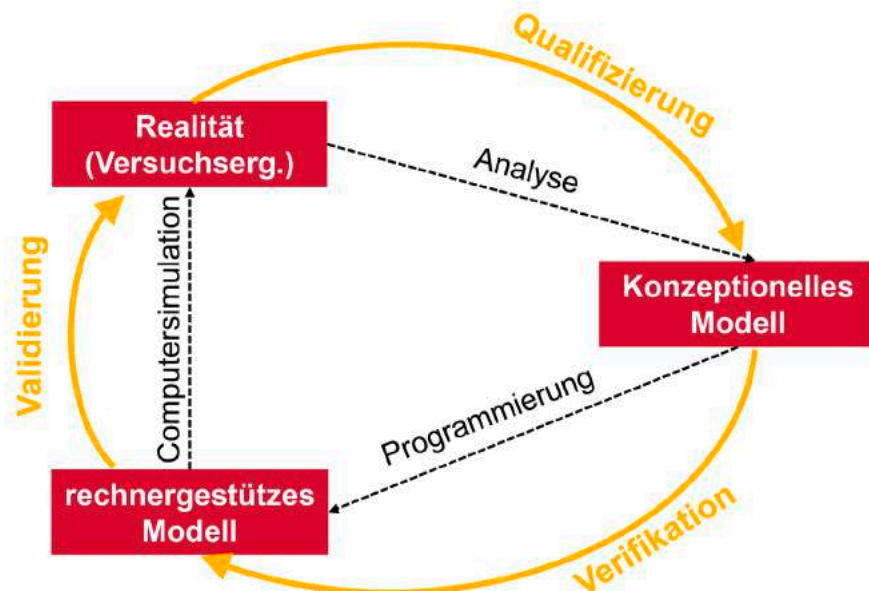
9. FDS Usergroup Meeting

Dipl.-Ing. Matthias Siemon
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Zehfuß
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB)
Technische Universität Braunschweig

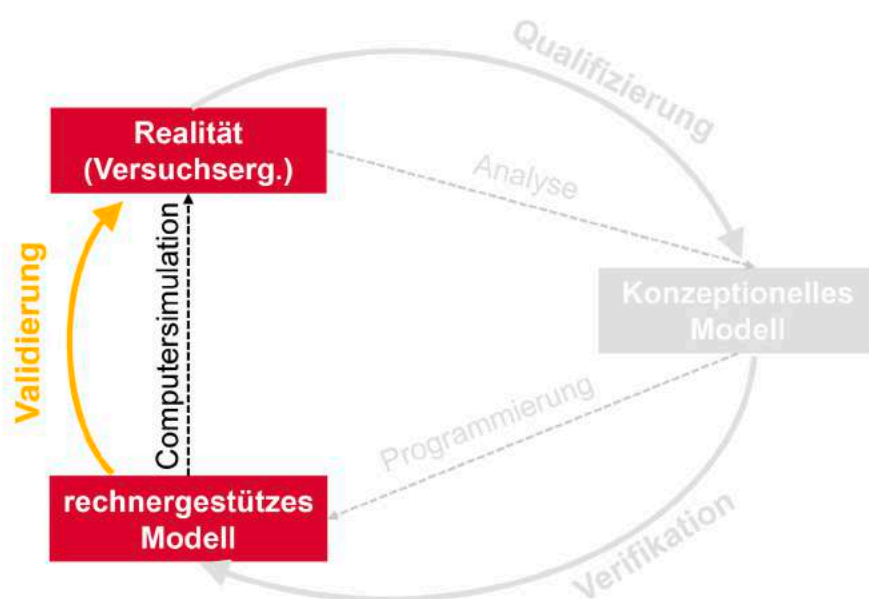
Einleitung

- ❑ Validierung von Computermodellen
- ❑ Internationale Benchmark-Aufgaben
 - Versuchsreihen OECD PRISME und OECD PRISME2
 - Versuchseinrichtung und -durchführung
 - Untersuchte Brandlasten
 - Versuchsrandbedingungen
- ❑ Validierungsberechnungen und Vergleich mit Versuchen
 - Annahmen und Berücksichtigung der Versuchsergebnisse
 - Bewertungssystematik
 - Ergebnisse
- ❑ Zusammenfassung und Ausblick

Validierung von Computermodellen nach Schlesinger



Validierung von Computermodellen nach Schlesinger



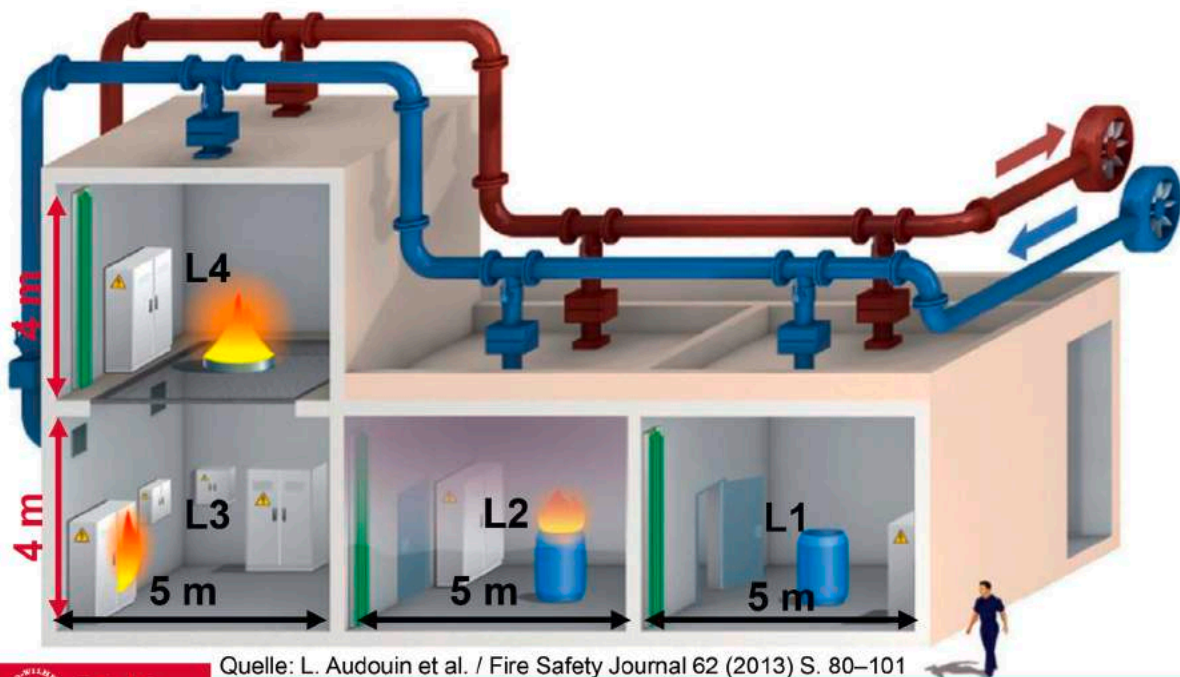
Internationale Benchmark-Aufgaben

- ❑ Versuchsdurchführung im Rahmen umfangreicher Versuchsreihen im Rahmen der internationalen OECD Forschungsvorhaben **PRISME** und **PRISME2**
- ❑ Federführende Institution (Versuchsdurchführung) ist das IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire)
- ❑ Ziel ist u. a. die Schaffung einer umfangreichen Validierungsbasis für Brandsimulationsmodelle
- ❑ **iBMB** war/ist in beiden Projekten in der „*Analytical Working Group*“ und „*Program Review Group*“ beteiligt
- ❑ Wesentliche Ergebnisse aus OECD PRISME als Special Issue im Fire Safety Journal 62 (2013) 79 veröffentlicht

Versuchsreihen der Vorhaben OECD PRISME und PRISME2

- ❑ OECD PRISME
 - PRISME Source (Versuche mit Flüssigkeitspools im Großkalorimeter)
 - PRISME Door (Rauchausbreitung über Türöffnungen)
(Vergleichb. Untersuchung zu dieser Versuchsreihe von Riese / Siemon in Bauphysik 36 Heft 4, 2014 veröffentlicht)
 - PRISME Leak (Rauchausbreitung über Leckagen, geschlossene Türen, Ein- und Auslässe)
(Vergleichb. Untersuchung zu dieser Versuchsreihe von Riese / Hohm / Liang in Bauphysik 33 Heft 6, 2011 veröffent.)
 - PRISME Integral (Komplexe Brandlasten in Mehrraumkonfigurationen)
- ❑ OECD PRISME2
 - PRISME VSP (Vertikale Rauchausbreitung, u. a. über eine Deckenöffnung)
 - PRISME CFS (Kabelbrände, Brandweiterleitung auf Kabeltrassen)
 - PRISME FES (Wirkung von Sprinkler- und Wasserlöschanlagen auf den Brand)
 - PRISME CORE (Komplexe Brandlasten, Ergänzung zu den vorangegangenen Versuchen)
 - PRISME SOURCE (Versuche mit Kabelbrandlasten im Großkalorimeter)

Schema der Versuchseinrichtung „DIVA“-Facility



Quelle: L. Audouin et al. / Fire Safety Journal 62 (2013) S. 80–101

Brandlasten der Vorhaben OECD PRISME und PRISME2



Poolfeuer (hier $C_{12}H_{26}$, 1 m^2)



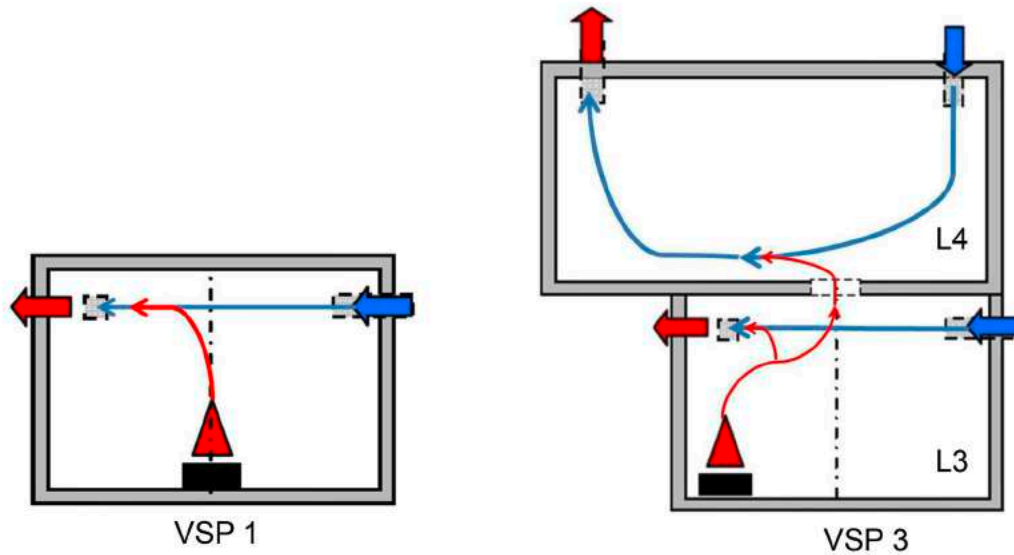
Installationsschrank



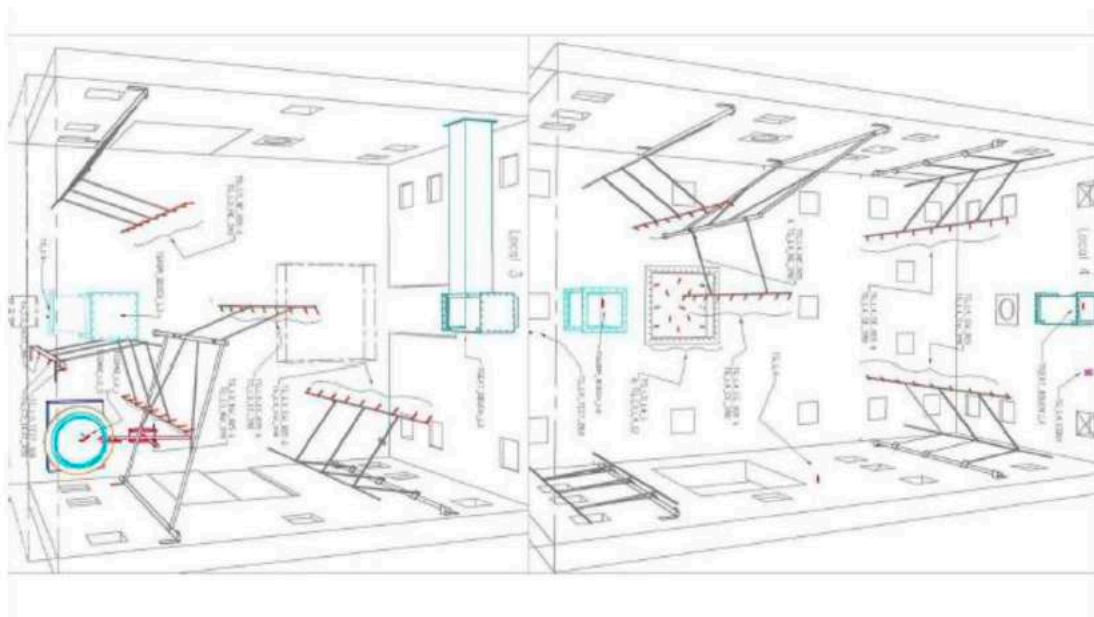
Kabeltrassen (hier in
vertikaler Installation)

Quelle: L. Audouin et al. / Fire Safety Journal 62 (2013) S. 80–101

In diesem Beitrag betrachtete VSP-Versuche



Übersicht über den Versuchsaufbau (VSP 3)



Versuchskonfigurationen

Bezeichn.	Brandlast / Typ / sonstiges	$V_{\text{Einl.}}$ / Ort	$V_{\text{Ausl.}}$ / Ort	Besonderheiten
VSP 1 / VSP 1-Ter	Pool mit 0,4 m ² / n-Heptan	1440 m ³ /h, 960 m ³ /h / L3	1440 m ³ /h, 960 m ³ /h / L3	Nur Raum L3, nach 1290 s Reduktion der Volumenströme
VSP 1-A	Pool mit 0,3 m ² / n-Heptan	2000 m ³ /h	2000 m ³ /h	Konstanter Volumenstrom über gesamte Versuchsdauer
VSP 1-QUI	Pool mit 0,4 m ² / n-Dodecane	1440 m ³ /h, 960 m ³ /h / L3	1440 m ³ /h, 960 m ³ /h / L3	Nur Raum L3, nach 1290 s Reduktion der Volumenströme
VSP 2	Pool mit 0,4 m ² / n-Heptan	2320 m ³ /h / L3	2320 m ³ /h / L4	Pool mittig über Öffnung
VSP 3	Pool mit 0,4 m ² / n-Heptan	960 m ³ /h, 1360 m ³ /h / L3, L4	960 m ³ /h, 1360 m ³ /h / L3, L4	Be- und Entlüftung in d. Räumen L3 und L4
VSP 4	Pool mit 0,4 m ² / n-Heptan	960 m ³ /h, 1360 m ³ /h / L3, L4	2320 m ³ /h / L4	Belüftung in L3 und L4, Entlüftung nur L4

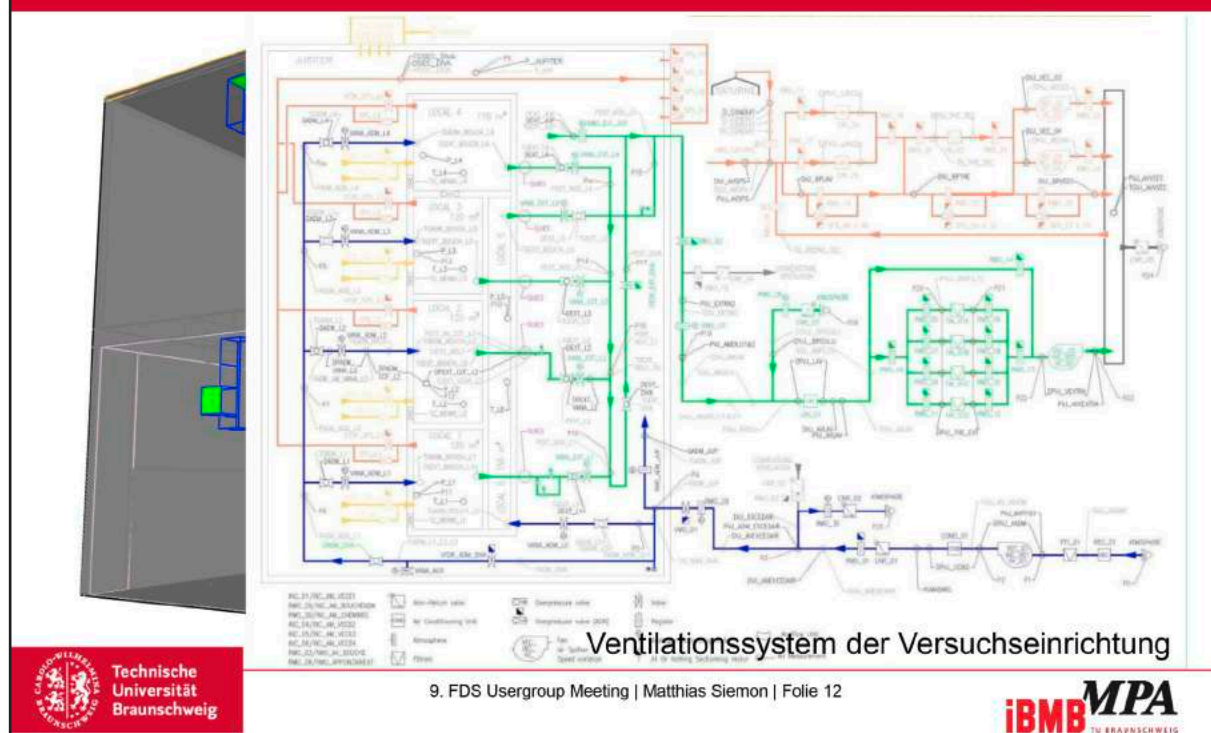


Technische
Universität
Braunschweig

9. FDS Usergroup Meeting | Matthias Siemon | Folie 11

iBMB **MPA**
TU BRAUNSCHWEIG

Modell und Realität – Annahmen und Berücksichtigung der Versuchsergebnisse am Beispiel d. mechanischen Ventilation

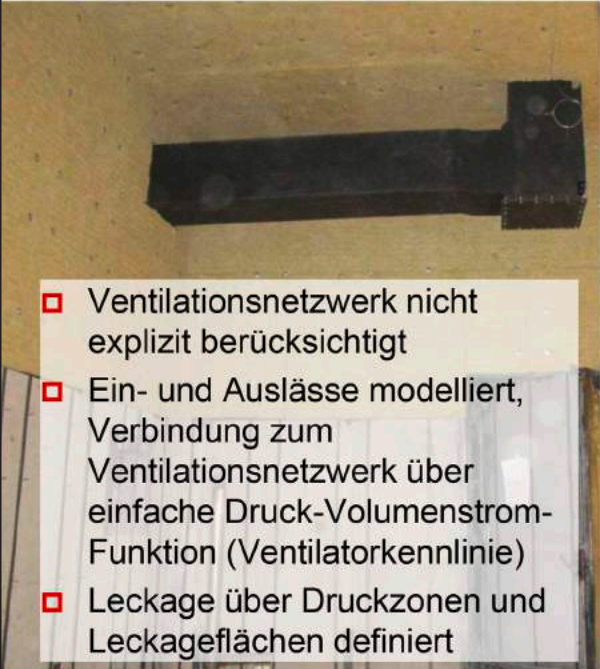


Technische
Universität
Braunschweig

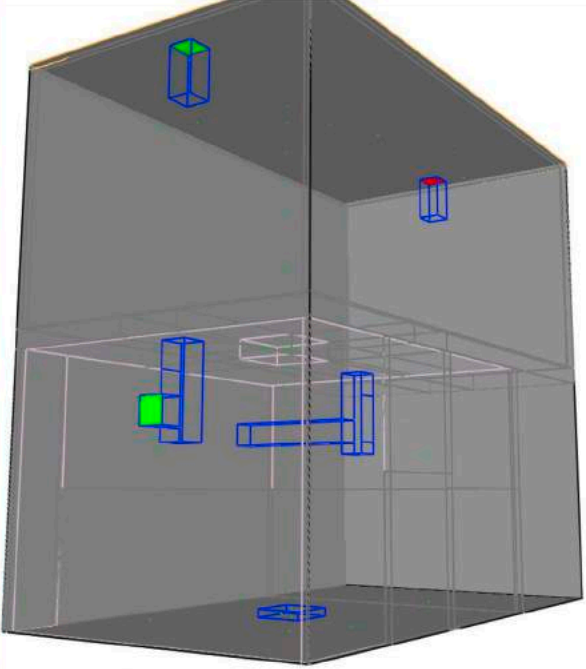
9. FDS Usergroup Meeting | Matthias Siemon | Folie 12


iBMB **MPA**
TU BRAUNSCHWEIG

Ein- und Auslässe in den Räumen der Versuchseinrichtung




- ❑ Ventilationsnetzwerk nicht explizit berücksichtigt
- ❑ Ein- und Auslässe modelliert, Verbindung zum Ventilationsnetzwerk über einfache Druck-Volumenstrom-Funktion (Ventilator Kennlinie)
- ❑ Leakage über Druckzonen und Leckageflächen definiert



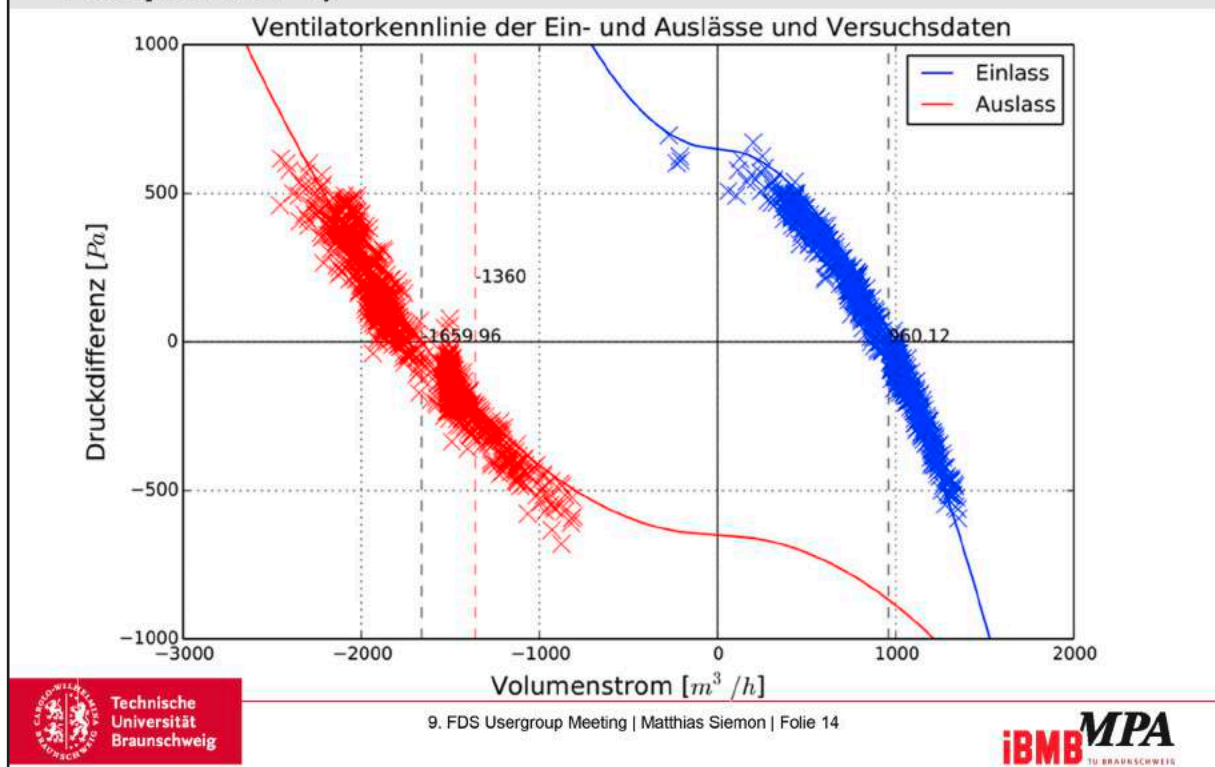


Technische Universität Braunschweig

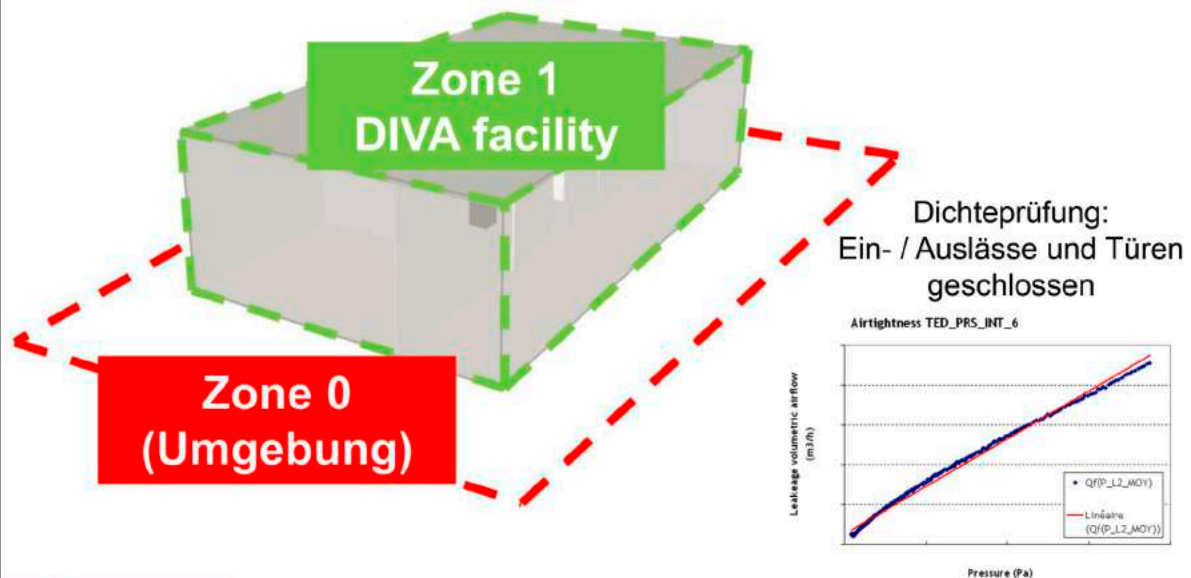
9. FDS Usergroup Meeting | Matthias Siemon | Folie 13



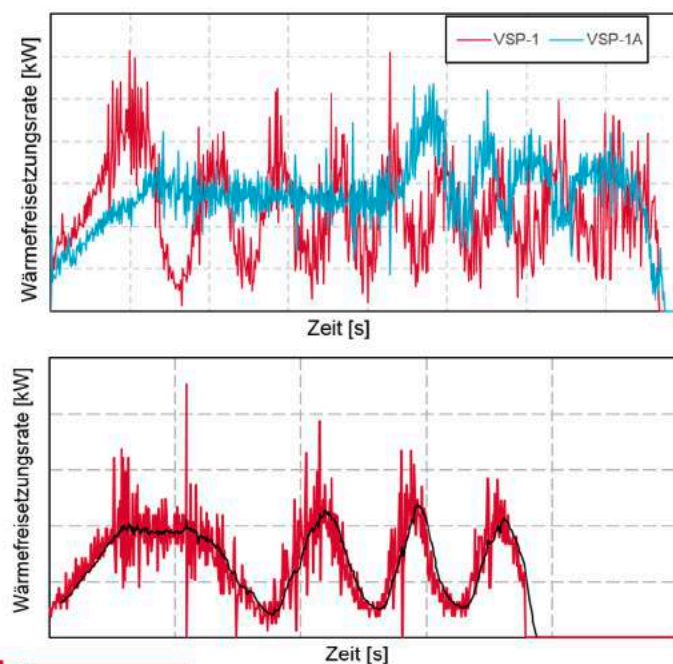
Ventilator Kennlinie im Brandsimulationsmodell (hier am Beispiel VSP 3)



Festlegung von Druckzonen



Wärmefreisetzungsraten aus den Brandversuchen



VSP 1, Poolbrand
(Heptan, 0,4 m²)

VSP 1:
1440/960 m³/h in L3
VSP 1-A:
2000 m³ in L3

VSP 3, Poolbrand
(Heptan, 0,4 m²)

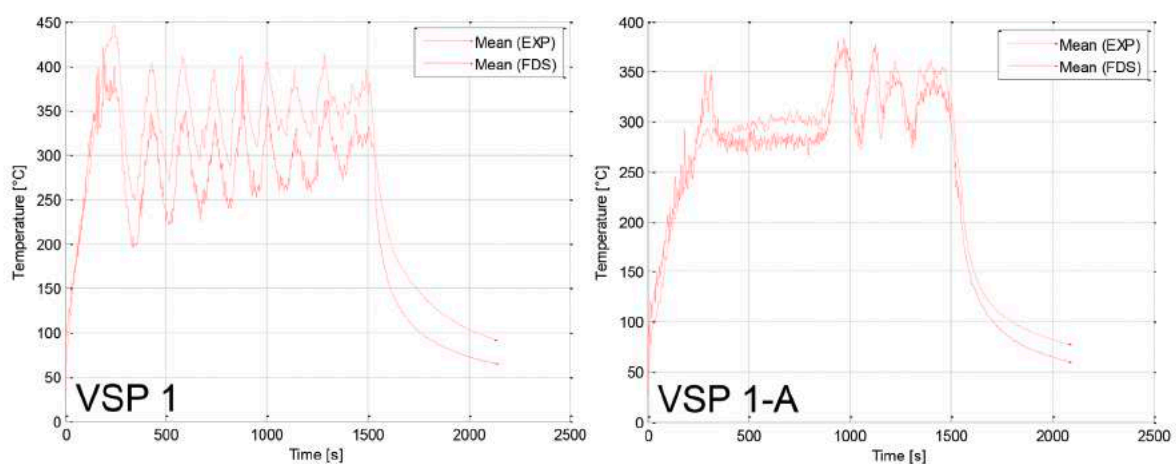
Be- und Entlüftung
960 m³/h in L3
1360 m³/h in L4

Berechnungsergebnisse und Vergleich mit den Versuchsdaten



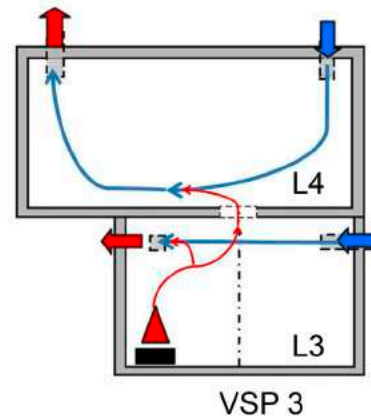
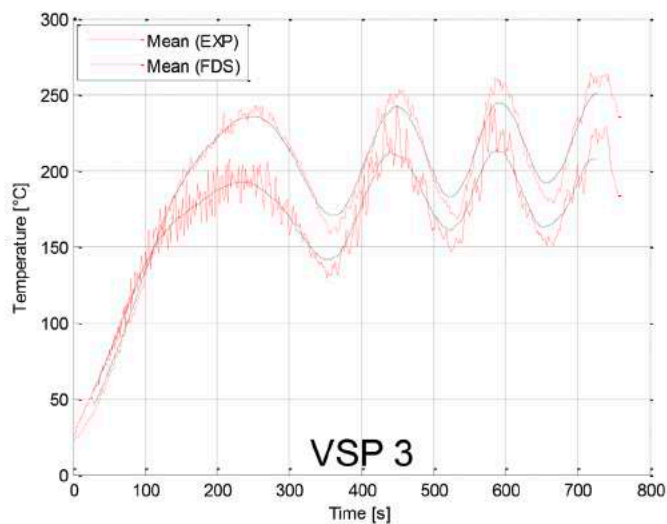
Berechnete und gemessene Temperaturzeitverläufe

Mittel über alle Temperaturmessfühler

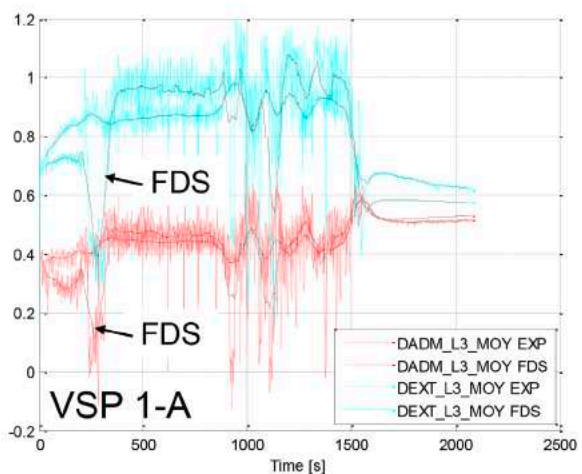
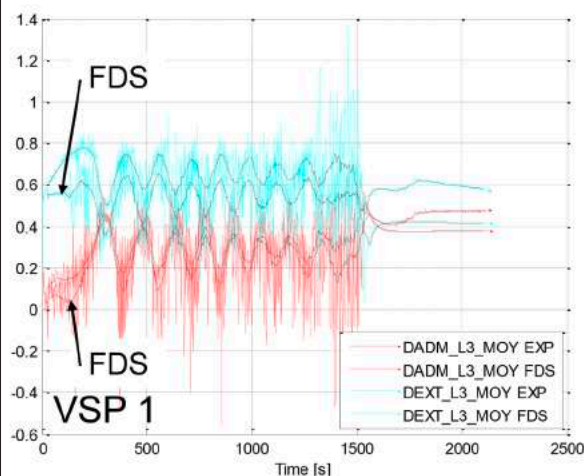


Berechnete und gemessene Temperaturzeitverläufe

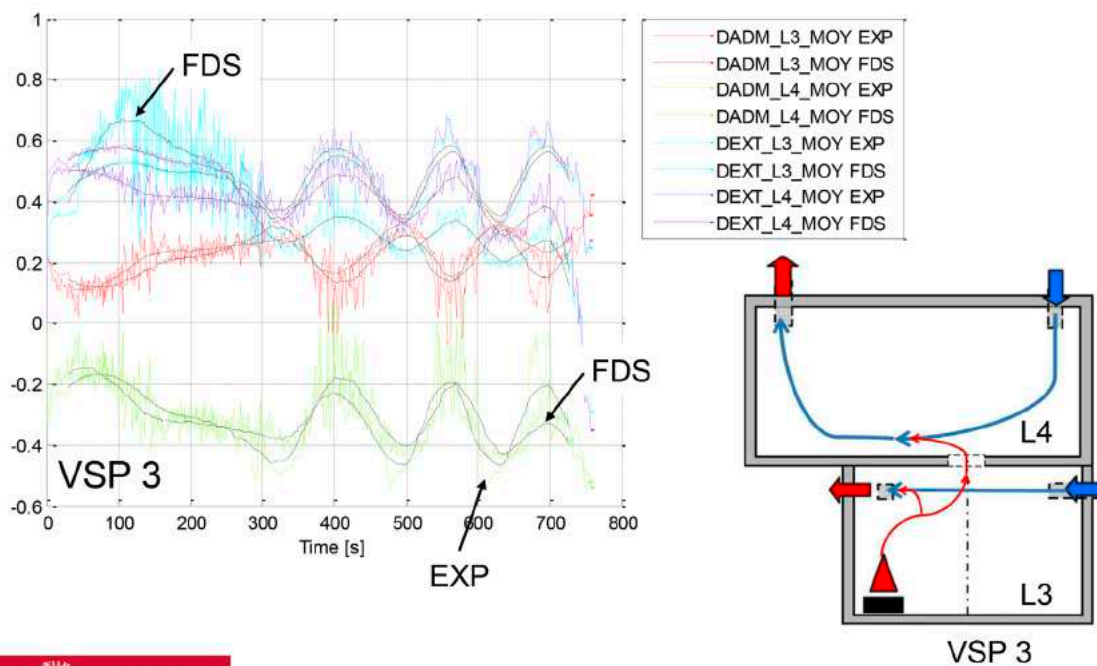
Mittel über alle Temperaturmessfühler



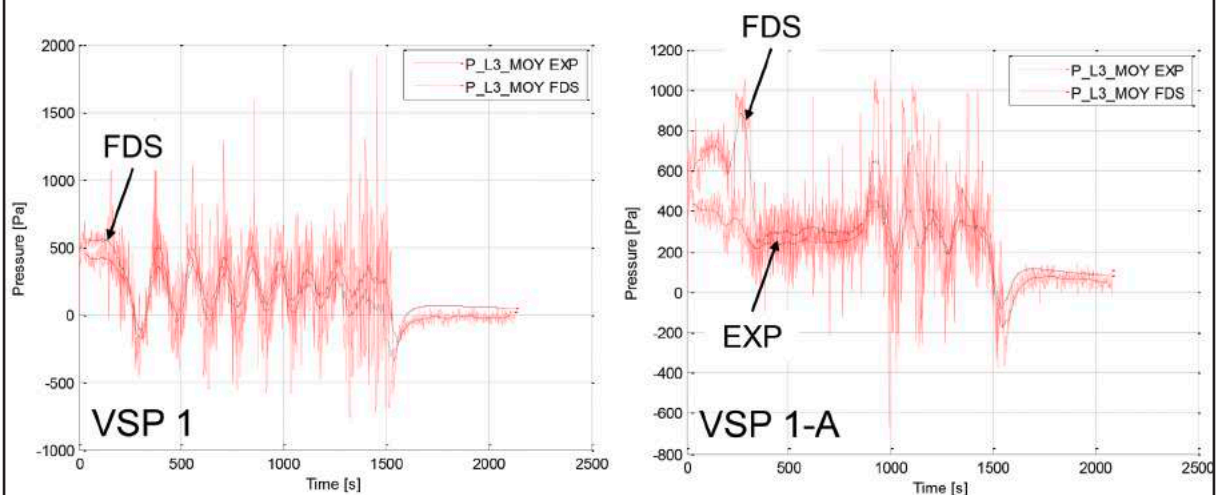
Berechnete und gemessene Volumenströme der Ein- und Auslässe



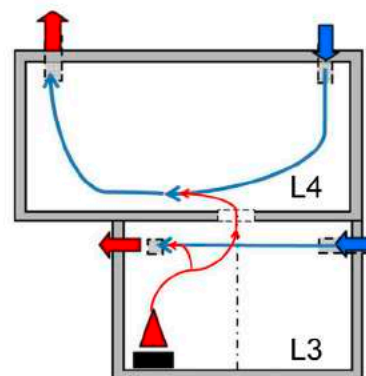
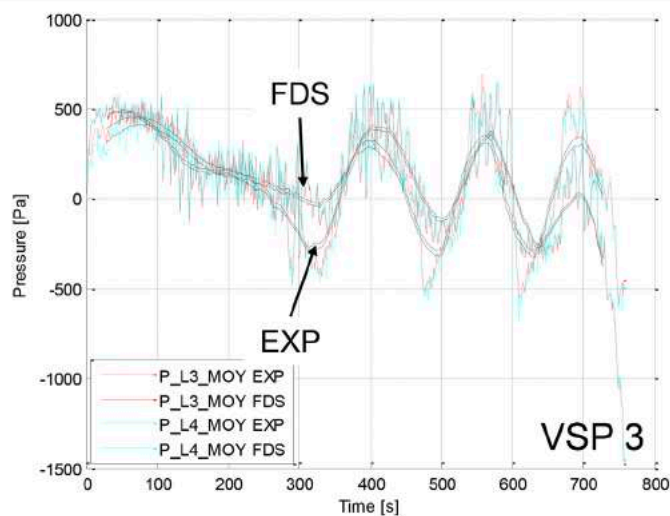
Berechnete und gemessene Volumenströme der Ein- und Auslässe



Berechnete und gemessene Druckentwicklung



Berechnete und gemessene Druckentwicklung

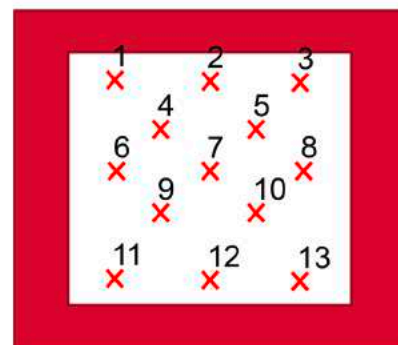
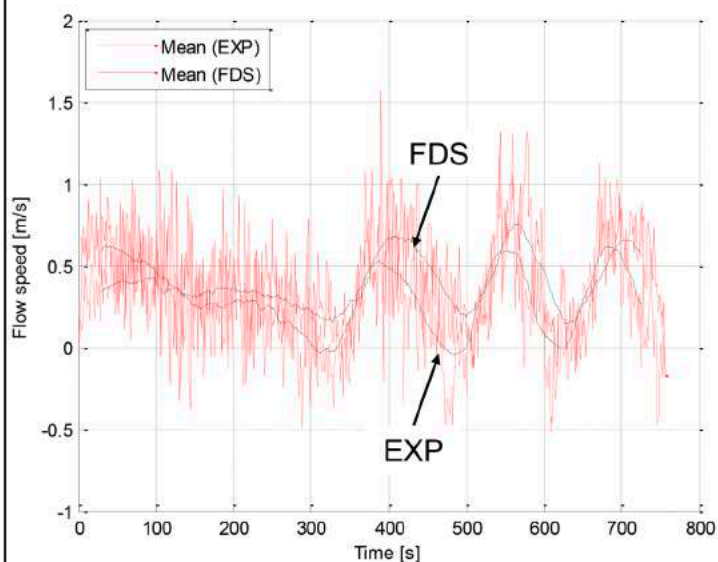


Technische
Universität
Braunschweig

9. FDS Usergroup Meeting | Matthias Siemon | Folie 23

iBMB **MPA**
TU BRAUNSCHWEIG

Berechnete und gemessene Strömungsgeschwindigkeiten am Beispiel VSP 3 in vertikaler Öffnung Decke L3 – L4



Lage der Geschwindigkeits-
messfühler (BiDis) in
Deckenöffnung L3 – L4 (1 m²
quadratische Fläche)



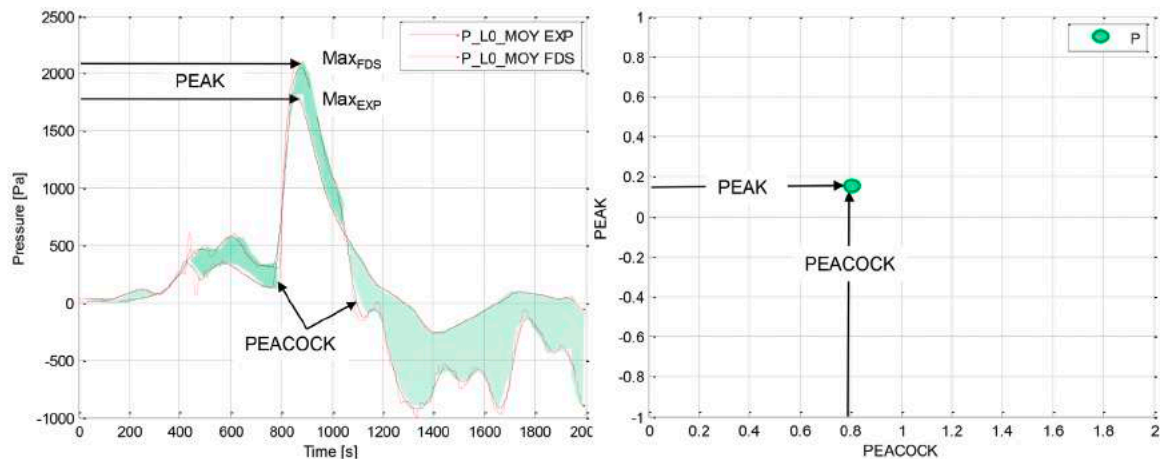
Technische
Universität
Braunschweig

9. FDS Usergroup Meeting | Matthias Siemon | Folie 24

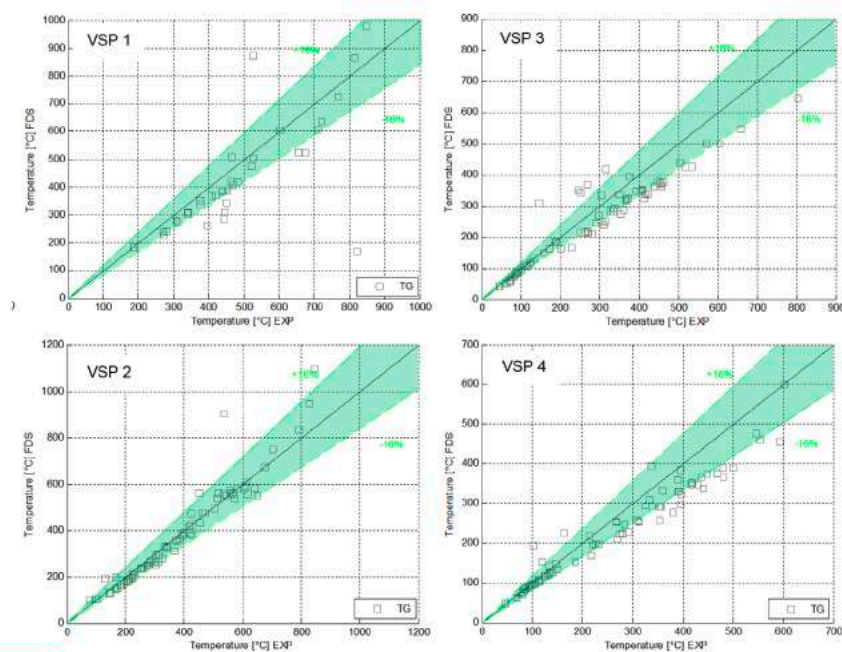
iBMB **MPA**
TU BRAUNSCHWEIG

Allgemeine Bewertungssystematik

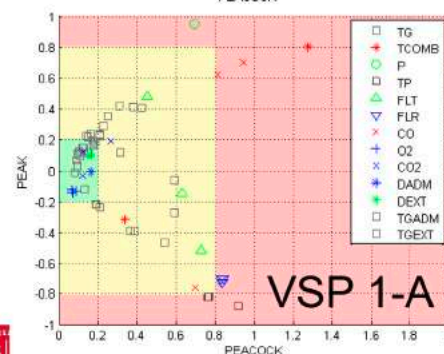
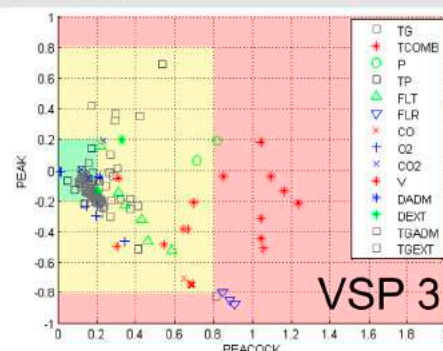
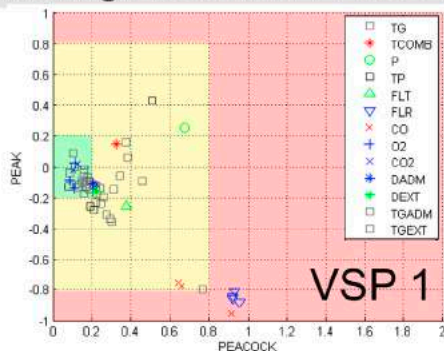
Beispiel: Druckentwicklung in der DIVA facility



Gastemperaturen im PEAK-PEAK-Plot für alle Versuche



Kenngrößen im PEAK-PEACOCK-Plot



Anmerkungen:

- Strömungsgeschwindigkeiten (rote Sterne VSP 3) lassen sich nur eingeschränkt mit dieser Methode bewerten

Zusammenfassung und Ausblick

- Nachweis der Rauchfreihaltung und Rauchabzug
 - Volumenströme und Strömungsgeschwindigkeiten gut abbildbar, wenn Ventilation und Randbedingungen adäquat abgebildet werden
 - Rauchgasbestandteile
 - Genaue (am besten experimentelle) Angaben für die spezifische Brandlast nötig
 - Bauteilnachweise auf Grundlage der Gastemperaturen
 - Bedingung ist genaue oder auf sicherer Seite liegender Ansatz der Wärmefreisetzungsrate + Wärmeübergangsbedingungen
- Ingenieurverstand bei Definition des Bemessungsbrandes im Auslegungsfall gefragt!



Gregor Jäger und Boris Stock:

Reproduzierbarkeit von Brandversuchen in Räumen durch Brandsimulationen

Abstract:

Die Anzahl der Brandschutzkonzepte, bei denen der Nachweis der bauordnungsrechtlichen Anforderungen mit Ingenieurmethoden des Brandschutzes geführt wird, nimmt stetig zu. Die ersten Methoden beruhten zumeist auf experimentellen Daten und deren Anwendung war bzw. ist nur in den durch die Experimente abgedeckten Bereichen möglich. Heute versteht man unter Ingenieurmethoden des Brandschutzes meist den Einsatz von Brandsimulationsmodellen. Eine Qualitätskontrolle der verwendeten Programme ist nach vfdb-Leitfaden [1] aufgrund der Bedeutung der zur Anwendung kommenden Nachweisverfahren unumgänglich und sollte die Schritte Modellqualifizierung, -verifizierung und -validierung beinhalten.

Auf dem Gelände der Brandprüfstelle der Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen (MFPA) Leipzig mbH in Laue wurden durch die MFPA Leipzig GmbH, die Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig und dem Landeskriminalamt Sachsen in den Jahren 1996 bis 2012 insgesamt ca. 400 Brandversuche im Originalmaßstab durchgeführt und durch die Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig ausgewertet. In einer bisher achteiligen Artikelserie [3-11] wurden die wesentlichen Ergebnisse veröffentlicht. Der Verein zur Förderung von Ingenieurmethoden im Brandschutz e. V. erwarb die Versuchsbeschreibungen und -auswertungen von zehn durchgeführten Brandversuchen für die Nutzung im Rahmen behördlicher oder privater Prüfverfahren sowie unternehmensinternen Zwecken.

In diesem Vortrag soll die Validierung des Programms Fire Dynamics Simulator (FDS) durch Vergleich mit den Auswertungen von Brandversuchen in Räumen gezeigt, die Anwendbarkeit auf unterschiedliche Problemstellungen überprüft und mögliche Fehlerbandbreiten und Schwachstellen unter Berücksichtigung des in [2] vorgestellten Konzeptes erfasst werden. Zu Beginn wird der Brandversuch BV99-01 - Brand eines Wohnraumes anhand des vorliegenden Versuchsberichtes und der Experimentaldaten vorgestellt. Der zweite Teil des Vortrages umfasst die Modellierung des Prüfstandes und des Brandszenarios, den Vergleich der Ergebnisse aus Simulation und Experiment sowie eine abschließende Bewertung.

Literatur

[1] HOSSER, Dietmar: Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes / Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. 2013. - Forschungsbericht

[2] MÜNCH, Matthias: Konzept zur Absicherung von CFD-Simulationen im Brandschutz und in der Gefahrenabwehr. Berlin : Verl. INURI, 2013 (Forschung im Brandschutz und in der Gefahrenabwehr). <http://www.gbv.de/dms/tib-ub-hannover/756402050.pdf>. - ISBN 978-3-944809-00-7

[3] WILK, Erhardt ; KOTTHOFF, Ingolf: Der Brand in Räumen - Teil 1. In: vfdb - Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz 61 (2012), Nr. 4, S. 172-187. - ISSN 1868-6540



FDS Usergroup Anwendertreffen 2015

Reproduzierbarkeit von Brandversuchen in Räumen durch Brandsimulationen

Gregor Jäger Boris Stock

Motivation



- ▶ Artikelserie „Brände in Räumen“ in vfdb-Zeitung [5–13]
- ▶ Anwendung des Konzeptes nach Münch [2]
- ▶ Untersuchungen zu Modellierungsvarianten und Anfangs- und Randbedingungen
- ▶ Validierung am Beispiel des Brandversuches BV00-16 [4]
Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig

Klassifizierung [2]



1. Analytische Tests
2. Numerische Tests
3. Semi-experimentelle Tests
4. Experimentelle Tests
 - ▶ Tests zur Programmprüfung
 - ▶ Anwendungstests

Ungenauigkeiten [2]



- ▶ Einfluss von Glättungsverfahren
- ▶ Unsicherheiten
 - ▶ Experimentelle Unsicherheiten
 - ▶ Messfehler
 - ▶ fehlerbehaftete oder ungenaue Angaben über die vorliegenden Anfangs- und Randbedingungen
 - ▶ Modellunsicherheiten
- ▶ Quantitative Analyseverfahren
 - ▶ Maß für die Abweichung von zwei Kurven
 - ▶ Maß für die Abweichung des Kurvenverlaufes
 - ▶ Maß für den besten Fit der Kurven

Brandversuch BV00-16 [4]

- ▶ Prüfstand C, MFPA Leipzig, Außenstelle Laue
- ▶ Holzkrippe
 - ▶ Fichtenholz
 - ▶ Stab: 50 cm x 4 cm x 4 cm
 - ▶ L/B/H: 1.0 m/1.0 m/1.08 m
 - ▶ Dichte: 360 kg/m³
 - ▶ Heizwert: 17.300 kJ/kg
- ▶ Zündstelle: unter der Krippe
- ▶ Zündinitial: Isopropanol



Abbildung: Brandquelle [4]

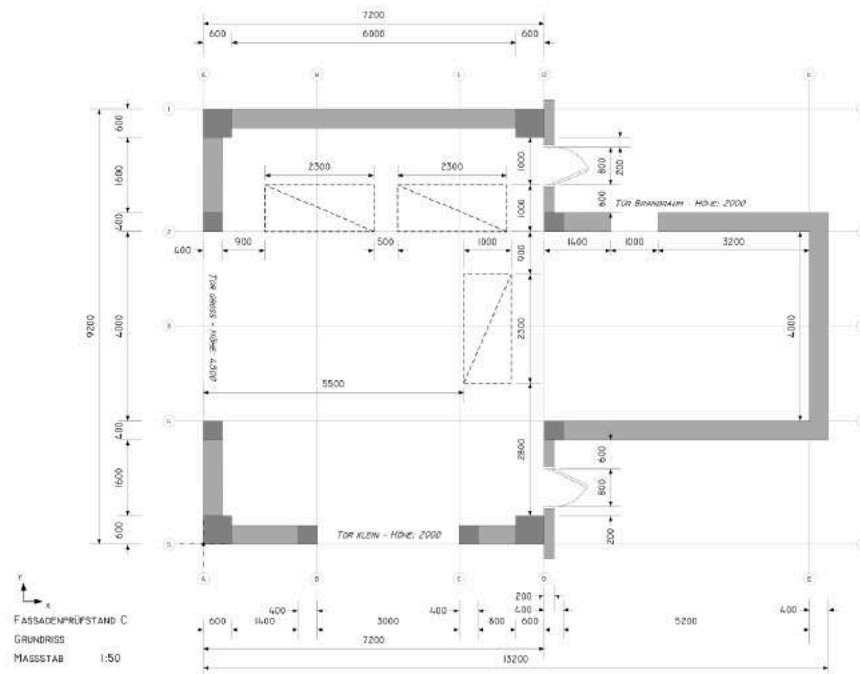
Brandversuch BV00-16 [4]

- ▶ Abbrandwaage
- ▶ Messgestell
 - ▶ B/T/H: 2.0 m/1.5 m/5.0 m
 - ▶ Unterkante: 2.7 m
 - ▶ Bezeichnung: Art-ME-MA-MT
Beispiel: TC-0-B-II
 - ▶ Ni-CrNi Thermoelement
- ▶ Abgasschlott
 - ▶ 6 Temperaturmessstellen
 - ▶ 6 Differenzdruckmessstellen
 - ▶ 6 Sonden zur Messung von Rauchgasanteilen
- ▶ Flammenhöhe
Flammenspitze: 500 °C

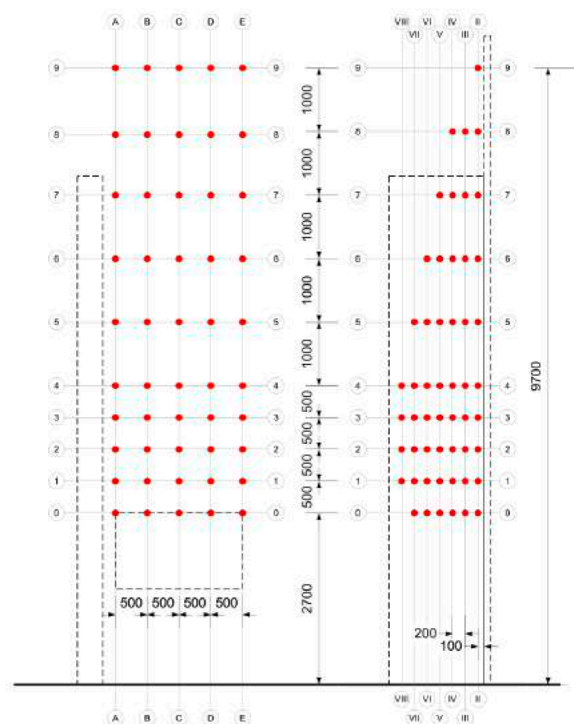


Abbildung: Messgestell [4]

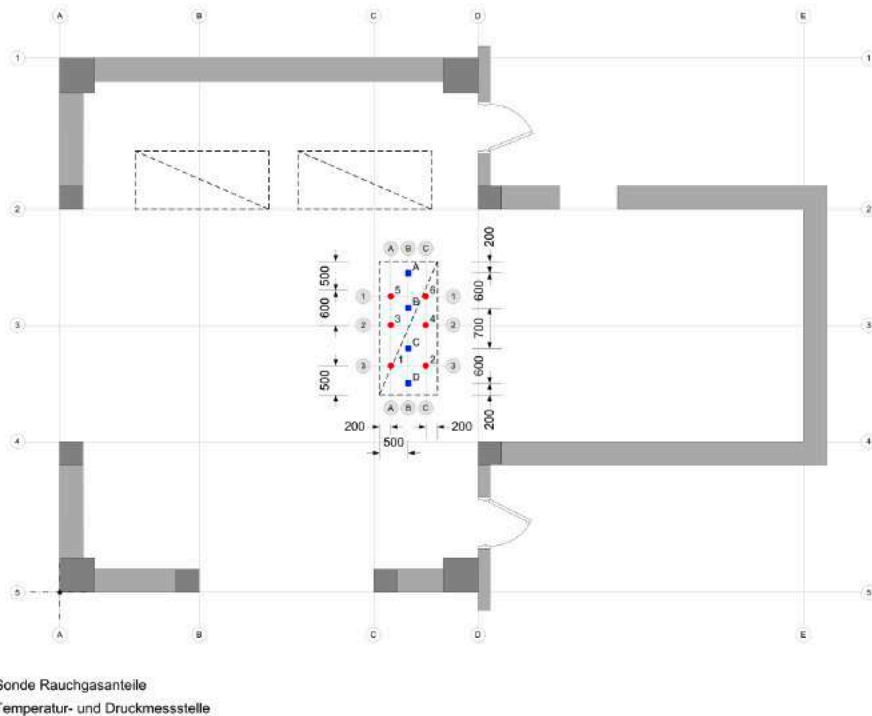
Prüfstand C



Messgestell



Abgasschlot



Dokumentation



Versuchsbericht zum Brandversuch BV00-16 [4] enthält Angaben zu:

- ▶ Temperaturentwicklung am Prüfkörper
- ▶ Temperaturen an der Fassade
- ▶ Temperaturen an der Basis des Messgestells
- ▶ Flammenwirkung
- ▶ Messungen im Abgasschlot
- ▶ Messungen zu Rauchgasen
- ▶ Bestimmung der Wärmefreisetzungsrate
- ▶ Temperatur-, Masse- und Wärmebilanz

Temperaturen über die Höhe an der Fassade - Ebene II

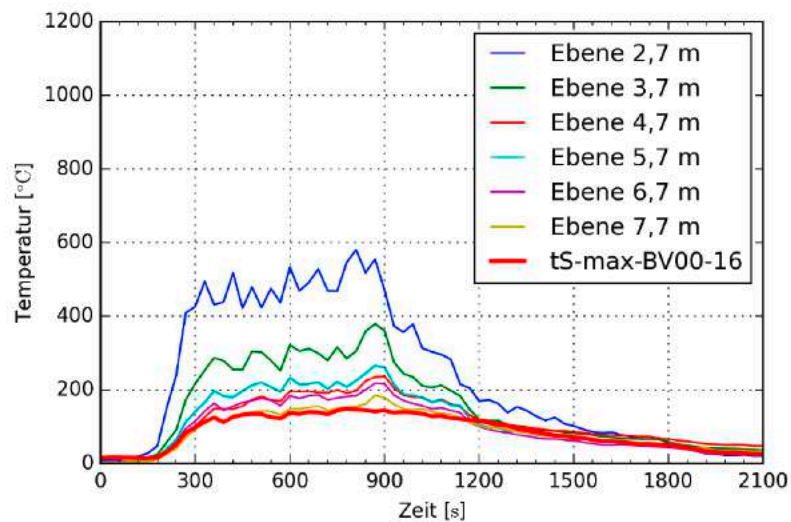


Abbildung: Temperaturen über die Höhe an der Fassade [4]

Temperaturen über die Höhe an der Fassade - Ebene II

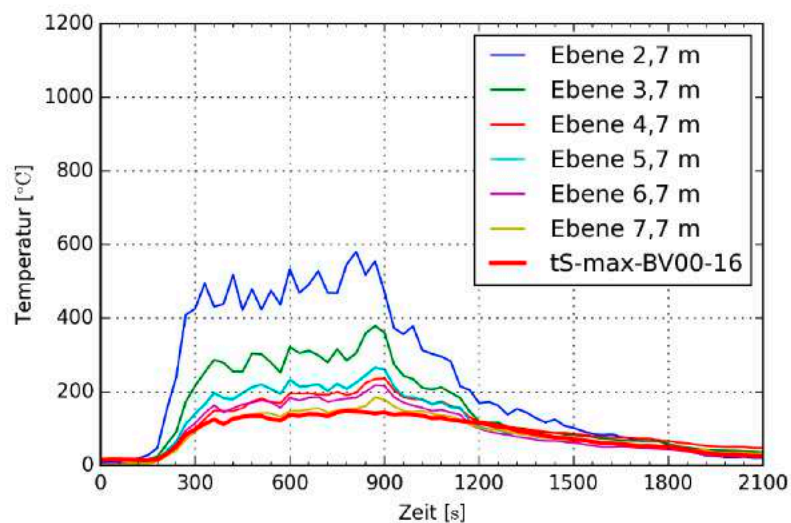


Abbildung: Temperaturen über die Höhe an der Fassade [4]

Temperaturen an der Basis des Messgestells

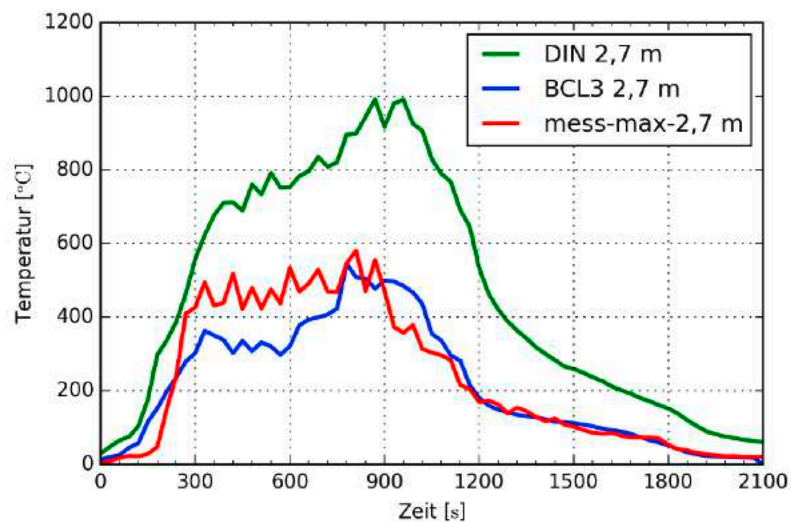


Abbildung: Temperaturen an der Basis des Messgestells [4]

Messungen im Abgasschlot

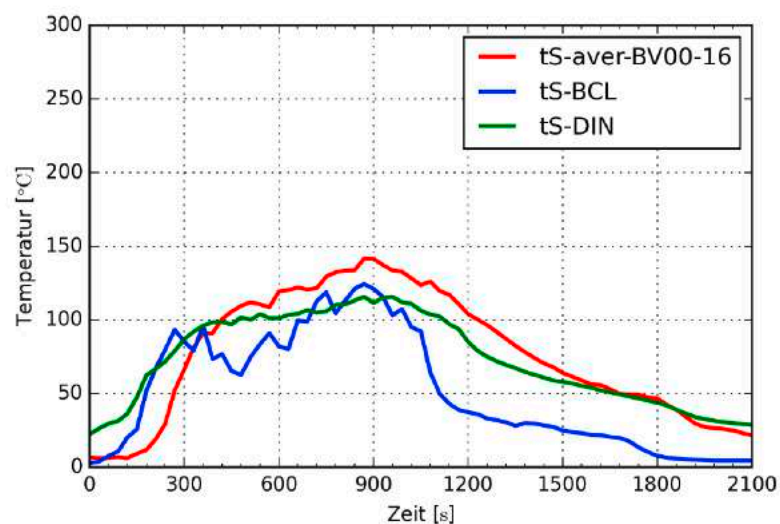


Abbildung: Temperaturen im Abgasschlot [4]

Messungen im Abgasschlot

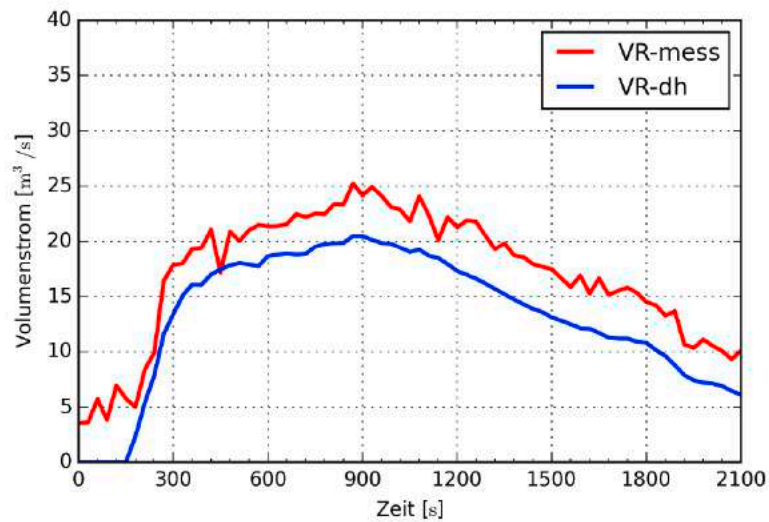


Abbildung: Volumenströme im Abgasschlot [4]

Messungen zu Rauchgasen

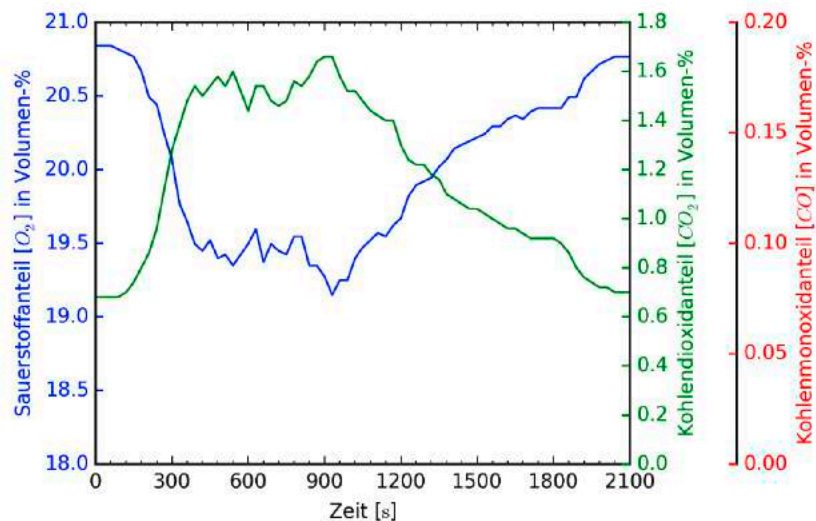


Abbildung: Gasmessung im Abgasschlot [4]

Brandverlaufskurve

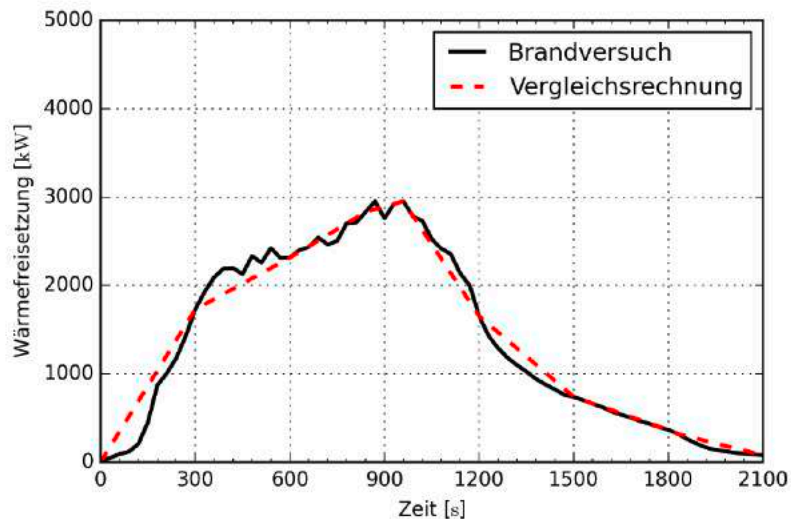


Abbildung: Brandverlaufskurve [4]

Simulation



Untersuchungsziel:

- Validierung

Untersuchungsplan:

- Wärmefreisetzung über ebene Fläche (HHRPUA)
- Wärmefreisetzung über Flächen eines Körpers (HHRPUA)
- Wärmefreisetzung durch Brandausbreitung einer Holzkrippe

darüber hinaus geplant:

- Anordnung von Messpunkten (Temperatur und Thermoelement)
- Complex Stoichiometry – Multiple Chemical Reactions

Prüfstand C



Abbildung: Fassadenprüfstand C [3]

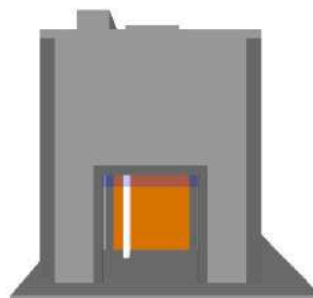


Abbildung: Modell

Simulationsgeometrie

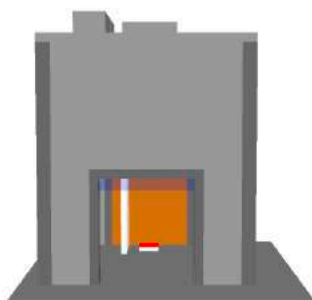


Abbildung: case_001

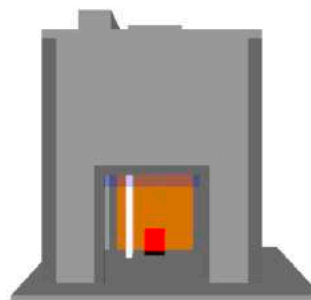


Abbildung: case_002

Temperaturen über die Höhe an der Fassade - Ebene II

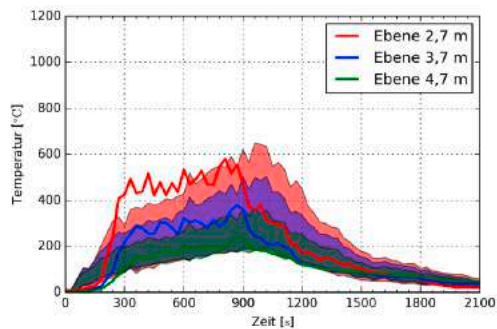


Abbildung: case_001

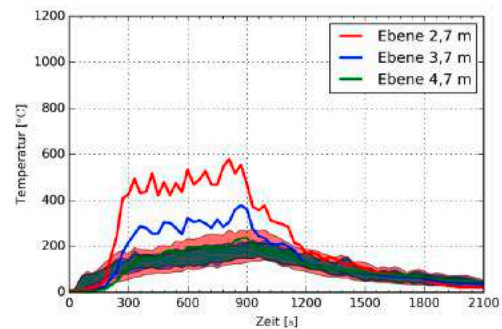


Abbildung: case_002

Temperaturen über die Höhe an der Fassade - Ebene II

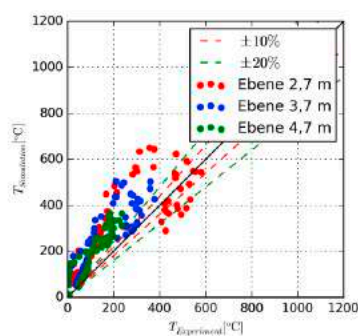


Abbildung: case_001

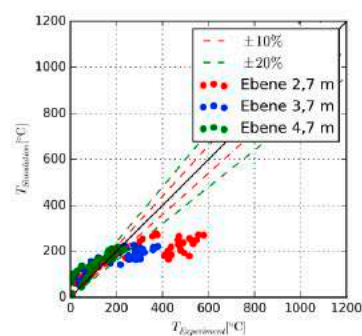


Abbildung: case_002

Temperaturen über die Höhe an der Fassade - Ebene II

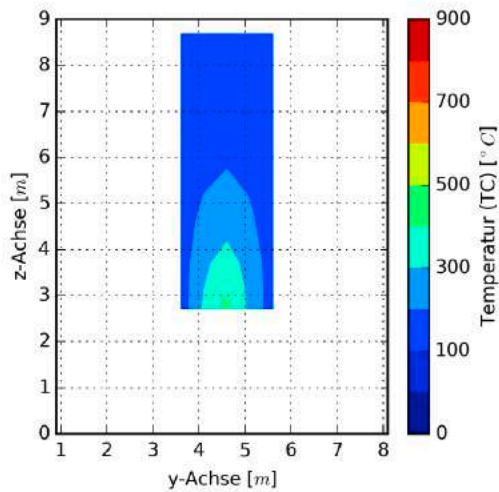


Abbildung: case_001

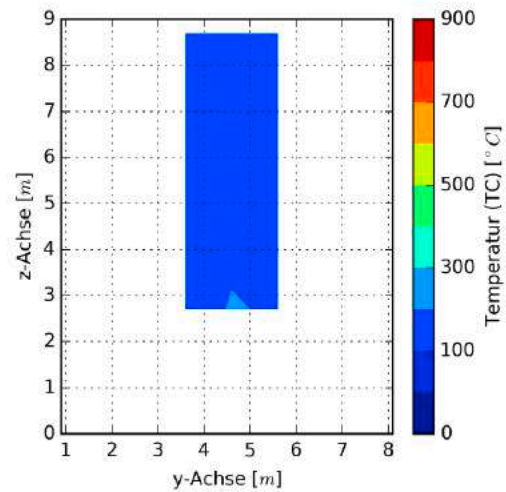


Abbildung: case_002

Temperaturen - Ebene 0

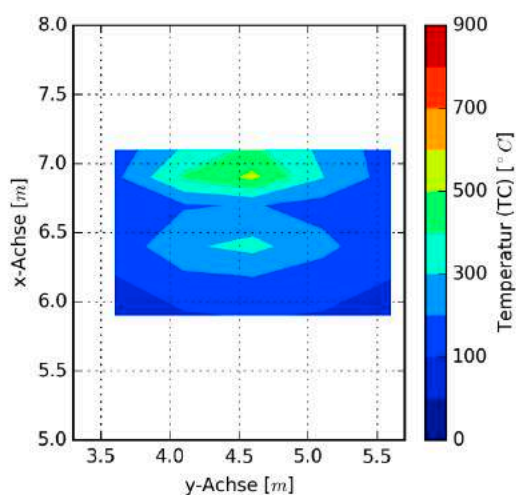


Abbildung: case_001

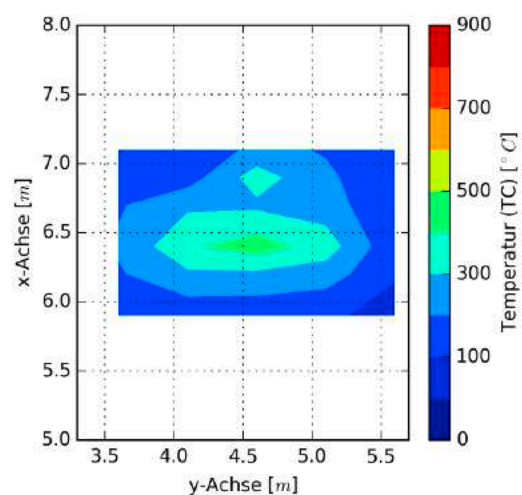


Abbildung: case_002

Temperaturen über die Höhe an der Fassade - Ebene II

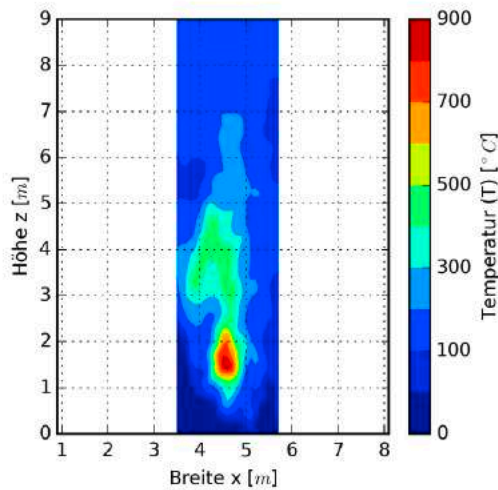


Abbildung: case_001 - TEMPERATURE

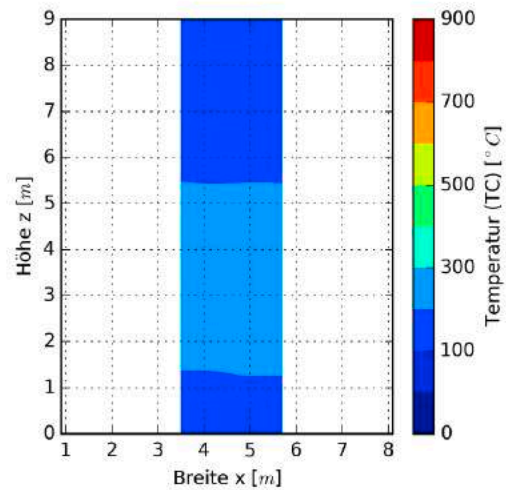


Abbildung: case_001 - THERMOCOUPLE

Temperaturen an der Basis des Messgestells

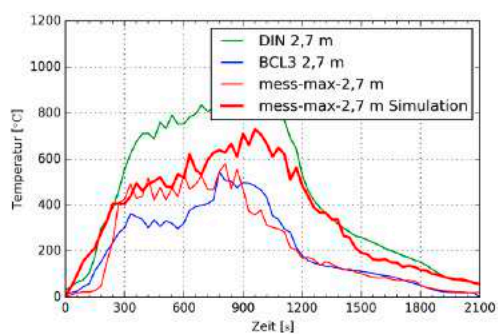


Abbildung: case_001

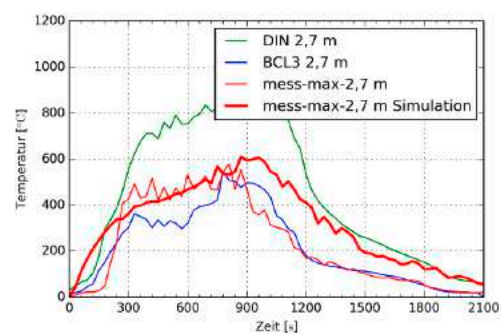


Abbildung: case_002

Messungen im Abgasschlot

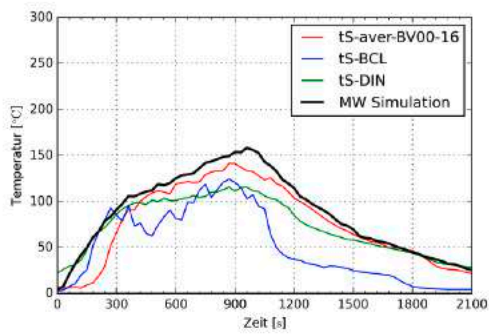


Abbildung: case_001

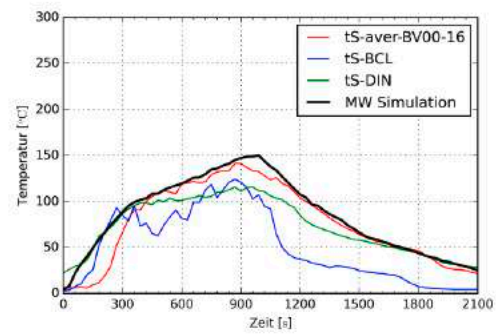


Abbildung: case_002

Messungen im Abgasschlot

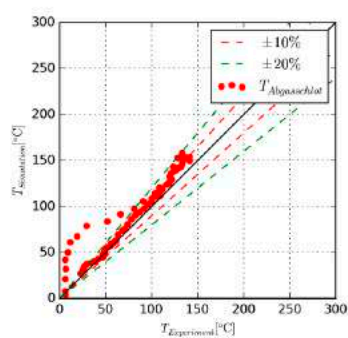


Abbildung: case_001

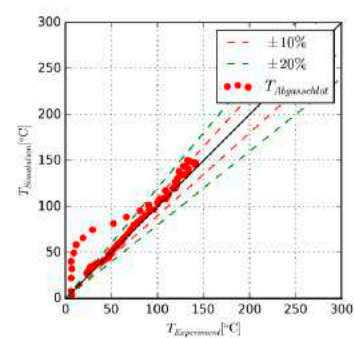


Abbildung: case_002

Messungen im Abgasschlot

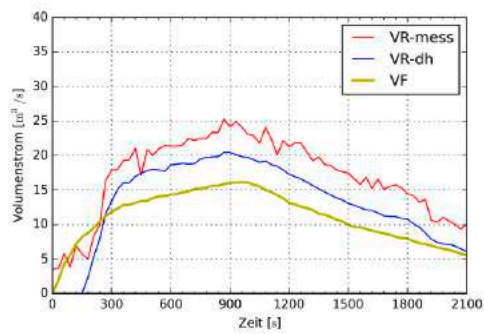


Abbildung: case_001

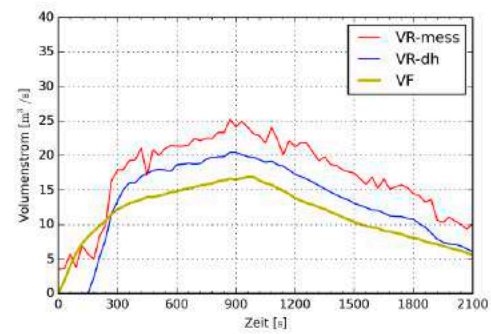


Abbildung: case_002

Messungen zu Rauchgasen

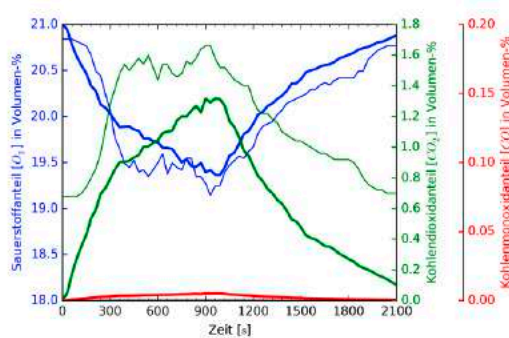


Abbildung: case_001

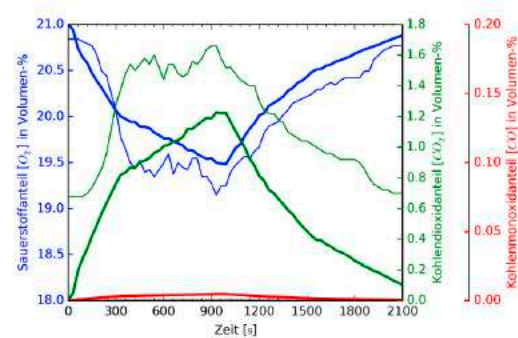


Abbildung: case_002

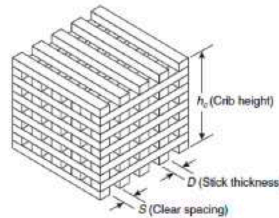
wood crib fire [1]

Abbildung: Fig. 26.37 [1]

$$\dot{m} = \frac{4}{D} \cdot m_0 \cdot v_p \cdot \left(\frac{m}{m_0} \right)^{1/2}$$

mit

$$m = m_0 - \sum_i^t \dot{m}_i(t_i) \Delta t$$

wood crib fire - Fortsetzung

Zur Berücksichtigung der Brandausbreitung in Abhängigkeit der Anzahl n der Holzstäbe pro Ebene

$$t_0 = 15,7 \cdot n$$

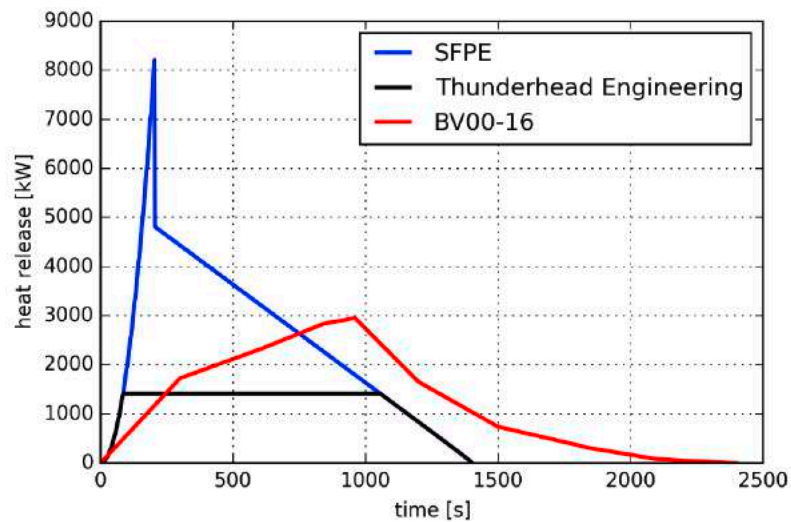
Für $t < t_0$ gilt dann:

$$\dot{m} = 0,0254 \cdot m_0 \cdot \frac{v_p \cdot t^2}{n^2 \cdot D}$$

Berechnung der Wärmefreisetzung:

$$\dot{Q} = H_u \cdot \dot{m}$$

wood crib fire - Fortsetzung

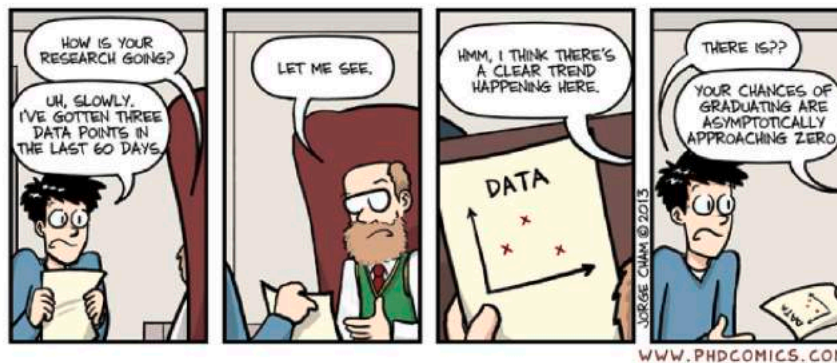


wood crib fire - Fortsetzung



Berechnung	Q	\dot{Q}_{\max}
SFPE	3460.01 MJ	9.2 MW
Thunderhead Engineering	1656.82 MJ	1.4 MW
BV00-16	2980.93 MJ	2.9 MW

Tabelle: Ergebnisse

(Zwischen-)Fazit**Literatur**

- [1] Vytenis Babrauskas. „Heat Release Rates“. In: *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering SE - 26*. Hrsg. von Morgan J Hurley u. a. Springer New York, 2016, S. 799–904.
- [2] Matthias Münch. *Konzept zur Absicherung von CFD-Simulationen im Brandschutz und in der Gefahrenabwehr*. Forschung im Brandschutz und in der Gefahrenabwehr. Berlin: Verl. INURI, 2013.
- [3] Erhardt Wilk. *Dokumentation zu Originalbrandversuchen*. Techn. Ber. Leipzig: Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig, 2015.
- [4] Erhardt Wilk. *Versuchsbericht zu dem Brandversuch BV00-16*. Techn. Ber. Leipzig: Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig, 2015.
- [5] Erhardt Wilk und Ingolf Kotthoff. „Der Brand in Räumen - Teil 1“. In: *vfdb - Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz* 61.4 (2012), S. 172–187.
- [6] Erhardt Wilk und Ingolf Kotthoff. „Der Brand in Räumen - Teil 2“. In: *vfdb - Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz* 62.1 (2013), S. 12–27.
- [7] Erhardt Wilk und Ingolf Kotthoff. „Der Brand in Räumen - Teil 3“. In: *vfdb - Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz* 62.3 (2013), S. 128–138.
- [8] Erhardt Wilk und Ingolf Kotthoff. „Der Brand in Räumen - Teil 5“. In: *vfdb - Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz* 63.2 (2014), S. 67–72.
- [9] Erhardt Wilk und Ingolf Kotthoff. „Der Brand in Räumen - Teil 6“. In: *vfdb - Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz* 63.2 (2014), S. 102–106.
- [10] Erhardt Wilk und Ingolf Kotthoff. „Der Brand in Räumen - Teil 6 (Berechnungen)“. In: *vfdb - Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz* 63.3 (2014), S. 128–129.
- [11] Erhardt Wilk, Ingolf Kotthoff und Kerstin Hegemann. „Der Brand in Räumen - Teil 8“. In: *vfdb - Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz* 64.2 (2015), S. 59–70.
- [12] Erhardt Wilk, Ingolf Kotthoff und Thomas Redmer. „Der Brand in Räumen - Teil 4“. In: *vfdb - Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz* 63.1 (2014), S. 15–31.
- [13] Erhardt Wilk, Ingolf Kotthoff und Markus Scheide. „Der Brand in Räumen - Teil 7“. In: *vfdb - Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz* 63.3 (2014), S. 130–147.

Andreas Meunders, Leonie Rommeswinkel, Anna Tscherniewski:

Small scale validation experiments applying particle image velocimetry

Abstract:

Since the early days of fire simulation, experiments for model validation are an integral part of the development process. Oftentimes the used experimental setups are complex and involve numerous physical phenomena. This allows for a model evaluation under realistic conditions, however, it makes it difficult to localise errors and assign deviations to specific submodels.

That is why we present two simplified experimental setups, which neglect complex phenomena such as pyrolysis and combustion and focus on buoyancy-driven flows only. For both setups particle image velocimetry is applied for measuring gas velocities. This laser-based method is non-invasive, highly accurate and yields instantaneous velocity vector fields for a whole plane. An electrically heated block of copper with a defined emissivity and a defined heat output is used as heat source. In the first setup the open plume that develops above the heat source is investigated. In the second setup the same heat source is positioned inside a room with a single opening. Here, the focus lies on the spill plume developing in front of the opening.

For both setups FDS simulations with different heat outputs are carried out. Crucial output values are velocity profiles, maximum velocities, and volume flows. The simulation results are compared with experimental measurements afterwards.

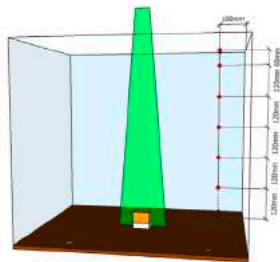
Small scale validation experiments applying particle image velocimetry

November 12, 2015 | Andreas Meunders
Leonie Rommeswinkel
Anna Tscherniewski

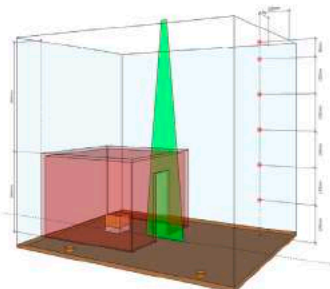
Forschungszentrum Jülich
Institute for Advanced Simulation
Jülich Supercomputing Centre
Division "Civil Security and Traffic"

Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Contents

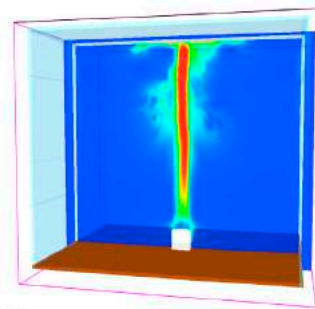


1. Open plume experiments



2. Spill plume experiments

3. Simulations with FDS



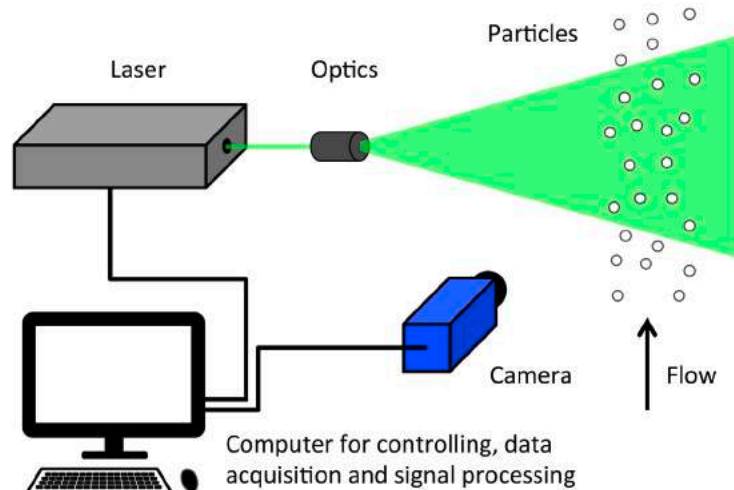
November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

2

Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

What is particle image velocimetry?



Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Source: Own creation, based on Bryant, Particle Image Velocimetry Measurements of Buoyancy Induced Flow Through a Doorway

November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

3

What is particle image velocimetry?

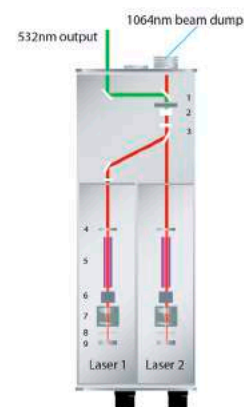
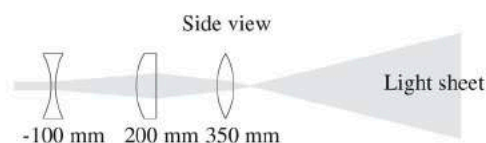


Tracer particles

- Good characteristics in terms of light scattering and ability to follow the flow (no disturbance of the flow + slow sink rate)
- Here: DEHS particle with ≈ 200 nm diameter
- Certain particle concentration required

Laser

- 532 nm, visible as green light
- Required as a light sheet
- Here: Up to 10 Hz



Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Sources: M. Raffel, ed., Particle image velocimetry: a practical guide, Heidelberg: New York: Springer, 2nd ed., 2007; M. Breuer, "Verfließungspraktikum Strömungsmechanik", Particle Image Velocimetry, Helmut Schmidt Universität, Hamburg, 2014

November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

4

What is particle image velocimetry?



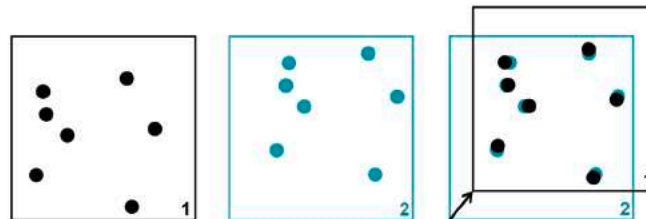
CCD Cameras

- Capture two subsequent frames
- $dt_{\text{optimal}}(v)$, here $\approx 0.5 - 1.3$ ms



Cross correlation

- Determination of velocity vectors based on the two images
- Optimal dt : $ds \approx 5$ pixel, sub pixel accuracy can be obtained
- Size of interrogation window is variable

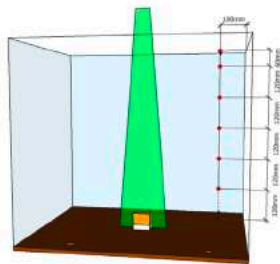


November 12, 2015

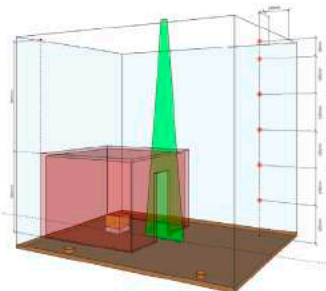
Small scale validation experiments applying PIV

5

Contents

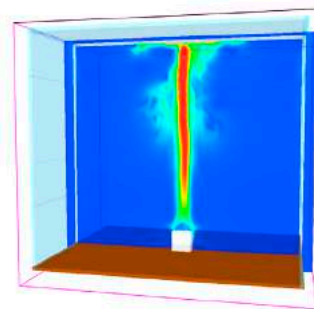


1. Open plume experiments



2. Spill plume experiments

3. Simulations with FDS

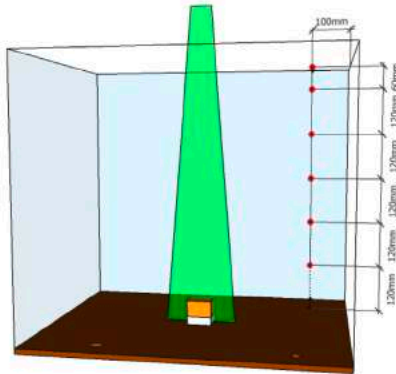


November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

6

Experimental setup



- Constant voltage is applied to a heating wire embedded in a copper block
- Surface temperatures from 150 to 310 °C
- PIV measurements in different heights above the heat source
- Temperature measurements at five positions inside and two positions outside of the enclosure

Objectives

- Investigate temperature stratification and flow velocities above heat source for validation of CFD models
- Determine the relation of heat release, surface temperature and radiative fraction of the heat source

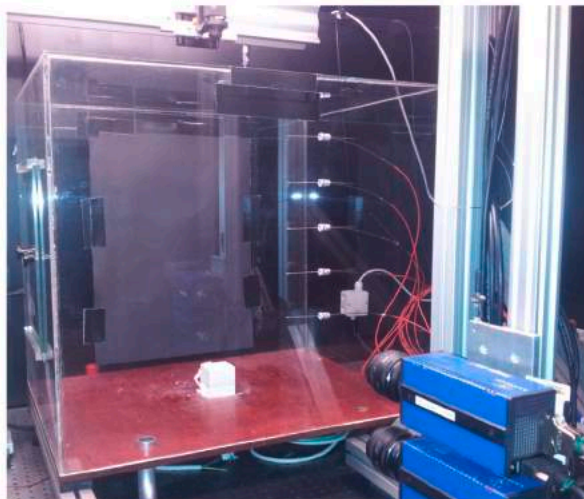
November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

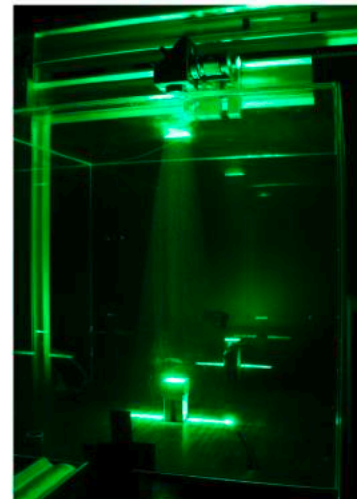
7

Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Experimental setup



Experimental setup with heat source, light sheet optics, traversing cameras with displacement sensor, and Pt100 temperature devices



Picture of laser light sheet during preliminary experiments

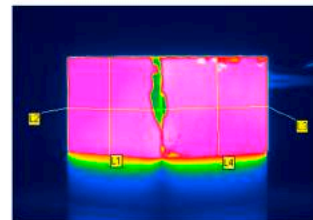
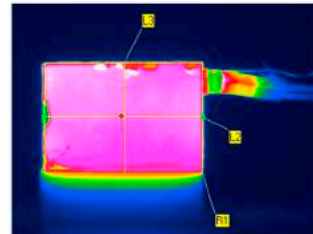
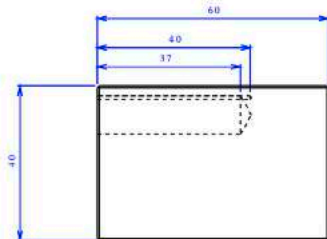
November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

8

Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Heat release

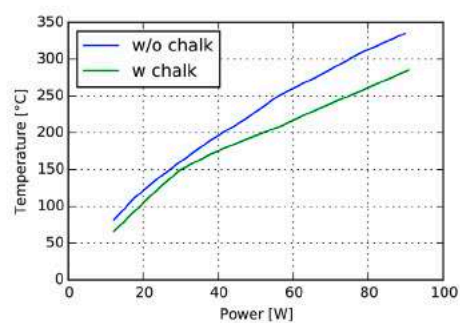


Heat release

Voltage (V)	Amperage (A)	Power (W)	Temperature (°C)
51,32	0,238	12,21	82
61,45	0,285	17,51	111
71,10	0,329	23,39	136
80,40	0,373	29,99	161
90,65	0,419	37,98	190
101,00	0,466	47,07	218
110,60	0,509	56,30	251
121,00	0,554	67,03	278
130,50	0,596	77,78	308
140,50	0,639	89,78	335

Power measurements for heat source **without** chalk

Voltage (V)	Amperage (A)	Power (W)	Temperature (°C)
51,15	0,238	12,17	66
60,90	0,282	17,17	91
70,93	0,329	23,34	121
80,20	0,370	29,67	149
90,60	0,419	37,96	171
100,80	0,465	46,87	190
110,50	0,508	56,13	208
119,80	0,551	66,01	231
130,89	0,600	78,53	258
140,85	0,644	90,71	285

Power measurements for heat source **with** chalk

Experimental setup



LASER RADIATION
AVOID EYE OR SKIN EXPOSURE TO
DIRECT OR SCATTERED RADIATION
CLASS 4 LASER PRODUCT

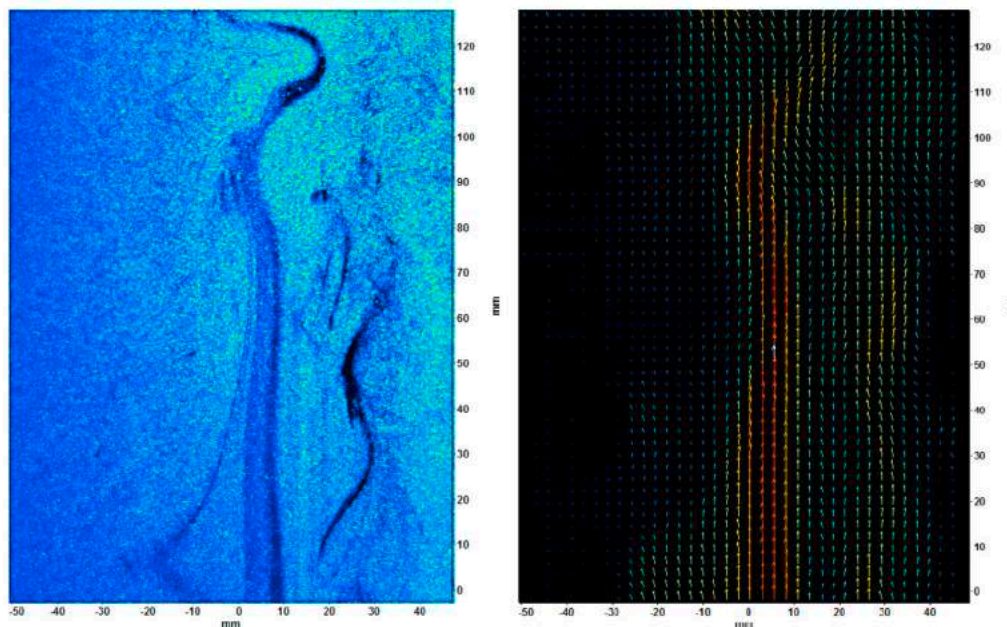
Laser safety box required to protect bystanders

November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

11

Results & lessons learnt



November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

12

Results & lessons learnt



Improved experimental setup

- Shielding the enclosure to surrounding air flows
- Controlling the voltage rather than controlling the temperature
- Installation of an insulating base for the heat source
- Coating the heat source with chalk spray to obtain a defined and constant emissivity

Advantages of PIV come at a price

- Expensive, fragile and sensitive equipment
- Days and weeks of setting up, adjusting laser, optics and cameras, troubleshooting, image calibration, measuring and post-processing

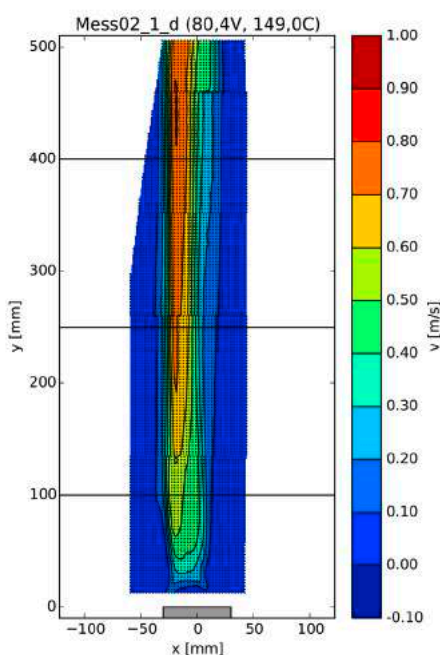
Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

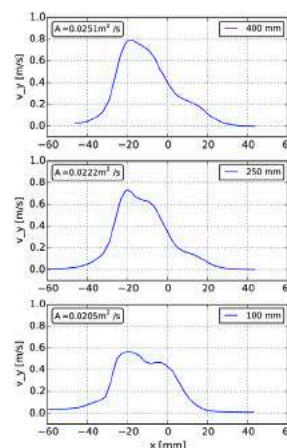
13

Results & lessons learnt



Postprocessing

- Averaging over 100 to 180 frames
- Merging and shifting of vector fields
- Mapping of the data to an uniform grid



Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

14

Overview over experiments



Date	Time	Current	Voltage	HS temp.	Meas. time	Frequency	T1	T2	T3 ... T7
		A	V	°C	s	Hz	°C	°C	°C
24.6.15	14:34	0,371	80,4	148,5	10	10	25,9	26,1	...
24.6.15	14:40	0,371	80,4	148,5	10	10	26,0	26,1	...
24.6.15	16:02	0,371	80,4	149,0	117	1	26,2	26,3	...
24.6.15	16:14	0,371	80,4	149,0	117	1	26,4	26,5	...
25.6.15	10:06	0,505	110,1	214,0	10	10	25,9	26,2	...
25.6.15	10:11	0,505	110,1	214,0	10	10	26,1	26,4	...
25.6.15	10:23	0,504	110,0	217,0	180	1	26,7	26,9	...
25.6.15	10:41	0,504	110,0	217,0	180	1	27,1	27,4	...
25.6.15	12:35	0,598	130,9	271,0	10	10	30,0	30,5	...
25.6.15	12:41	0,598	130,9	271,0	10	10	30,2	30,6	...
25.6.15	12:54	0,598	130,8	271,0	180	1	30,5	31,0	...
25.6.15	13:07	0,598	130,8	271,0	180	1	30,7	31,2	...
25.6.15	14:06	0,661	145,2	304,0	10	10	32,1	32,7	...
25.6.15	14:12	0,661	145,2	304,0	10	10	32,2	32,8	...
25.6.15	14:20	0,662	145,5	306,5	180	1	32,7	33,2	...
25.6.15	14:51	0,662	145,5	306,5	180	1	33,0	33,6	...
26.6.15	13:51	0,373	80,8	150,0	10	10	27,2	27,3	...
26.6.15	13:56	0,373	80,8	150,0	10	10	27,2	27,3	...
26.6.15	14:50	0,505	110,3	218,0	10	10	29,0	29,2	...
26.6.15	14:56	0,505	110,3	218,0	10	10	29,1	29,4	...
26.6.15	15:31	0,595	130,5	270,0	10	10	30,6	31,1	...
26.6.15	15:36	0,595	130,5	270,0	10	10	30,8	31,2	...
26.6.15	16:10	0,659	145,1	305,0	10	10	32,1	32,6	...
26.6.15	16:15	0,659	145,1	305,0	10	10	32,2	32,8	...

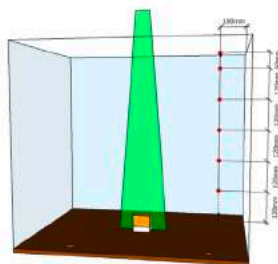
Overview over open plume experiments. Every line represents a scanning procedure of the entire plume.

November 12, 2015

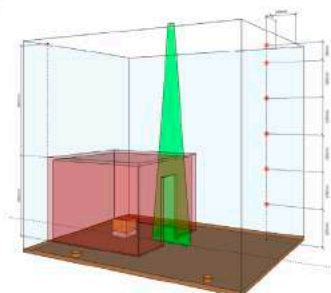
Small scale validation experiments applying PIV

15

Contents

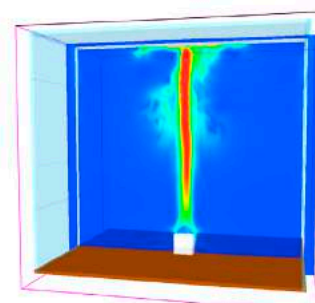


1. Open plume experiments



2. Spill plume experiments

3. Simulations with FDS



November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

16

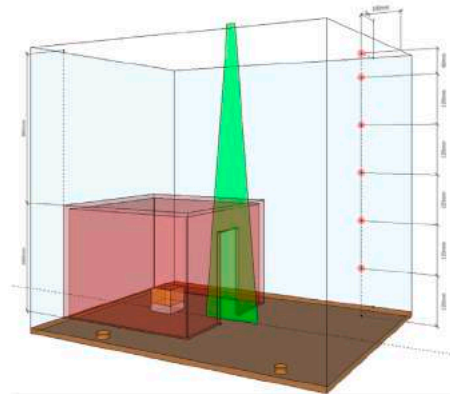
Spill plume experiments



One-room setup with single opening,
similar to Steckler compartment

Measurements

- Laser sheet in the opening parallel to the outflow. Whole box is moved to scan half of the opening.
- 3D PIV measurements perpendicular to the opening yet too complicated
- Additional temperature devices in the corner of the room



Variable

- Heat source position and height
- Heat source power
- Door width and wall strength

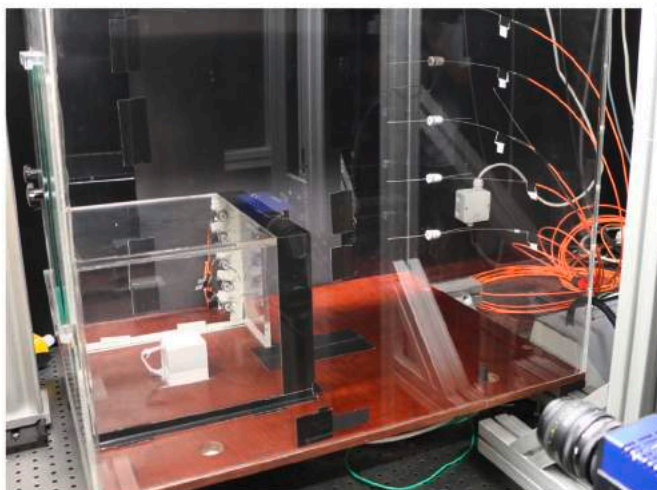
Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

November 12, 2015

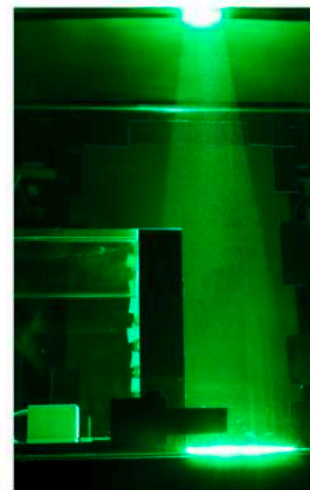
Small scale validation experiments applying PIV

17

Spill plume experiments



Experimental setup for spill plume experiments. Additional temperature devices are placed inside the room.



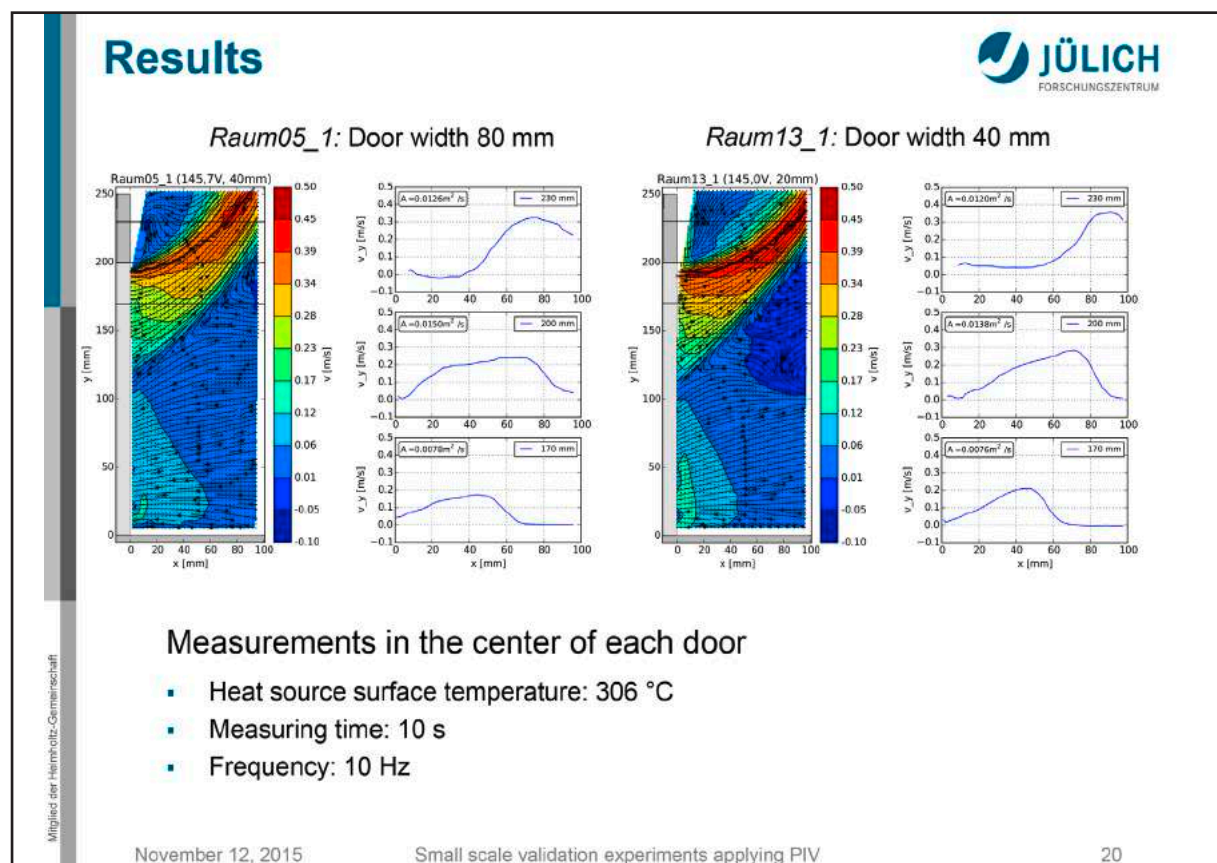
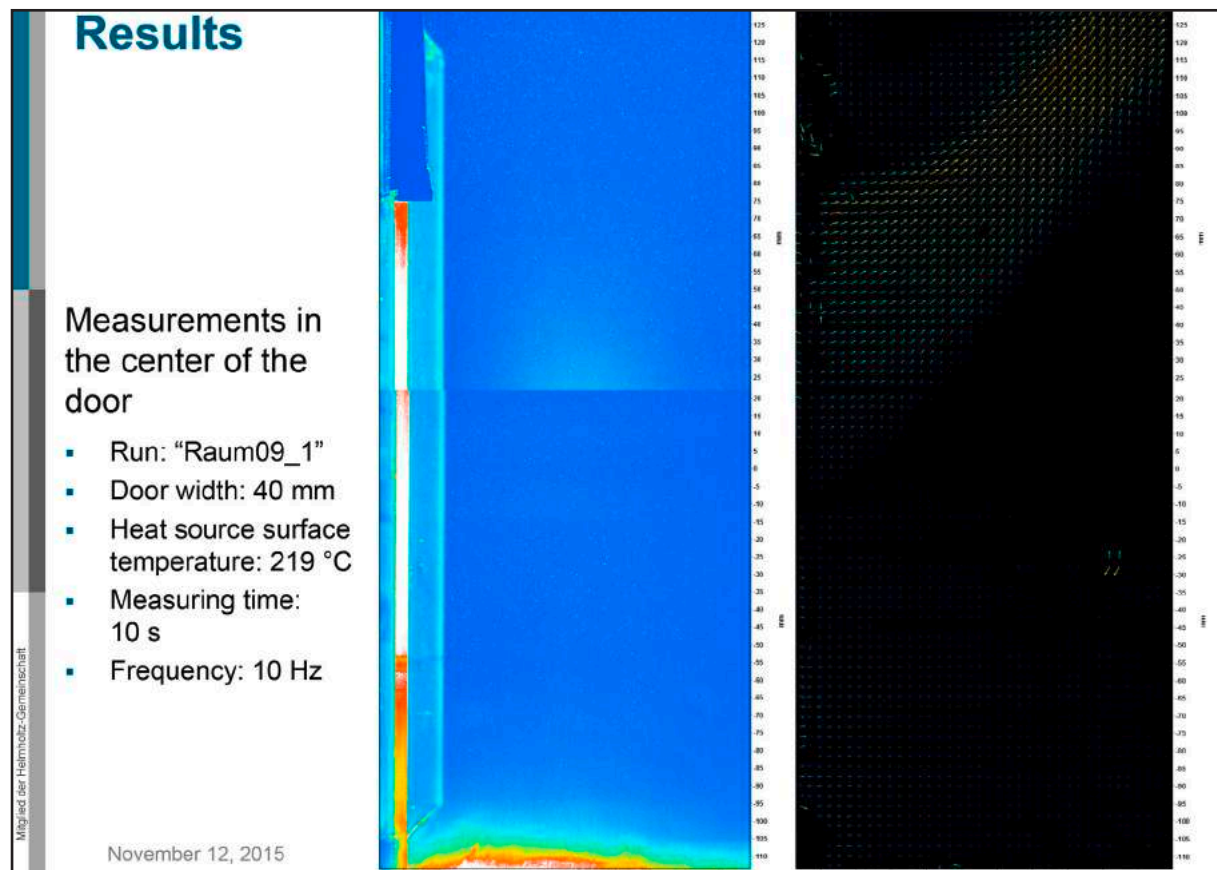
Laser light sheet

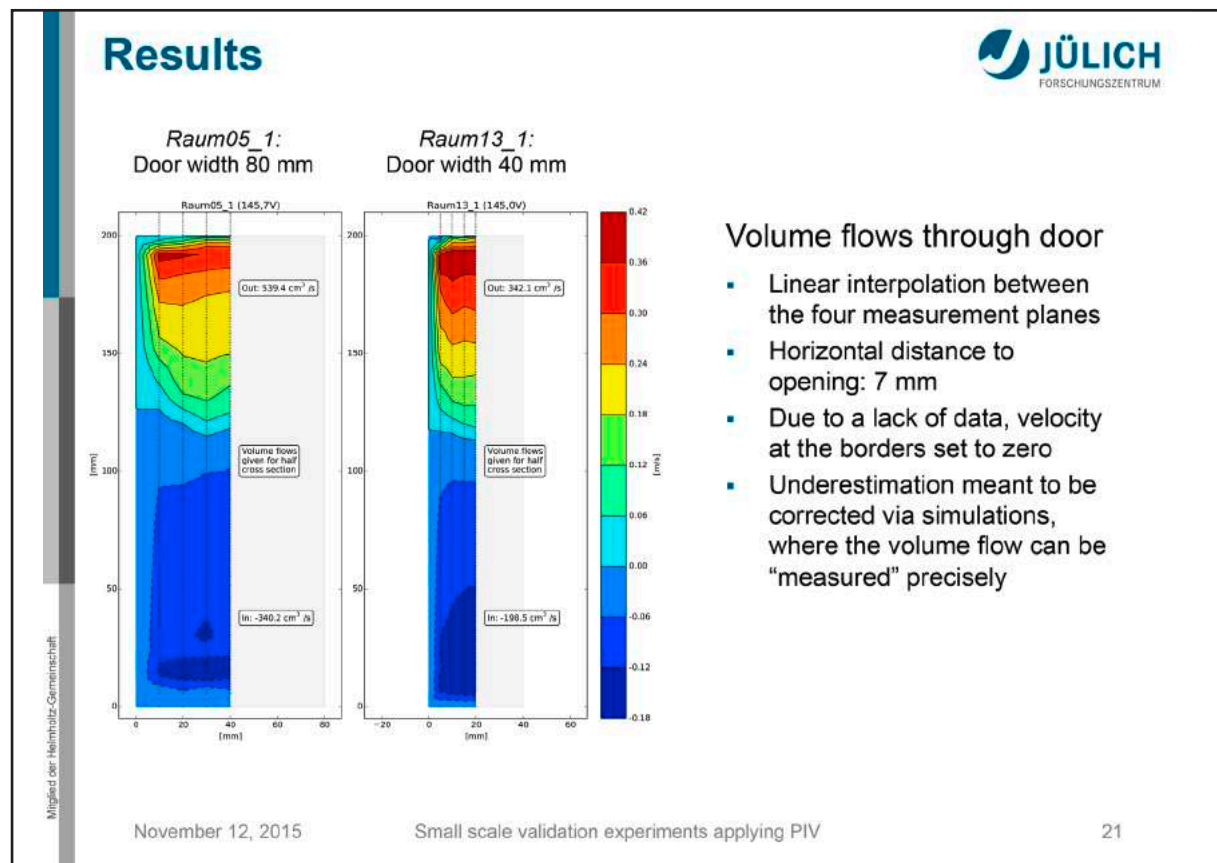
Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

November 12, 2015


Small scale validation experiments applying PIV

18





Overview over experiments

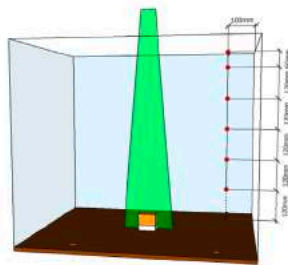


Name	Date	Time	Door width	Current	Voltage	HS temp.	Meas. time	Frequency	T1 ... T11
			mm	A	V	°C	s	Hz	°C
Raum01_1	1.7.15	14:42	80	0,370	80,4	150,0	10	10	...
Raum01_5	1.7.15	15:12	80	0,370	80,3	150,0	10	10	...
Raum02_1	1.7.15	15:54	80	0,502	110,2	218,0	10	10	...
Raum02_5	1.7.15	16:18	80	0,502	110,2	218,0	10	10	...
Raum03_1	2.7.15	09:45	80	0,503	110,4	218,0	10	10	...
Raum03_5	2.7.15	09:53	80	0,503	110,4	218,0	10	10	...
Raum04_1	2.7.15	10:40	80	0,596	130,5	271,0	10	10	...
Raum04_5	2.7.15	10:46	80	0,594	130,3	269,0	10	10	...
Raum05_1	2.7.15	13:42	80	0,663	145,7	306,0	10	10	...
Raum05_5	2.7.15	14:06	80	0,668	146,8	306,0	10	10	...
Raum06_1_d	2.7.15	14:29	80	0,661	145,2	306,0	180	1	...
Raum06_2_d	2.7.15	14:53	80	0,661	145,2	307,0	180	1	...
Raum07_1	3.7.15	10:15	40	0,367	80,3	151,0	10	10	...
Raum07_5	3.7.15	10:21	40	0,367	80,3	151,0	10	10	...
Raum08_1_d	3.7.15	10:27	40	0,368	80,3	150,0	180	1	...
Raum09_1	3.7.15	11:22	40	0,502	110,1	219,0	10	10	...
Raum09_5	3.7.15	11:29	40	0,502	110,1	219,0	10	10	...
Raum10_1_d	3.7.15	11:35	40	0,502	109,9	218,0	180	1	...
Raum11_1	3.7.15	12:36	40	0,594	130,4	270,0	10	10	...
Raum11_5	3.7.15	12:41	40	0,594	130,4	270,0	10	10	...
Raum12_1_d	3.7.15	12:47	40	0,593	130,3	269,0	180	1	...
Raum13_1	3.7.15	13:40	40	0,658	145,0	306,0	10	10	...
Raum13_5	3.7.15	13:46	40	0,661	145,3	306,0	10	10	...
Raum14_1_d	3.7.15	14:10	40	0,661	145,3	306,0	180	1	...

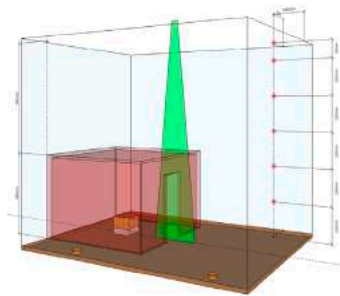
Overview over spill plume experiments. Every line represents a whole scanning procedure (half door).

November 12, 2015 Small scale validation experiments applying PIV 22

Contents

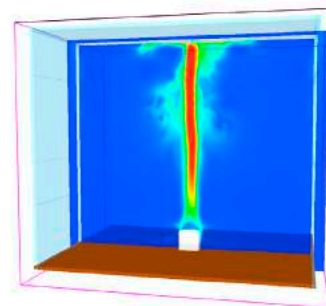


1. Open plume experiments



2. Spill plume experiments

3. Simulations with FDS



November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

23

Mesh distribution and resolution

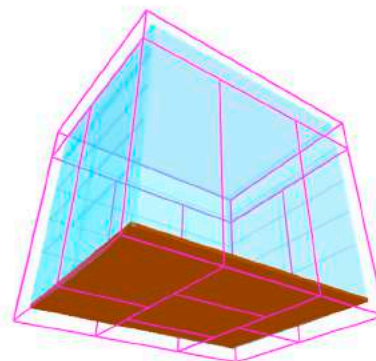


Optimal mesh distribution

- Meshes similar in size
- Cell numbers per dimension optimal for Poisson based FFT solver ($2^l \times 3^m \times 5^n$)
- No mesh boundaries cutting regions of interest
- Consider JURECA's design with 24 cores per node

Solution: 8 meshes

- $30 \times 24 \times 60 = 43,200 \text{ cm}^3$
- $80 \times 64 \times 12 = 61,440 \text{ cm}^3$
- $30 \times 20 \times 60 = 36,000 \text{ cm}^3 \text{ (x 2)}$
- $25 \times 32 \times 60 = 48,000 \text{ cm}^3 \text{ (x 4)}$



November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

25

Mesh distribution and resolution

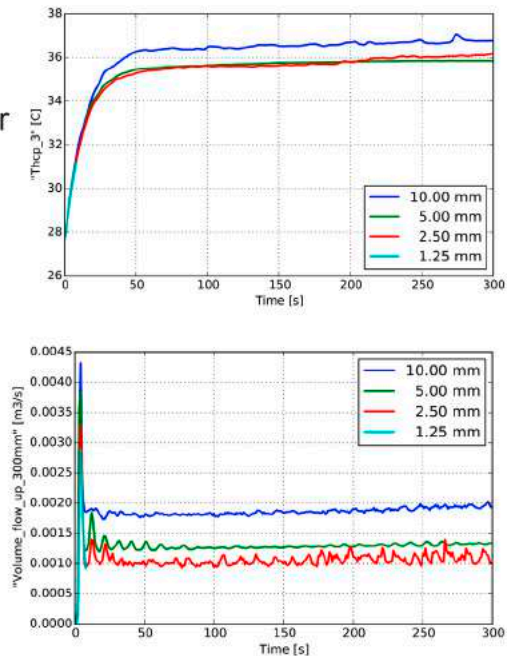


Grid sensitivity

- Resolution has an effect
- 5 mm grid seems sufficient for Temperatures
- What about volume flows?

Computation time

- 300 s on 1 node w/ 24 cores
 - 10.0 mm grid: 2.4 h
 - 5.0 mm grid: 33.2 h
 - 2.5 mm grid: 6.5 d
 - 1.25 mm grid: ???



Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

26

Required simulation time

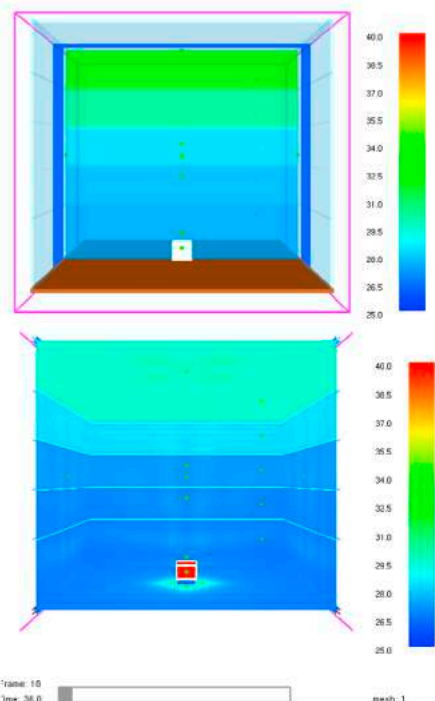


Prescription of temperature stratification

- Gas temperatures for $t = 0s$ defined via &INIT namelist
- Values taken from experimental measurements

Prescription of enclosure temperatures

- Material temperatures for $t = 0s$ defined via TMP_INNER
- Average value of temperature inside and outside the enclosure



Frame: 10
Time: 36.0
mesh: 1

Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

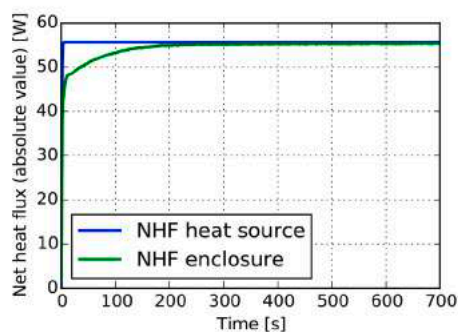
27

Required simulation time

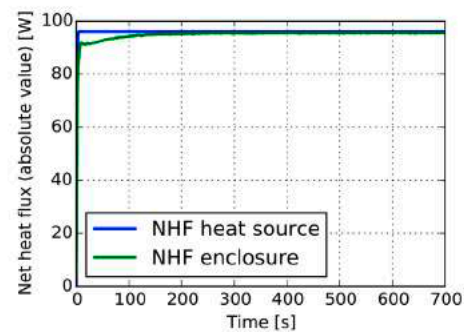


Accounting of heat fluxes

- Measuring net heat flux at heat source surface and inner enclosure surface
- Assumption: Agreement of both values indicates steady state
- Here: After approximately 180s steady state is reached



Net heat fluxes at 55W heat release



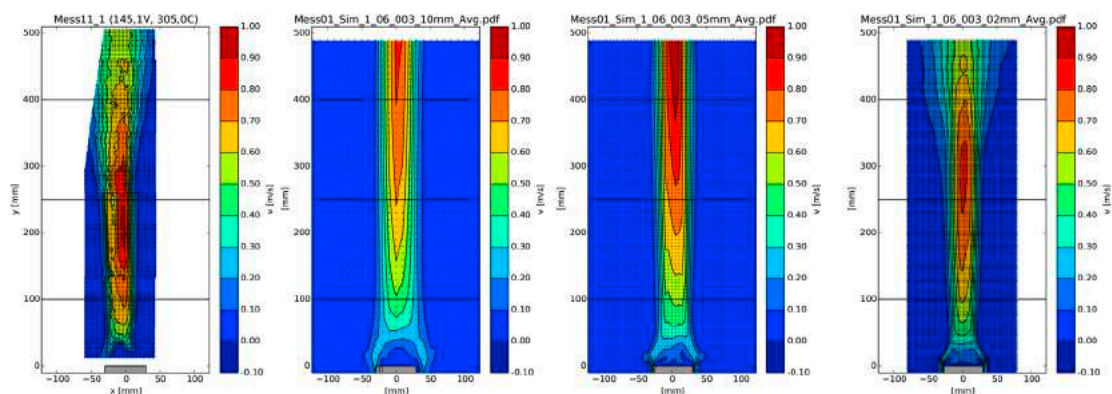
Net heat fluxes at 96W heat release

November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

28

Results – Vector fields



Exemplary experimental result at 96W

Simulation result with 10.0 mm resolution

Simulation result with 5.0 mm resolution

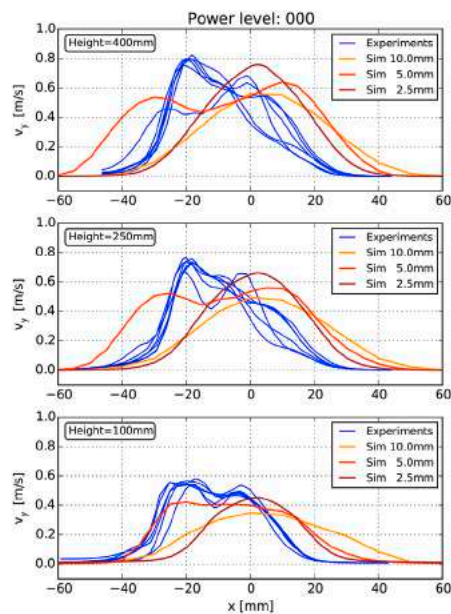
Simulation result with 2.5 mm resolution

November 12, 2015

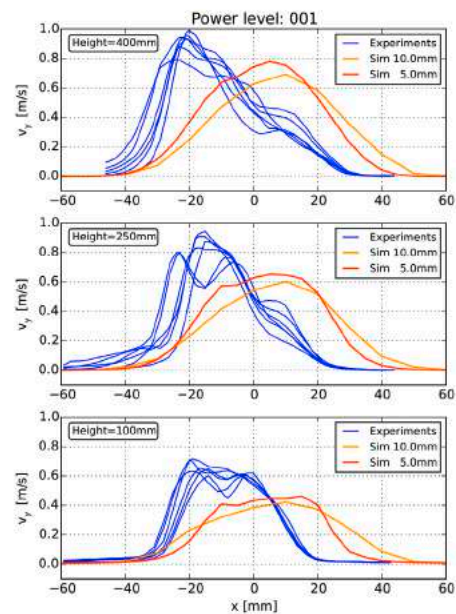
Small scale validation experiments applying PIV

29

Results – Velocity profiles



Velocity profiles at 30W



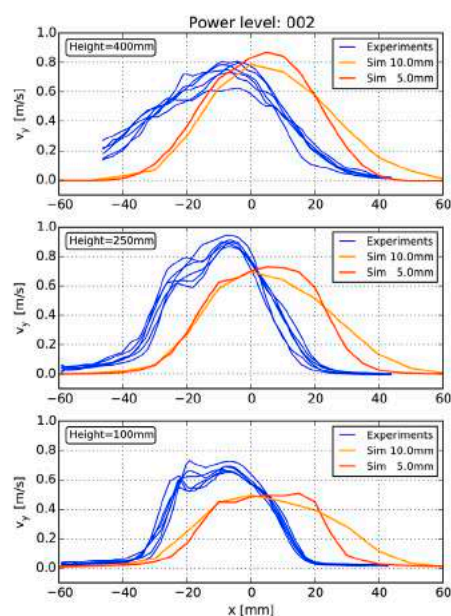
Velocity profiles at 56W

November 12, 2015

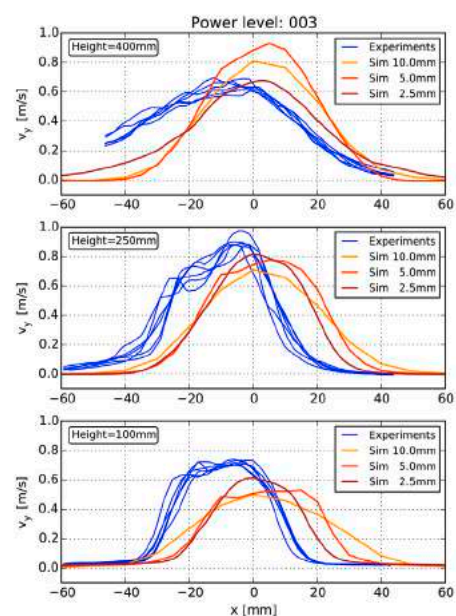
Small scale validation experiments applying PIV

30

Results – Velocity profiles



Velocity profiles at 78W



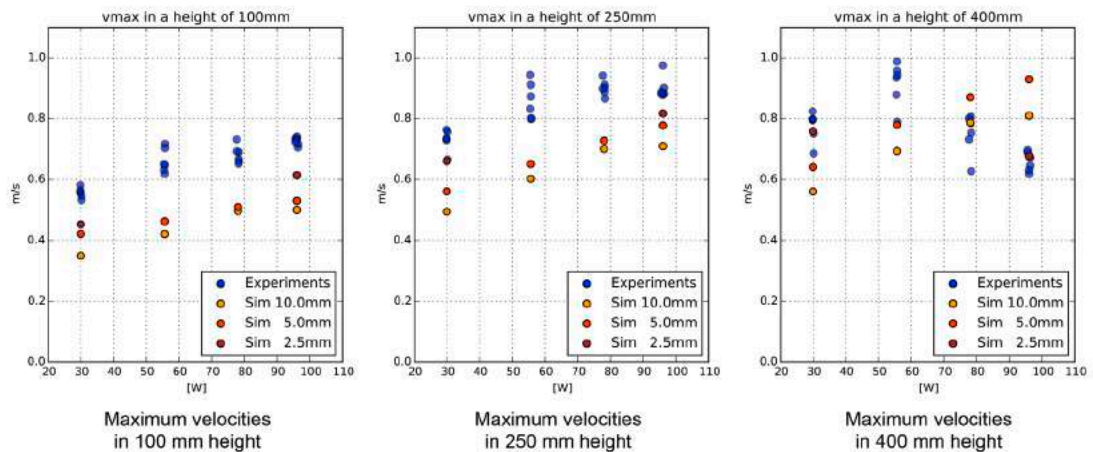
Velocity profiles at 96W

November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

31

Results – Maximum velocities

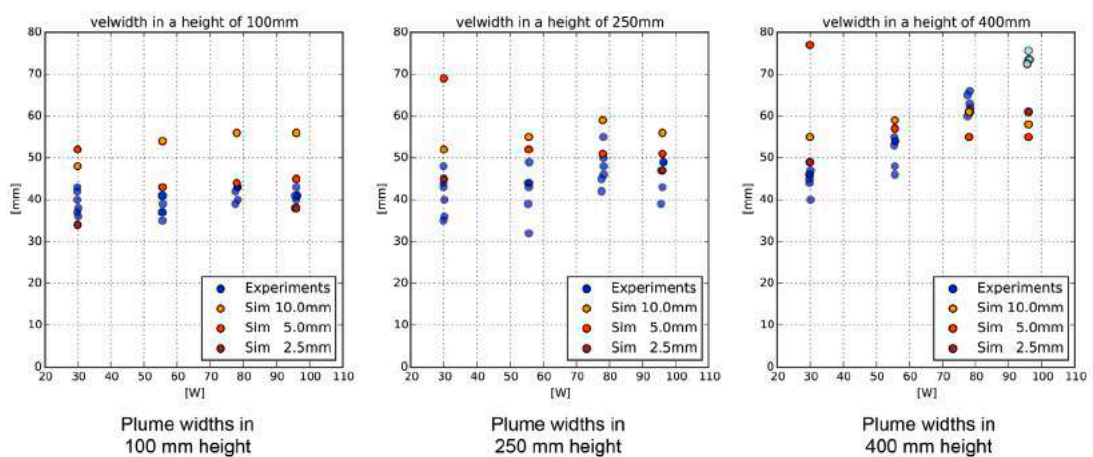


November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

32

Results – Plume widths

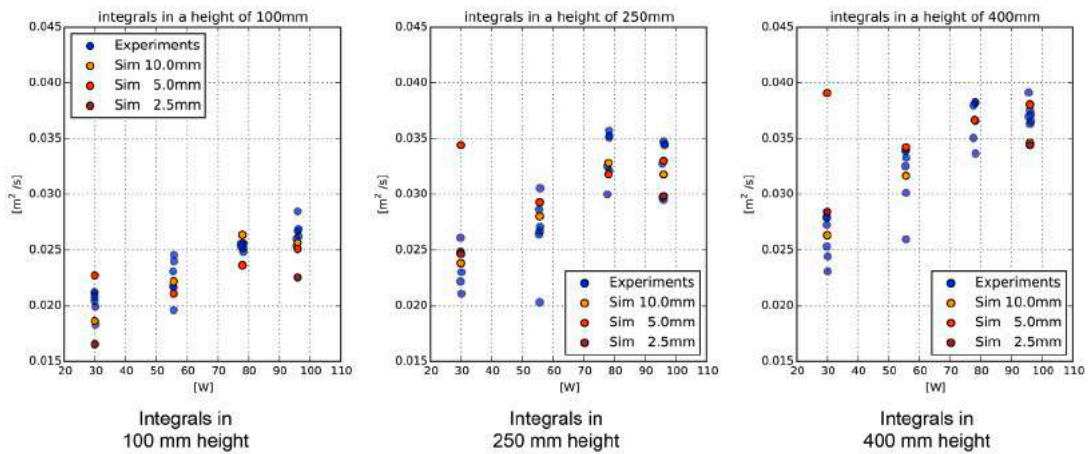


November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

33

Results – Integrals



November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

34

... to be continued.

Thank you for your attention!



November 12, 2015

Small scale validation experiments applying PIV

35

Susanne Kilian, Matthias Münch:

Kleinskalige Brandexperimente zur Programm-Verifikation - ein Überblick

Abstract:

Angesichts der zunehmenden Verwendung numerischer Nachweisverfahren zur Klärung brandschutzrechtlicher Fragestellungen rückt die Frage nach der Validität und Zuverlässigkeit der eingesetzten Simulationswerkzeuge immer mehr in den Blickpunkt des allgemeinen Interesses. Typischerweise werden zur Eignungsprüfung u.a. Vergleiche mit entsprechenden Daten aus gezielt durchgeführten Brandexperimenten vorgenommen.

Damit die experimentell ermittelten Messdaten aber tatsächlich als Grundlage für eine belastbare Programmvalidierung herangezogen werden können, müssen alle Einflussparameter des betreffenden Experimentes identifiziert bzw. potentielle Störeffekte ausgeschaltet sein. Insbesondere die Reproduzierbarkeit des Experimentes muss in vollem Umfang gewährleistet sein. Diese Anforderungen können sich vor allem bei großräumig angelegten Brandexperimenten als ausgesprochen schwierig erweisen.

Ein möglicher Lösungsansatz besteht darin, die zu untersuchenden physikalischen Fragestellungen zunächst möglichst einfach und kleinteilig zu gestalten, um dann sukzessive den Komplexitätsgrad zu erhöhen. Idealerweise lassen sich durch diese Vorgehensweise die betrachteten Experimente deutlich besser kontrollieren und reproduzieren. Vor diesem Hintergrund haben beide Autoren im Verlauf der letzten Monate begonnen, geeignete kleinskalige Experimente auszuwählen und erste Versuchsreihen damit zu fahren. In einem gemeinsamen Doppel-Vortrag werden die laufenden Arbeiten präsentiert und die bisher dabei gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse diskutiert.



Gemeinschaftsprojekt

Kleinskalige Brandexperimente zur Programm-Verifikation
Überblick und Erfahrungen

Dr. Susanne Kilian
hhpberlin - Ingenieure für Brandschutz
Rotherstr. 19, 10245 Berlin

Dr. Matthias Münch
INURI GmbH
Haderslebener Str. 9, 12163 Berlin

Agenda

1

Motivation

2

Beschreibung

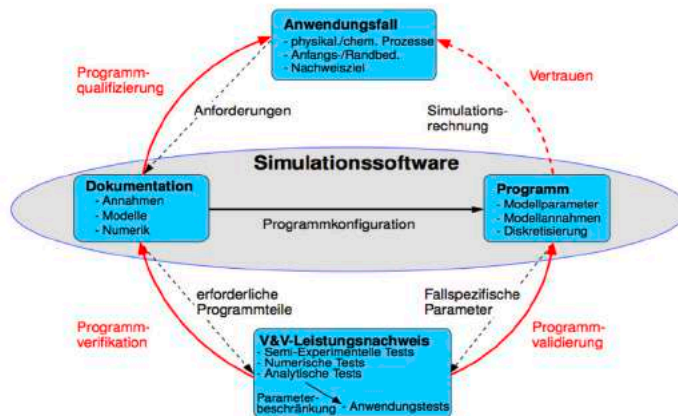
3

Erfahrungen

4

Ausblick

Ablaufschema ‚Eignungsüberprüfung‘



Next Generation Fire Engineering

INURI
 Interessengruppe
 Numerische Simulationen

 hhpberlin 

Simulationsbedingte Anforderungen

Reproduzierbarkeit

Wenig dominante physikalische Prozesse

Geringe Raumabmessungen/Gebietsdiskretisierung

Geringe experimentelle Toleranz

Next Generation Fire Engineering

INURI
 Interessengruppe
 Numerische Simulationen

 hhpberlin 

matchboxLive2015

1

Motivation

Brandphysik und Brandschutz-Regeln zum Anfassen

- zahlreiche Einzelexperimente zu verschiedenen Themenbereichen
- suggestive Vermittlung komplexer physikalischer Zusammenhänge
- Untergliederung in leicht verständliche Teilaspekte
- interaktive Mitwirkung und individuelles Erleben der Teilnehmer



Next Generation Fire Engineering

INURI
 Interessengruppe
 Numerische Simulationen

 hhpberlin 

Projektziele

1

Motivation

matchboxLive als Ideen-Lieferant

- Identifizierung geeigneter kleinskaliger Experimente
- ggf. Umgestaltung der matchbox-Experimente
- ggf. Erweiterung der Messtechnik

Anforderungen an die Experimente

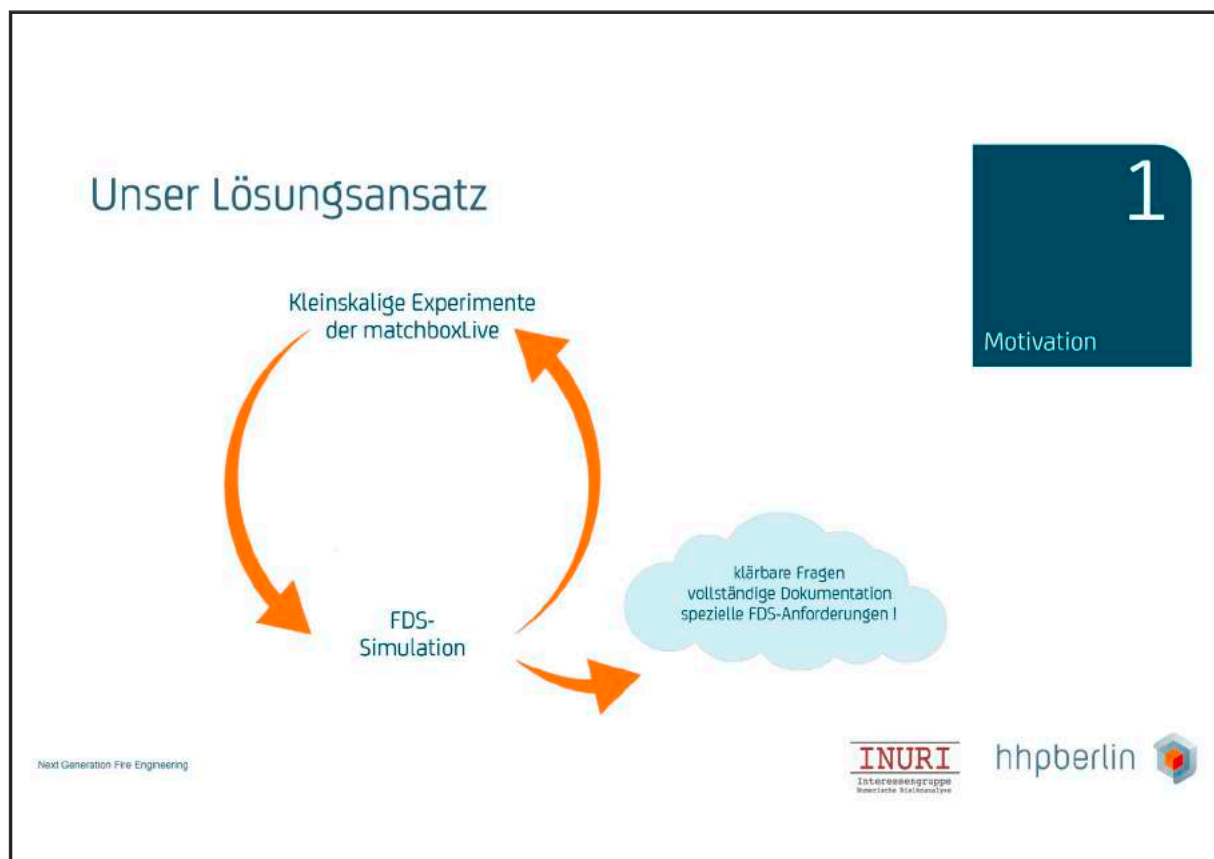
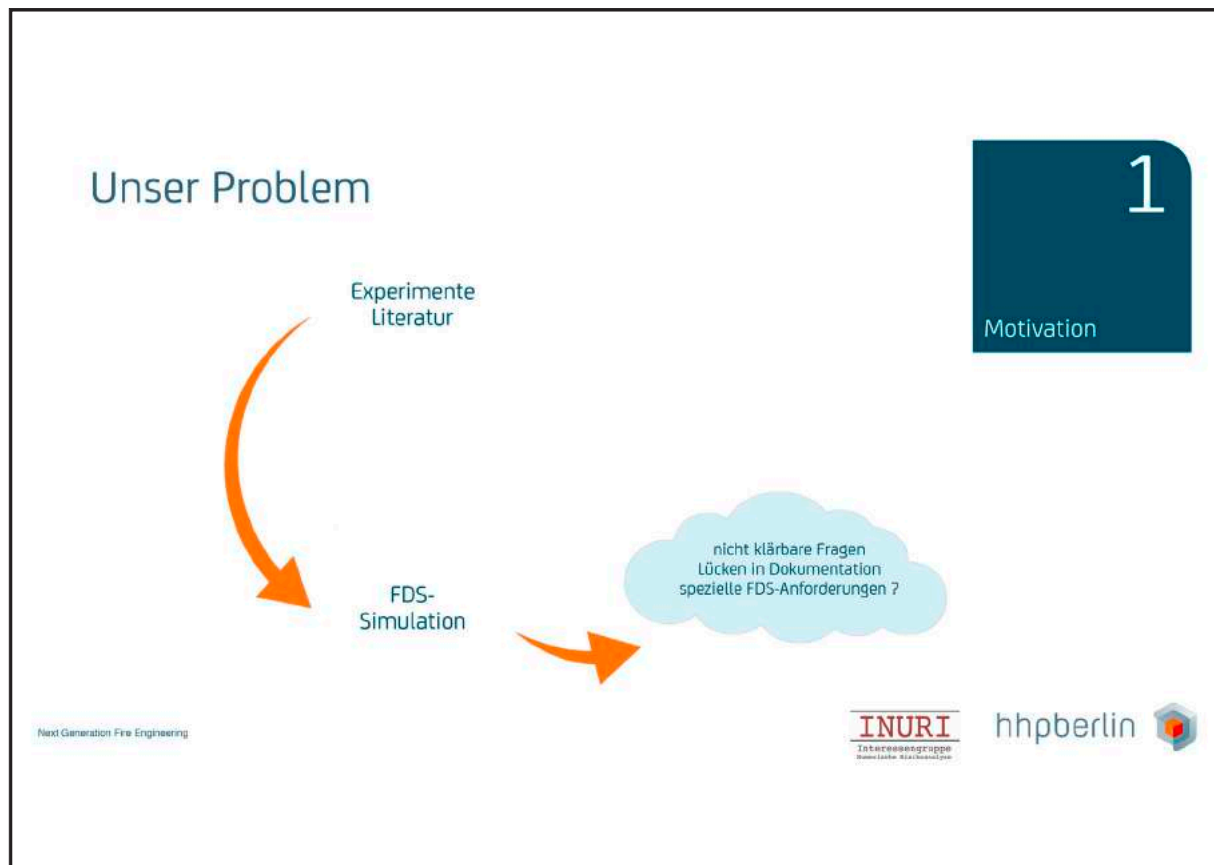
- wenig dominante physikalische Prozesse
- umfassende Kenntnis aller Einfluss- und Störfaktoren
- hohe Reproduzierbarkeit ohne nennenswerte Abweichungen
- Berücksichtigung der spezifischen FDS-Anforderungen

→ belastbarer Vergleich zwischen Experiment und Simulation möglich

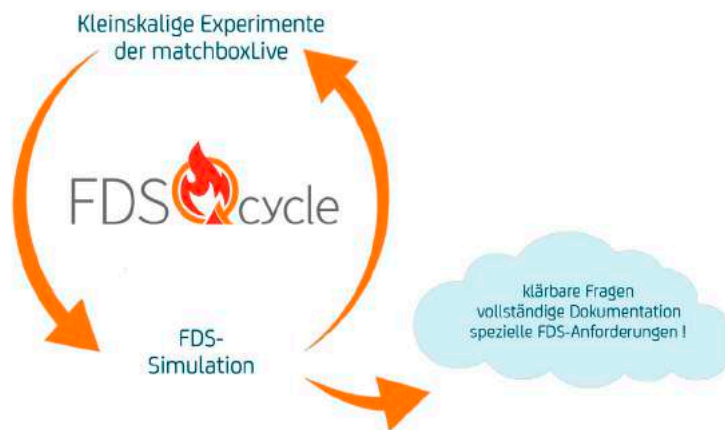
Next Generation Fire Engineering

INURI
 Interessengruppe
 Numerische Simulationen

 hhpberlin 



FDS Quality-Cycle



Next Generation Fire Engineering

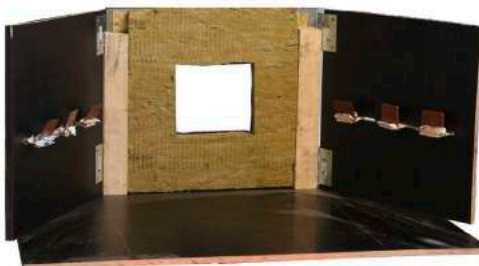
INURI
Interessengruppe
Numerische Simulationen

hhpberlin 

1

Motivation

matchboxLive: ‚Strahlungswinkel‘



- Winkelabhängigkeit der Strahlungsleistung
- Betrachtung der Temperaturentwicklung auf Basis von **Schoko-Sensoren**

Next Generation Fire Engineering

INURI
Interessengruppe
Numerische Simulationen

hhpberlin 

1

Motivation

matchboxLive: ‚Sprinklerköpfe‘



Next Generation Fire Engineering

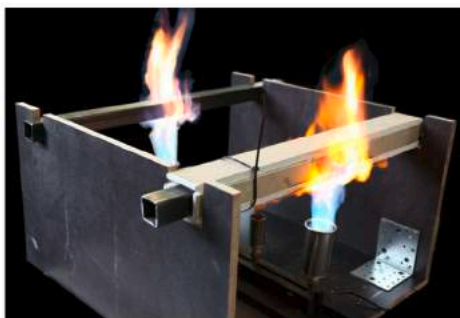
- Auslöseverhalten von Sprinklerköpfen
- Betrachtung der Ansprechzeiten für unterschiedliche Wärmequellen und Empfindlichkeiten

INURI
Interessengruppe
Numerische Simulationenhhpberlin 

1

Motivation

matchboxLive: ‚Gedämmtes Tragwerk‘



Next Generation Fire Engineering

- Wirkung von Dämmmaterialien
- Betrachtung der Temperaturentwicklung für unterschiedlich ummantelte Stahlbauteile

INURI
Interessengruppe
Numerische Simulationenhhpberlin 

1

Motivation

Modifizierter ‚Strahlungswinkel‘

Mehr und minder strahlende Einblicke

2

Beschreibung



Next Generation Fire Engineering

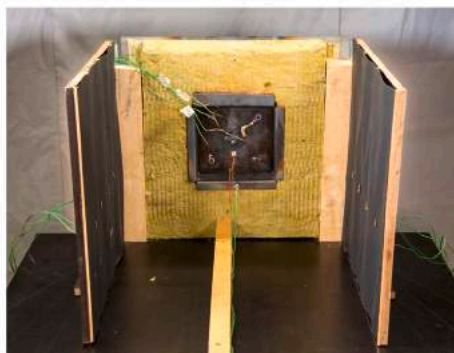
INURI
Interessengruppe
Numerische Strahlungslinien

hhpberlin 

Modifizierter ‚Strahlungswinkel‘

2

Beschreibung



- Holzkonstruktion mit beweglichen Seitenteilen, von 90 bis 120 Grad verstellbar
- Aufheizung einer Metallplatte auf Solltemperatur durch Gasbrenner im Mittelteil
- Messung der Temperaturprofile an Seitenwänden und im Mittelbereich

Next Generation Fire Engineering

INURI
Interessengruppe
Numerische Strahlungslinien

hhpberlin 

Zielsetzungen

Reduktion der Wärmequelle auf reine Wärmestrahlung

Experimentelle Darstellung der Abstands- und Winkelabhängigkeit

Erzeugung einer Datenbasis zwecks Überprüfung der Wärmestrahlung-Modellierung in FDS

Vergleich mit analytischen Lösungen

2

Beschreibung

Next Generation Fire Engineering

INURI
Interessengruppe
Amerikanische Universität

hhpberlin



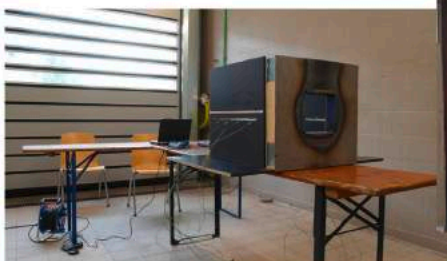
Modifikation des Versuchsaufbaus

Geeignete Umgebungsbedingungen

- Durchführung der Experimente in abgetrennter, hoher Halle
- keine störenden Luftbewegungen (Fenster und Türen geschlossen)

2

Beschreibung



Next Generation Fire Engineering

INURI
Interessengruppe
Amerikanische Universität

hhpberlin

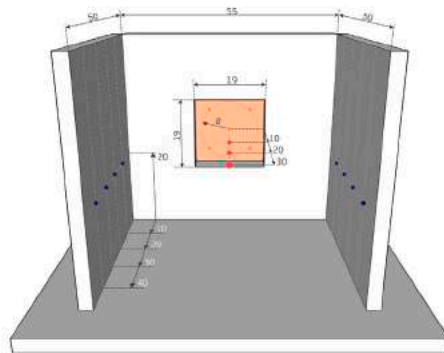


Modifikation des Versuchsaufbaus

Vom Schoko-Sensor zum „NiCr-Ni Typ K“ - Thermoelement

2

Beschreibung



Next Generation Fire Engineering

INURI
Interessengruppe
Numerische Simulationen

hhpberlin



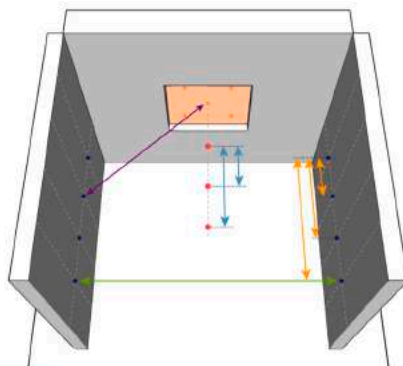
- 5 Thermoelemente auf der Strahlerplatte (Mitte und Ecken)
- je 4 Thermoelemente an den Seitenwänden links und rechts (Abstand 10 cm)
- 3 Thermoelemente im Innenraum auf Höhe der Strahlermitte (Abstand 10 cm)

Messung der Temperatur-Verläufe

Analyse verschiedener Verhältnisse

2

Beschreibung



Next Generation Fire Engineering

INURI
Interessengruppe
Numerische Simulationen

hhpberlin

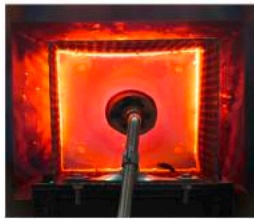


- Abnahme der Strahlungsleistung mit wachsender Entfernung vom Strahler an **Seitenwänden** und **Mittelachse** ?
- **Symmetrie** linke versus rechte Seitenwand ?
- Einfluss des **Winkels** auf Strahlungsleistung ?
- Konsistenz mit analytischer Lösung ?

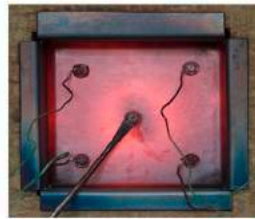
Wärmequelle

Strahlerfläche

- mittige Beflammung der Strahlerfläche durch Gasbrenner
- 5 Thermoelemente zur Messung des Oberflächenprofils



Next Generation Fire Engineering



INURI
Interessengruppe
Berliner Institut für
Brandwissenschaften

hhpberlin



2

Beschreibung

Durchführung von 12 Experimenten

Unterschiedliche Solltemperaturen der Strahlerplatte

Experimente 1 - 6
1000°C

Experimente 7 - 12
750°C



Next Generation Fire Engineering

INURI
Interessengruppe
Berliner Institut für
Brandwissenschaften

hhpberlin



2

Beschreibung

Erfahrungen aus 12 Experimenten

3

Erfahrungen

Zusammenfassung

- Dauer jedes einzelnen Experimentes etwa eine Stunde
- zahlreiche schwer kontrollierbare Einflussfaktoren
- unerwartet große Probleme mit Reproduzierbarkeit

Schwierigkeiten

- Probleme mit der Wärmequelle
- Probleme mit der Positionierung
- Probleme mit der Symmetrie
- Probleme mit der Messung

Next Generation Fire Engineering

INURI
 Interessengruppe
 Numerische Simulationen

hhpberlin



Probleme mit der Wärmequelle

3

Erfahrungen

Temperatursteuerung der Strahlerfläche

- zuerst gewählte Solltemperatur von 1000 °C nicht zuverlässig reproduzierbar
- Festlegung der Solltemperatur auf 750 °C

Physikalischer Zusammenhang

- **Stefan-Boltzmann-Gesetz:**

Wärmestrahlungsleistung P ist in vierter Potenz proportional zur Temperatur T

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

T [°C]	T [°K]	P [kW/m²]
1000	1273,14	148,97
980	1253,14	139,82

-2 %

-6 %

Next Generation Fire Engineering

INURI
 Interessengruppe
 Numerische Simulationen

hhpberlin



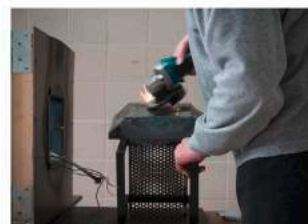
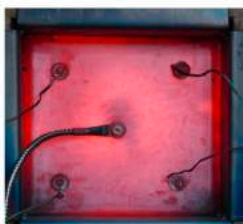
Probleme mit der Wärmequelle

3

Erfahrungen

Zunehmende „Verschattung“ der Metallplatte durch Abbrand

- Ausbildung von Eisenoxid-Plättchen (Abdämmung der Strahlung, Filterwirkung)
- Notwendigkeit des ‚Abflexens‘ nach jedem Experiment



Next Generation Fire Engineering

INURI
 Interessengruppe
 Numerische Simulationen

hhpberlin



Probleme mit der Wärmequelle

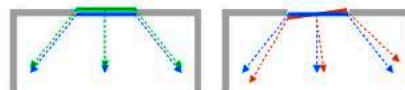
3

Erfahrungen

Abflexen erfordert ständiges Zerlegen der Versuchseinrichtung



Hohe Sensibilität gegenüber Strahler-Position



- **Verschiebung auf Zentralachse:**
eigenständiges „Verschieben“ durch Erwärmung
- **Veränderung des Winkels:**
keine symmetrischen Temperaturwerte links & rechts



Vorrichtung zur reproduzierbaren Fixierung der Strahler-Position erforderlich

Next Generation Fire Engineering

INURI
 Interessengruppe
 Numerische Simulationen

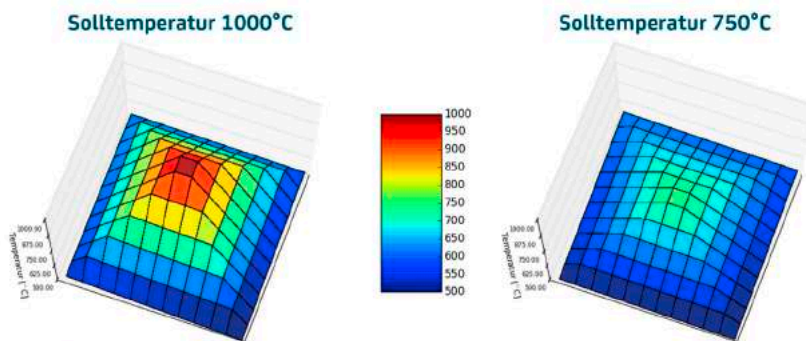
hhpberlin



Interpolation der Strahler-Temperaturprofile

3

Erfahrungen



→ ungleiches Wärmeprofil auf Strahlerplatte, keine sinnvolle Vorgabe für FDS-Simulation

Next Generation Fire Engineering

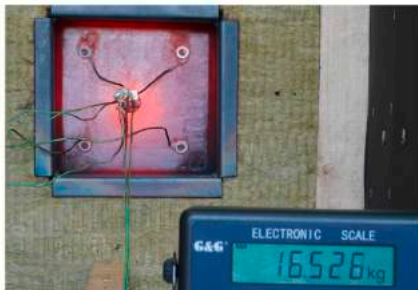
INURI
 Interessengruppe
 Numerische Simulationen
hhpberlin 

Probleme mit der Wärmequelle

3

Erfahrungen

Schwer kontrollierbare Zufuhr der Gasmenge



- Verwendung einer 11 kg Gasflasche mit Propangas-Gemisch
- große Schwankungen bei Messung des Gasflaschen-Gewichts
- Absinken der Gasflaschen-Temperatur um mehr als 10°K während des Experimentes

Next Generation Fire Engineering

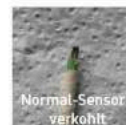
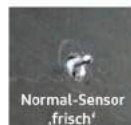
INURI
 Interessengruppe
 Numerische Simulationen
hhpberlin 

Probleme mit der Temperaturmessung

3

Erfahrungen

Unklare Oberflächeneigenschaften der Thermoelemente



- zunächst Verwendung der Original-Thermoelemente
- dann angelötete Kupferplättchen der Größe 10 mm x 10 mm x 0.8 mm
- pro Experiment mit Salzsäure gereinigt

→ Definierte Oberfläche mit abschätzbaren Emissions-, Absorptions- und Reflexionseigenschaften

Next Generation Fire Engineering

INURI
 Interessengruppe
 Numerische Rauchanalyse

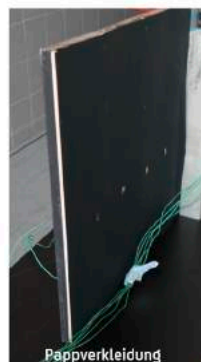
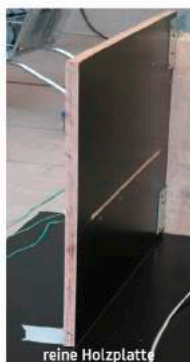
hhpberlin



Probleme mit der Temperaturmessung

3

Erfahrungen



Fixierung des Winkels zwischen
Strahler- und Messfläche

Pappverkleidung der Seitenwände

→ Entkopplung der Wärmekapazität
der Holzplatte

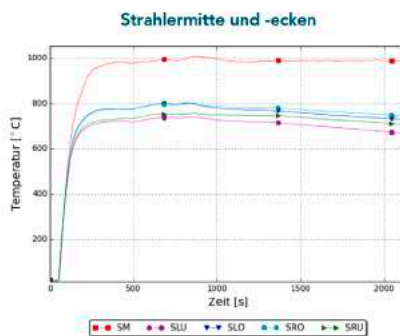
Next Generation Fire Engineering

INURI
 Interessengruppe
 Numerische Rauchanalyse

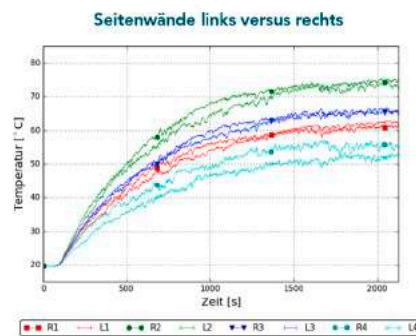
hhpberlin



Temperaturen für Experiment 1 - 1000°C

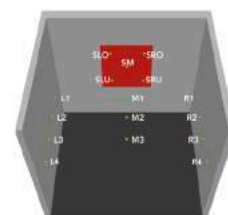


- über 300°C Temperaturdifferenz zwischen Mitte und Ecken
- obere Ecken deutlich wärmer als untere

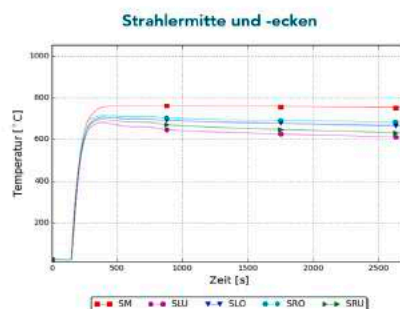


- Max 74°C in R2, Min 52°C in L4 (im stationären Bereich)
- Unterschiede zwischen linker und rechter Seitenwand (bis 6%)

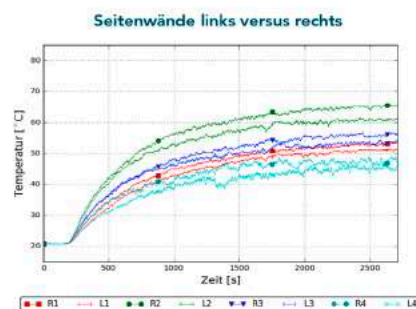
Next Generation Fire Engineering

INURI
 Interessengruppe
 Amerikanische Simulationstechnik

 hhpberlin 

Temperaturen für Experiment 7 - 750°C

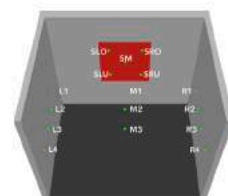


- über 150°C Temperaturdifferenz zwischen Mitte und Ecken
- obere Ecken deutlich wärmer als untere



- Max 64°C in R2, Min 44°C in L4 (im stationären Bereich)
- Unterschiede zwischen linker und rechter Seitenwand (bis 8%)

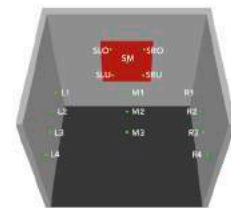
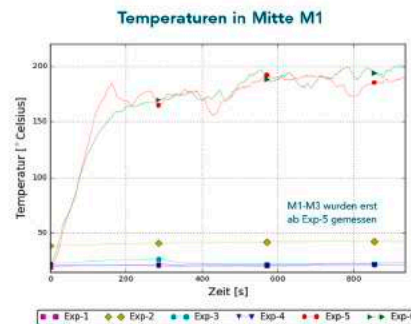
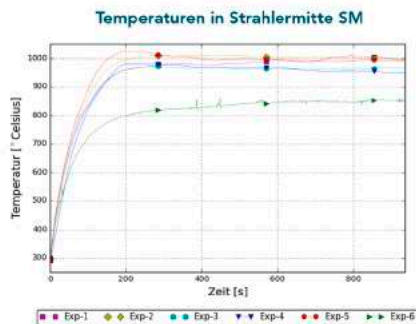
Next Generation Fire Engineering

INURI
 Interessengruppe
 Amerikanische Simulationstechnik

 hhpberlin 

Solltemperatur 1000°C: Experimente 1-6

3

Erfahrungen



- Solltemperatur von 1000°C nicht zuverlässig reproduzierbar
- deutlicher Unterschied: Exp-5 (Ø 992°C) und Exp-6 (Ø 847 °C)

- ähnliche Verläufe in M1 für Exp-5 (Ø 185 °C) und Exp-6 (Ø 192 °C)
- scheinbarer Widerspruch zu großer Differenz für Strahlermitte

Next Generation Fire Engineering

INURI
Interessengruppe
Numerische Simulationen

hhpberlin

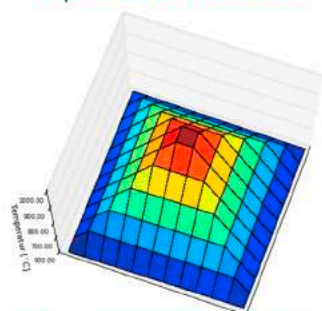


Vergleich der Strahler-Temperaturprofile

3

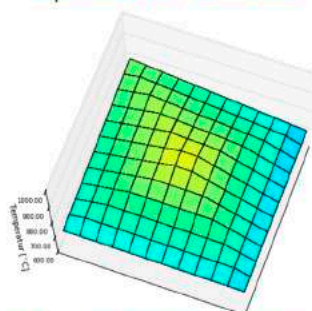
Erfahrungen

Experiment 5 bei 1100 Sekunden



- Maximum in Mitte 997°C, Minimum an Rändern etwa 620°C
- Mittelwert über ganze Fläche etwa 720°C

Experiment 6 bei 1100 Sekunden



- Maximum in Mitte 858°C, Minimum an Rändern etwa 730°C
- Mittelwert über ganze Fläche etwa 780°C

sehr inkonsistente Verteilung und undefinierbare, partielle Verschattung durch Eisenoxid-Plättchen

Next Generation Fire Engineering

INURI
Interessengruppe
Numerische Simulationen

hhpberlin



Bisheriges Fazit und weitere Ziele

4

Ausblick

Erste Erkenntnisse

- sehr sorgfältiges Vorgehen, dennoch viele Schwierigkeiten
- Reproduzierbarkeit und Kontrolle über alle Einflussfaktoren noch nicht gewährleistet
- Experimente müssen noch weiter ausreifen, um belastbare Ergebnisse zu liefern

Geplante Arbeiten und Optimierungen

- Verwendung einer anderen Wärmequelle
- genauere Analyse der Kupferplättchen-Thermoelemente
- genauere geometrische Justierung
- Nachsimulationen mit FDS



Veröffentlichung zum aktuellen Stand der Arbeit folgt

Next Generation Fire Engineering

INURI
Interessengruppe
Numerische Simulationen

hhpberlin 



Next Generation Fire Engineering

INURI
Interessengruppe
Numerische Simulationen

hhpberlin 

Fragen ?
Ideen ?

hhpberlin
Ingenieure für Brandschutz GmbH

Hauptsitz
Rotherstraße 19 · 10245 Berlin

Amtsgericht
Berlin-Charlottenburg
Register-Nr.: HRB 78 927
Ust-ID Nr.: DE217656065

Geschäftsführung:
Dipl.-Ing. Karsten Foth
Dipl.-Inf. BW [VWA] Stefan Truthän

Beirat:
Dipl.-Ing. Margot Ehrlicher
Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hossler
Dr.-Ing. Karl-Heinz Schubert



Andreas Vischer:**Überarbeitung des FDS-Leitfadens****Abstract:**

Beim 8. Anwendertreffen der FDS-Usergroup am 07.11.2014 wurde beschlossen, dass der Entwurf des FDS-Anwenderleitfadens (Stand 04. März 2014) durch ein redaktionelles Team überarbeitet und in Form gebracht werden soll.

Dabei sollen insbesondere die inkonsistenten und unterschiedlich langen Kapitel angepasst und vereinheitlicht werden, um so eine Form für eine offizielle Leitfadens Version 1.0 zu erhalten.

Hierzu haben sich die folgenden Mitglieder der FDS-Usergroup bereit erklärt und sich am 03.06.2015 in Wuppertal zu einer eintägigen intensiven Bearbeitung des Leitfadens getroffen:

- Dr.-Ing. Lukas Arnold
- Dr.-Ing. Matthias Münch
- Dipl.-Ing. (FH) Andreas Müller
- Dr.-Ing. Christian Rogsch
- Dr.-Ing. Andreas Vischer
- Dr.-Ing. Kathrin Grewolls (leider privat verhindert)

Bei dem Treffen wurde festgelegt die weitere Bearbeitung des Leitfadens mittels Telefon und Web-Konferenzen fortzuführen.

Der Vortrag stellt die grundsätzlichen Überlegungen bei der Überarbeitung des FDS-Anwenderleitfadens dar. Weiterhin werden die wesentlichen Überarbeitungsschritte und Änderungen des FDS-Anwenderleitfadens vorgestellt.

Anschließend sollen weitere Schritte zur Fertigstellung und Veröffentlichung des Leitfadens mit den Mitgliedern der FDS-Usergroup diskutiert werden.

9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

Überarbeitung des FDS-Leitfadens

Dr.-Ing. Andreas Vischer
Sachverständiger für Brandschutz
und Ingenieurmethoden

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

Inhalt

1. Grundlagen
2. Ziele
3. Treffen / Telefonkonferenzen
4. Weitere Vorgehensweise

- 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

Grundlagen

Beschluss der FDS Usergroup beim 8. Anwendertreffen in Berlin:

Überarbeitung des Entwurfs des Leitfadens zur endgültigen Fassung

FDS –Leitfaden 1.0

- Entwurf bisher zum Teil unausgewogen
- ausführliche lange vs. sehr kurze Kapitel
- Online-Bearbeitung schwierig und nicht zielführend
- Zusammenstellung eines redaktionellen Teams
- Überarbeitung bei einer Teamsitzung in Wuppertal am 03.06.2015

- 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

Grundlagen

Freiwilliges redaktionelles Team /

Teilnehmer **Teamsitzung in Wuppertal am 03.06.2015:**

- Dr. Lukas Arnold (Leitung Teamsitzung, TelCo & WebCo)
- Dr.-Ing. Matthias Münch
- M.Sc. Andreas Müller
- Dr.-Ing. Christian Rogsch
- Dr.-Ing. Andreas Vischer
- **Zusätzlich sechs Telefon- und Webkonferenzen (Juni-November)**

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

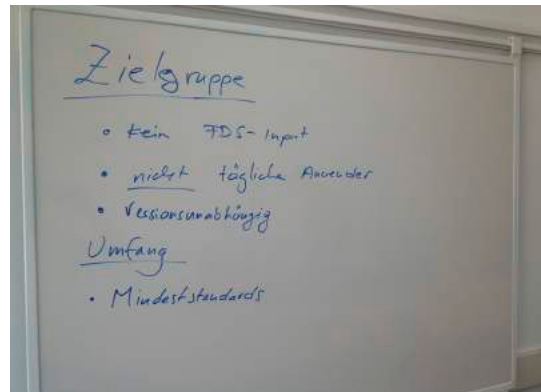
Zielgruppen / Umfang

Zielgruppe

- FDS-Leitfaden für den nicht täglichen Anwender
 - Überblick für den Leser/Anwender
 - Allgemeine Erfassung
 - Akzeptanz

Umfang

- Keine detaillierten FDS-Input Angaben
- FDS-Leitfaden versionsunabhängig
 - Einfache Bearbeitung/Pflege
- Mindeststandards



Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

Chronologie FDS-Leitfaden

Version	Datum	Bearbeiter	Anmerkung
-	06.-07.03.2008	Auftakttreffen	Festlegung weiterer Treffen
-	04.-05.12.2008	2. Anwendertreffen	Festlegung Ziele der FDS-Usergroup Idee eines Leitfadens
-	29.-30.10.2009	3. Anwendertreffen	Festlegung von Themenbereichen
-	04.-05.11.2010	4. Anwendertreffen	Arbeitskreistreffen zu Themenbereichen
1. Grobfassung	10.-11.11.2011	5. Anwendertreffen	1. Grobfassung Leitfaden: Inhalt
Arbeitsfassung	15.-16.11.2012	6. Anwendertreffen	Leitfaden Diskussion, Metaplan
Arbeitsfassung	2013		Online-Bearbeitung einzelner Kapitel
Arbeitsfassung	14.-15.11.2013	7. Anwendertreffen	Besprechung der Leitfaden Entwicklung
Entwurf	28.01.2014		Entwurf FDS-Leitfaden, Beta-Version
	Februar 2014		Kommentare zum FDS-Leitfaden
Entwurf	04.03.2014	FDS Usergroup	Initiale Version, Beta-Version
Entwurf	06.-07.11.2014	8. Anwendertreffen	Zusammenstellung redaktionelles Team zur weitere Bearbeitung

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

Chronologie FDS-Leitfaden

Version	Datum	Bearbeiter	Anmerkung
	24.-25.06.2010	1. Workshop FDS NRW	I.F.I. bft cognos, Aachen
	14.-15.07.2011	2. Workshop FDS NRW	H+K, Erkelenz, Zuordnung Bearbeiter von Kapiteln
	25.05.2012	Treffen FDS NRW	Balingen, BW
	28.-29.06.2012	3. Workshop NRW	Kempen & Krause, Köln
	26.02.2013	Vorbereitungstreffen	KIT, Karlsruhe
	27.-28.06.2013	4. Workshop FDS NRW	KIT, Karlsruhe
	09.10.2013	Treffen FDS NRW	Kempen & Krause, Köln
	13.02.2014	Treffen FDS NRW	H+K Stuttgart
	03.-04.07.2014	5. Workshop NRW	Gruner, Basel
	09.03.2015	Treffen FDS NRW	H+K Stuttgart

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

Version	Datum	Bearbeiter	Anmerkung
Entwurf	04.03.2014	FDS Usergroup	Initiale Version, Beta-Version
Entwurf	März 2015	A. Müller, C. Rogsch, R. Galster, F. Lushta	Inhaltliche und formale ÜA
E1.0.0	03.06.2015	Teamsitzung in Wuppertal*	Festlegung Ausrichtung des Leitfadens, Umsetzung notw. Umstrukturierung
E1.0.1	03.06.2015	Teilnehmer Teamsitzung in Wuppertal	Sprachliche und formale Anpassungen
E1.1.0	Juni 2015	Teilnehmer Treffen in Wuppertal (L. Arnold)	Nachträgliche Einarbeitung der Anpassungen an Anhang B von F. Lushta
	30.06.2015	TelCo und WebCo*	Überarbeitung Hauptteil
	14.07.2015	TelCo und WebCo*	Überarbeitung Hauptteil
E1.2.0	04.08.2015	TelCo und WebCo*	Teilüberarbeitung Anhang A
E1.3.0	08.09.2015	TelCo und WebCo*	Teilüberarbeitung Anhang A
E1.4.0	13.10.2015	TelCo und WebCo*	Teilüberarbeitung Anhang A, 6.3
E1.5.0	03.11.2015	TelCo und WebCo*	Finishing ohne Anhang B

* Teilnehmer Teamsitzung Wuppertal

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

Überarbeitungen

- Aufteilung in Hauptteil und Anhang
- Hauptteil:
 - allgemeine Informationen/Hauptaspekte
 - in angebrachter Kürze
- Anhang:
 - detaillierte Ausführungen zu Hauptaspekten
 - erweiterbar durch weitere Anhänge
- allgemeine Formulierungen (versionsunabhängig)
- FDS Befehle auf ein Minimum beschränkt
- Verschiebung der detaillierten Ausführungen in den Anhang
- Zusammenfassen/Streichung von Dopplungen

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

Weitere Vorgehensweise

- Veröffentlichung des Leitfadens Version 1.0
- Überarbeitung Anhang B analog zu Anhang A
- Verbreitung des FDS-Leitfadens (Hinweise in Vorträgen, Symposien, Kongressen, Literaturquellen etc.)
- Sammeln von Hinweisen, Anmerkungen und ggf. Ausarbeitung zusätzlicher Anhänge

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

Anhang B

7 Anhang B – Definition der Randbedingungen und Geometrien

7.1 Allgemeine Hinweise

7.2 Globale Randbedingungen

7.3 Zeitschrittweite (Initial Time Step)

7.4 Gittererstellung für das Rechengebiet (Mesh)

7.5 Geometrie

7.6 Entrauchungsmaßnahmen und Lüftungstechnische Randbedingungen

7.6.1 Natürliche Rauchabzugs- und Zuluftöffnungen

7.6.2 Maschineller Rauchabzug und maschinelle Zuluft

(7.7 Brandszenarium)

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

Weitere Vorgehensweise

fortlaufende redaktionelle Bearbeitung:

- Ergänzung und Einarbeitung der Anmerkungen durch Redaktionsteam

Nächstes Usergroup-Treffen 2016:

- Erfahrungsaustausch im Umgang mit dem Leitfaden
- Feedback von Anwendern und insbesondere „Erstlesern“
- Ggf. Vorstellung von Änderungen

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

Andreas Vischer:

Wärmeübertragung auf Bauteile durch Konvektion mit FDS 6 - eine Analyse

Abstract:

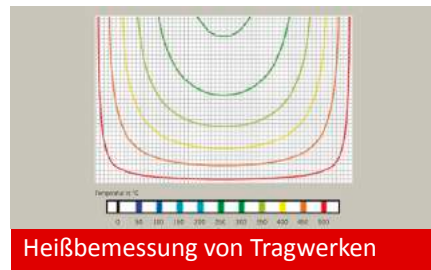
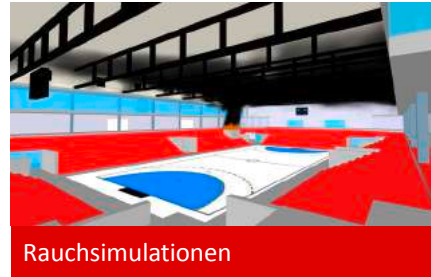
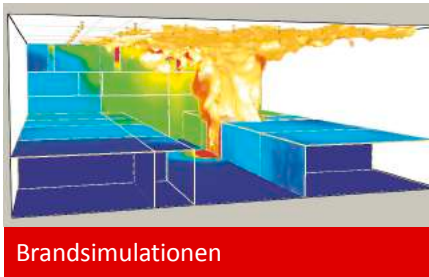
Die Ermittlung von Temperaturen auf und in Bauteilen spielt insbesondere bei der Heißbemessung von Bauteilen nach den Eurocodes eine wichtige Rolle. Daher ist die Energieübertragung zwischen den heißen Gasen (Fluid) und den Bauteilen (Festkörper) bei einem Brand besondere Beachtung zu schenken. Die Wärmeenergieübertragung durch Strömung kennzeichnet den Vorgang der Wärmekonvektion in Fluiden. Die Wärmekonvektion zwischen Fluid und Festkörper wird als Wärmeübergang bezeichnet. Dieser findet in einer dünnen Schicht nahe der Festkörperoberfläche, der sogenannten Grenzschicht, statt. Da die Auflösung dieser Grenzschicht bei den in FDS üblicherweise gewählten Zellgrößen von mehr als 10cm nicht möglich ist, werden in FDS Modelle für den Wärmeübergang verwendet.

Im Vortrag werden zunächst die Grundlagen des Wärmeübergangs und der Unterschied des Wärmeübergangs bei erzwungener und freier Strömung erläutert. Darauf aufbauend werden die wesentlichen Kennzahlen für den Wärmeübergang sowie die verwendeten Modelle dargestellt.

Anschließend erfolgt die Analyse des konvektiven Wärmeübergangs in FDS anhand von ausgewählten Testbeispielen und ein Vergleich mit Literaturwerten.

Abschließend wird noch ein Vergleich des Wärmedurchgangs durch Bauteile rückblickend mit FDS 5 (2008) und FDS 6 (2015) vorgestellt.

9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup



9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

Wärmeübertragung auf Bauteile durch Konvektion mit FDS 6 - eine Analyse

Dr.-Ing. Andreas Vischer
Sachverständiger für Brandschutz
und Ingenieurmethoden

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

WIJNVELD // INGENIEURE
INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN

Inhalt

1. Einführung - Grundlagen
2. Kennzahlen für den Wärmeübergang durch Konvektion
3. Modelle in FDS
4. Analyse von Testbeispielen
5. Wärmedurchgang
6. Fazit

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

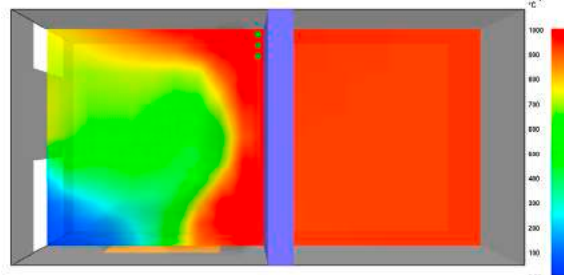
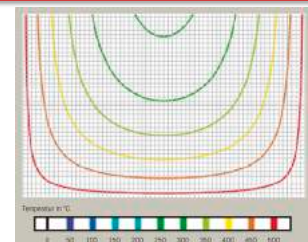
■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

WIJNVELD // INGENIEURE
INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN

Einführung - Grundlagen

Wärmeübertragung auf Bauteile:

- Berechnung von Oberflächentemperaturen
- Berechnung von inneren Bauteiltemperaturen
- Berechnung des Wärmedurchgang /
Wärmeübertragung auf die andere
Seite des trennenden Bauteils

**→ Nachweis von Tragwerken im Brandfall nach DIN EN 1991-1-2**Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

Grundlagen der Wärmekonvektion

Wärmekonvektion:

- Übertragung der Wärmeenergie durch Strömung
 - abhängig von z. B. Strömungsart- und Geschwindigkeit, Eigenschaften des Mediums und Festkörpers etc.
 - Wärmeübertragung in einer Grenzschicht zwischen Festkörper und Fluid
- Grenzschichttheorie

Beschreibung der Eigenschaften mit Ähnlichkeitstheorie von Nusselt (1910):

$$Nu := \frac{\alpha \cdot L}{\lambda} \quad \begin{array}{l} \alpha = \text{Wärmeübergangskoeffizient} \\ \lambda = \text{Wärmeleitfähigkeit} \end{array}$$

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

Grenzschichttheorie

Abschätzung der mittleren Schichtdicken

- Strömungsgrenzschicht: $\frac{\rho \cdot u^2}{L} \cong \frac{\eta \cdot u}{\delta_m^2} \Rightarrow \delta_m \cong \frac{L}{\sqrt{Re}}$
 - Temperaturgrenzschicht: $\delta_{T,M} \cong L \cdot \sqrt{\frac{a}{u \cdot L}} = \frac{L}{\sqrt{Pe}} \quad Pe := \frac{u \cdot L}{a} = \frac{u \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta t}{\frac{\lambda}{L} \cdot \Delta t}$
- Verhältnis zw. Strömungs- und Temperaturgrenzschicht: $Pr := \frac{\eta \cdot \rho}{\alpha \cdot (c_p \cdot \rho)} = \frac{\nu}{a} \quad ; \quad \frac{\delta}{\delta_T} \cong \sqrt{Pr}$
- Konzentrationsgrenzschicht: $Le := \frac{a}{D_{AB}} = \left(\frac{\alpha}{\rho \cdot c_p \cdot \beta} \right)^2 \quad ; \quad \frac{\delta_T}{\delta_C} \cong \sqrt{Le}$

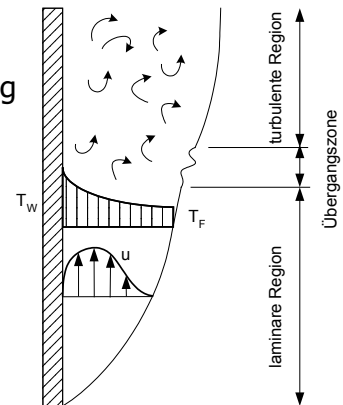
für ideale Gasgemische gilt: $Le \approx 1,0 \quad \rightarrow \delta_T \cong \delta_C$

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

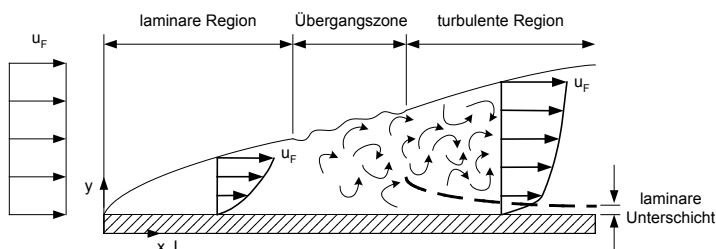
Einfluss der Strömungsarten

Einfluss der Strömungsart:

freie natürliche Strömung



erzwungene Strömung



Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

Kennzahlen bei erzwungener Strömung

Wärmeübergang bei erzwungener Strömung:

- Zusammenhang aus Experimenten: $Nu = C \cdot Re^n \cdot Pr^m$
- für Platten mit turbulenter Grenzschicht: $\overline{Nu} = 0,037 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{1/3}$
- Beurteilung der Strömungsart laminar/turbulent durch Reynoldszahl:

$$Re := \frac{u \cdot L}{\nu} = \frac{u \cdot L \cdot \rho}{\eta} \quad \nu = \eta / \rho \quad \begin{array}{l} \text{kinematische Viskosität} \\ \eta \quad \text{dynamische Viskosität} \end{array}$$

- $Re_{krit} = 3 \times 10^5$ bis 5×10^5 bei längs angeströmten Platten

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

Kennzahlen bei freier Strömung

Wärmeübergang bei freier Strömung:

- bei technischen Problemstellungen: $\overline{Nu} = C \cdot (Gr \cdot Pr)^m = C \cdot Ra^m$

- Grashofzahl:

$$Gr := \frac{g \cdot \beta \cdot (T_w - T_f) \cdot L^3}{\nu^2} \quad \nu = \eta / \rho \quad \text{kinematische Viskosität}$$

$$\beta = \frac{1}{T} \quad \text{mit } T \text{ in [K]} \quad \text{therm. Ausdehnungszahl}$$

- Beurteilung der Strömungsart laminar/turbulent durch Raleighzahl:

$10^4 < Ra < 10^9$ Grenzschicht laminar

$Ra > 10^9$ Grenzschicht turbulent

Modelle in FDS

Standardmodell in FDS:

Konvektiver Wärmestrom: $\dot{q}_c'' = h(T_g - T_w)$

Wärmeübergangskoeffizient h in FDS: $h = \max \left[C |T_g - T_w|^{\frac{1}{3}}, \frac{k}{L} Nu \right] \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

- natürliche Strömung: vertikale Oberflächen: $C = 1,31$

horizontale Oberflächen: $C = 1,52$

- erzwungene Strömung: $Nu = C_1 + C_2 Re^n Pr^m$

– ebene Flächen: $C_1=0; C_2=0,037; n=0,8; m=0,33; Pr=0,7$

Vorgabe Wärmeübergangskoeffizient h:

- HEAT_TRANSFER_COEFFICIENT

Modelle in FDS

Logarithmic-Law:

- Temperaturgrenzschicht mit dimensionsloser Temperatur: $T^+ = \frac{T_g - T_w}{T_\tau}$

- Profil wird berechnet mit:

$$T^+ = \text{Pr} y^+ \quad \text{for } y^+ \leq 11.81 \quad \text{Pr} = 0,7; \text{Pr}_t = 0,5; \kappa = 0,4 \text{ (Karman Konstante)}$$

$$T^+ = \frac{\text{Pr}_t}{\kappa} \ln y^+ + B_T \quad \text{for } y^+ \geq 11.81 \quad B_T = (3.85 \text{Pr}^{1/3} - 1.3)^2 + 2.12 \ln \text{Pr}$$

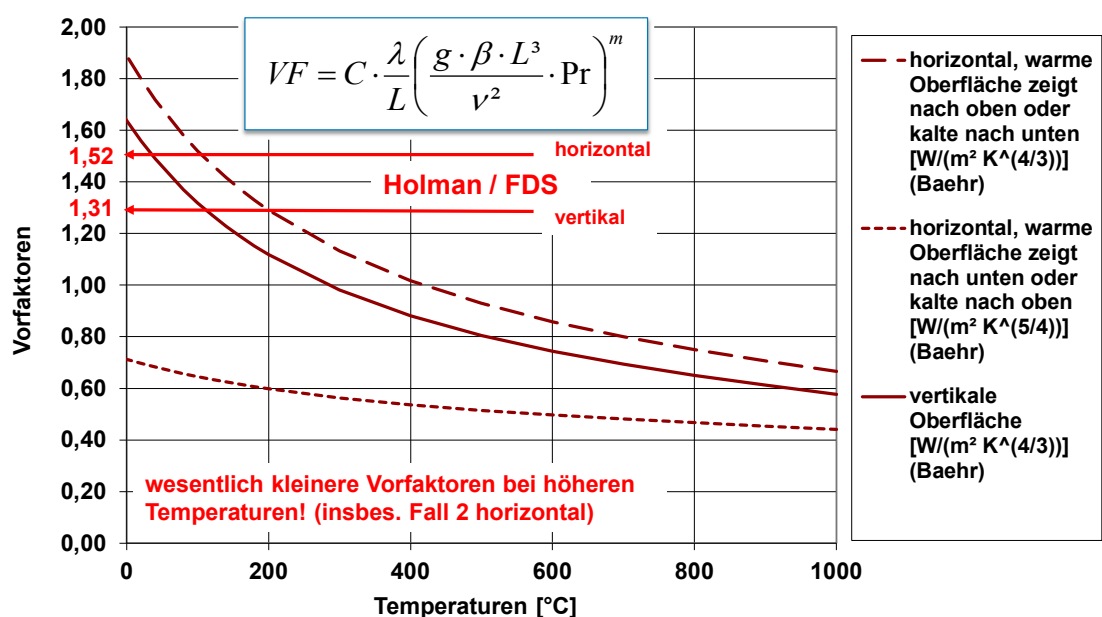
- Temperaturskalierung mit: $T_\tau \equiv \frac{\dot{q}_c''}{\rho c_p u_\tau}$

$$\rightarrow h = \frac{\dot{q}_c''}{(T_g - T_w)} = \frac{\rho c_p u_\tau}{T^+}$$

DNS (ohne Wärmeübergangsmodell):

direkte Berechnung $\dot{q}_c'' = -k \frac{\partial T}{\partial n} = -k \frac{T_w - T_g}{\delta n/2}$

Analyse der Modelle in FDS – freie Konvektion

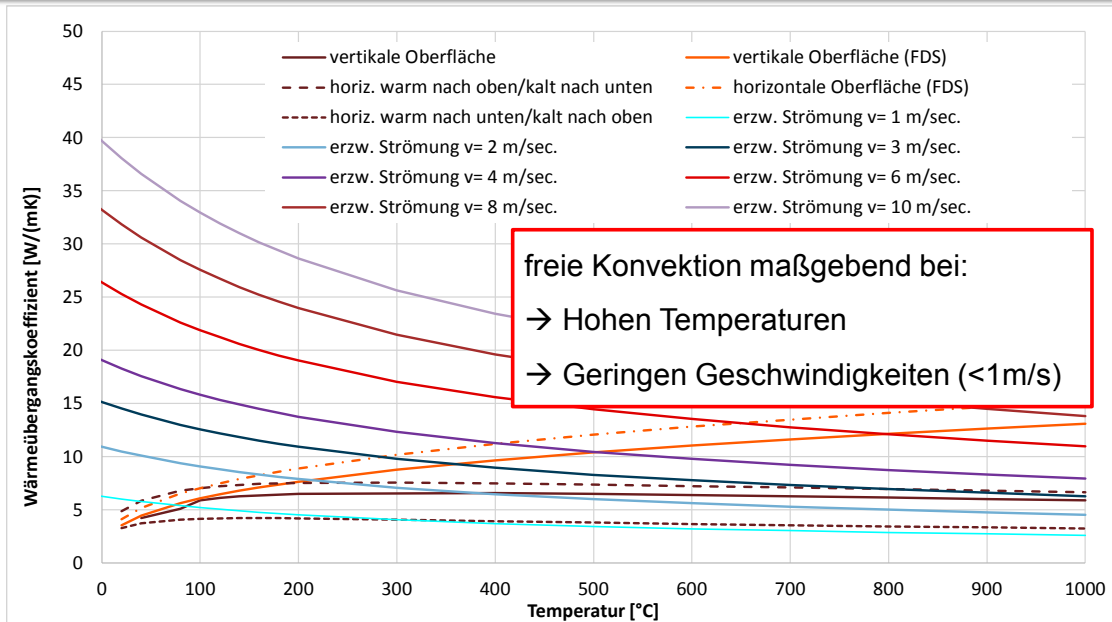


■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

WIJNVELD // INGENIEURE

INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN

Vergleich Wärmeübergangskoeff. freie und erzwungene Konvektion



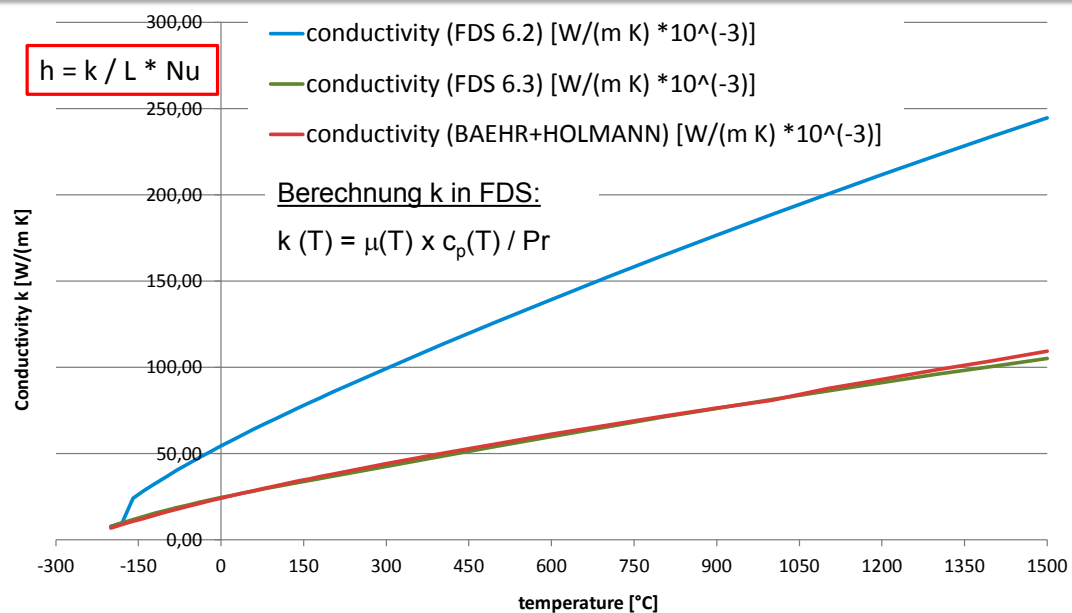
Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

WIJNVELD // INGENIEURE

INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN

Vergleich Wärmeleitfähigkeit (Luft) JANAF-Baehr



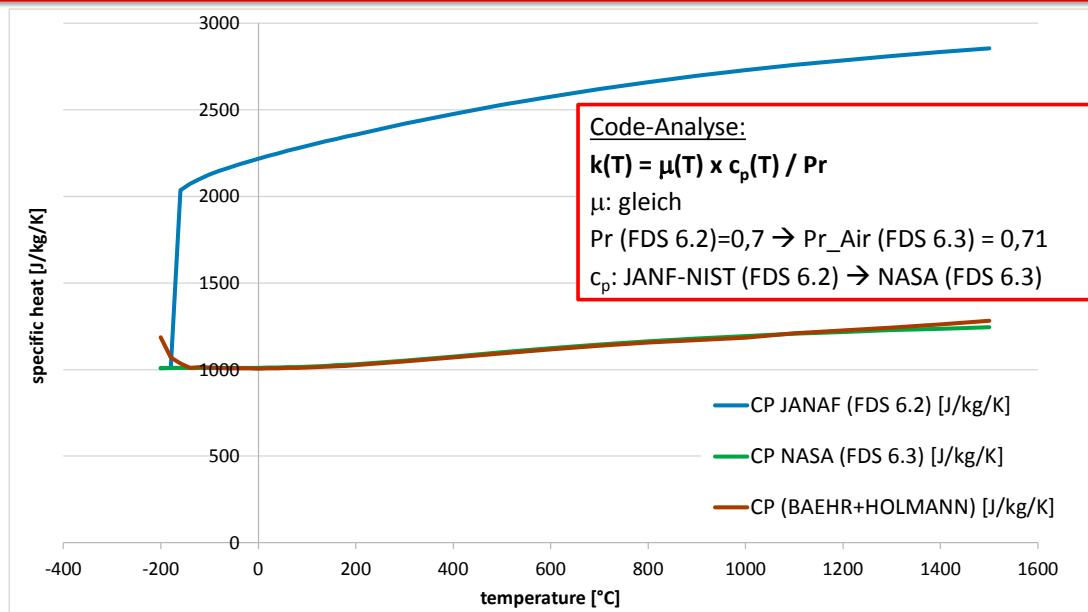
Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

WIJNVELD // INGENIEURE

INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN

Vergleich spezifische Wärmekapazität (Luft) JANAF-NASA-Baehr

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

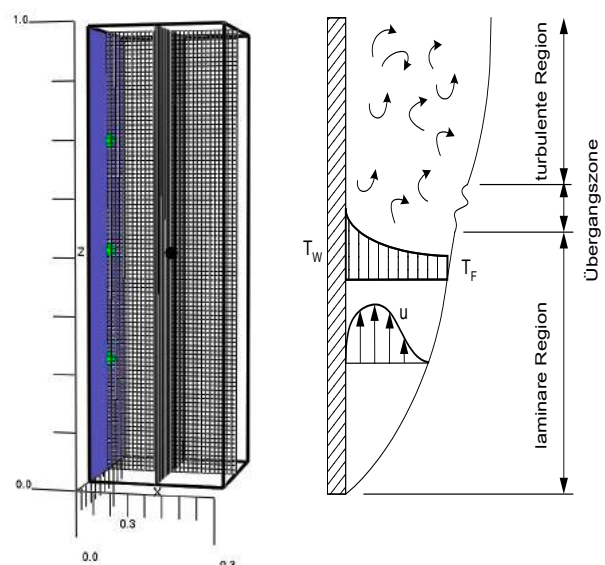
WIJNVELD // INGENIEURE

INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN

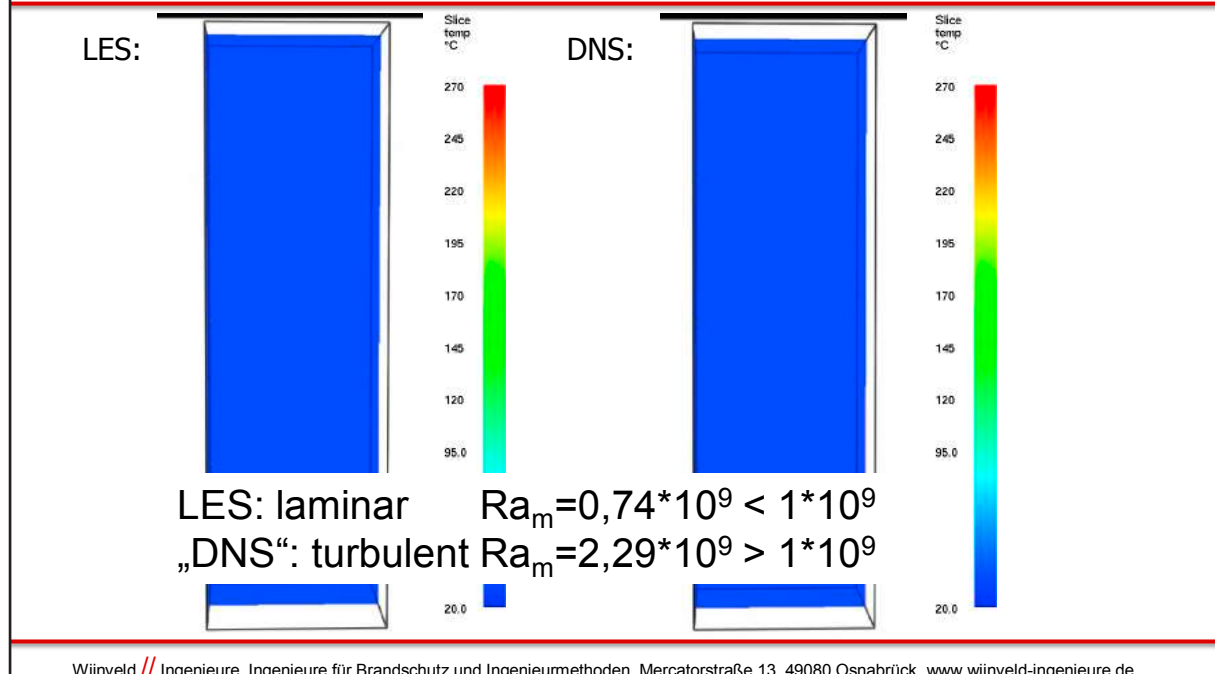
Analyse von Testbeispielen

Freie Strömung:

- 1000°C heiße Wand
- Gitter: 0,3m x 0,3m x 1,0m
- Zellen: 30 x 30 x 100 (1cm)
- „DNS“ und LES Berechnung

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

Analyse von Testbeispielen - Temperaturentwicklung



Analyse von Testbeispielen

Grenzschichtdicken („DNS“/LES):

- mittlere Temperatur: $T_m = 600^\circ\text{C} / 690^\circ\text{C}$
- mittlere Reynoldszahl: $Re_m = 34.125 / 34.533$
- Dicke der Strömungsgrenzschicht:

$$\delta_m \cong \frac{L}{\sqrt{Re}} = \frac{1,0m}{\sqrt{34.125}} = 0,0054m / 0,0054m \text{ (ca. 5,4mm)}$$

- mittlere Pecletzahl: $Pe_m = 24.730 / 25.206$

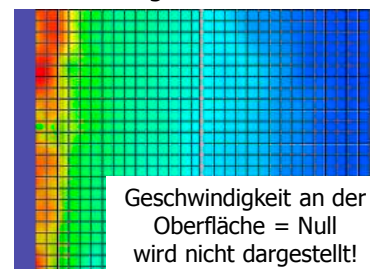
- Dicke der Temperaturgrenzschicht:

$$\delta_{T,M} \cong L \cdot \sqrt{\frac{a}{u \cdot L}} = \frac{L}{\sqrt{Pe}} = \frac{1,0m}{\sqrt{24.730}} = 0,0064m / 0,0063m \text{ (ca. 6,3mm)}$$

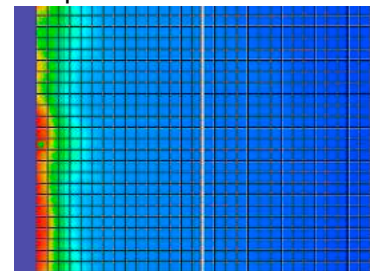
- Grenzschichten nicht ausreichend aufgelöst!

→ kleinere Zellgröße erforderlich

Geschwindigkeit:



Temperatur:



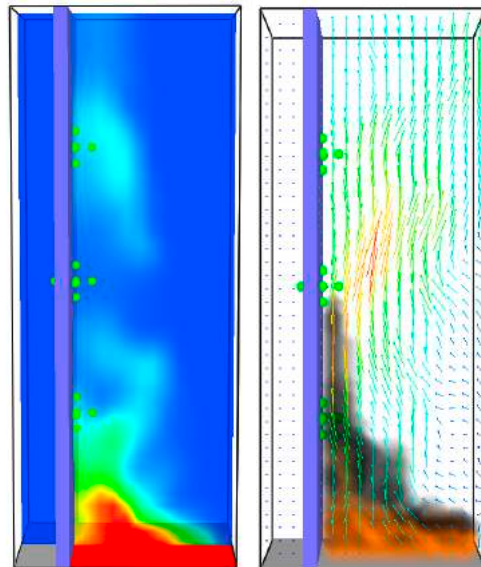
■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

WIJNVELD // INGENIEURE

INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN

Analyse von Testbeispielen

- 1000°C heißer Boden / HRRPUA
- Gitter: 0,4m x 0,3m x 1,0m
- Zellen: 16 x 12 x 25 (2,5cm)
- Varianten:
 - 1.000°C; $v = 0,0$ m/s
 - 1.000°C; $v = 0,0$ m/s; $HTC = 35$ W/(m²K)
 - 1.000°C; $v = 0,0$ m/s; $HTM=LOGLAW$
 - $HRRPUA = 250$ kW/m²; $v = 0,0$ m/sec.
 - 1.000°C; $v = 10,0$ m/s
 - $\varepsilon=0,9$ und $\varepsilon=0,0$

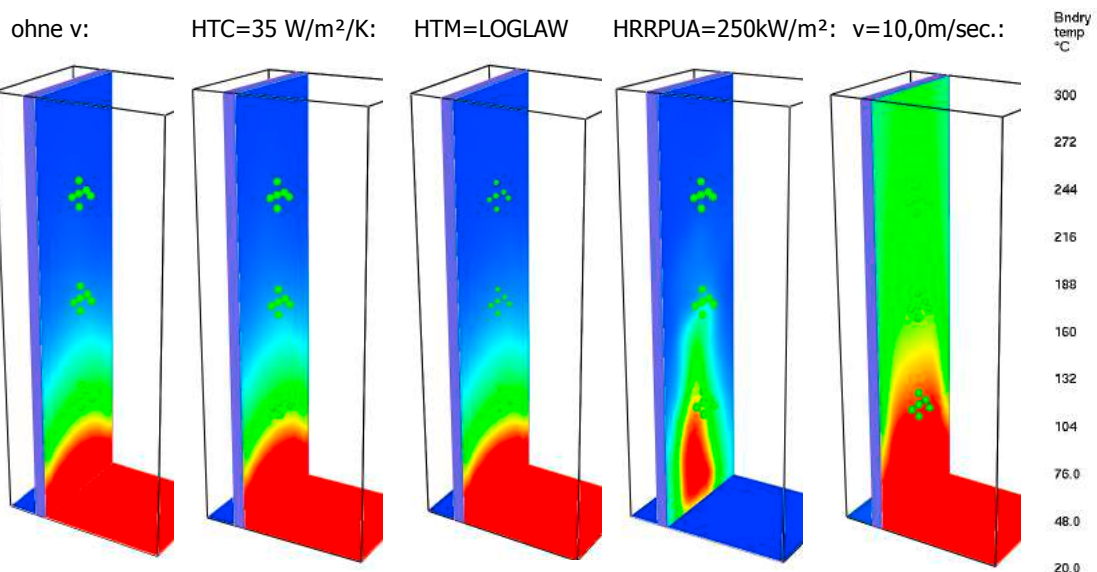
Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

WIJNVELD // INGENIEURE

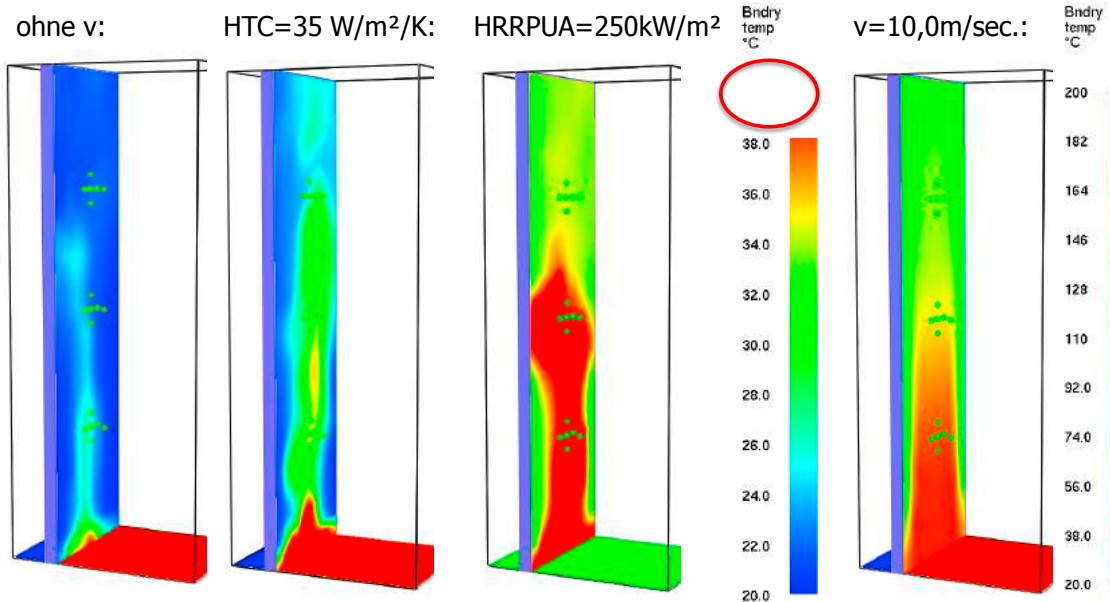
INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN

Analyse von Testbeispielen - Wärmedurchgang

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

WIJNVELD // INGENIEURE

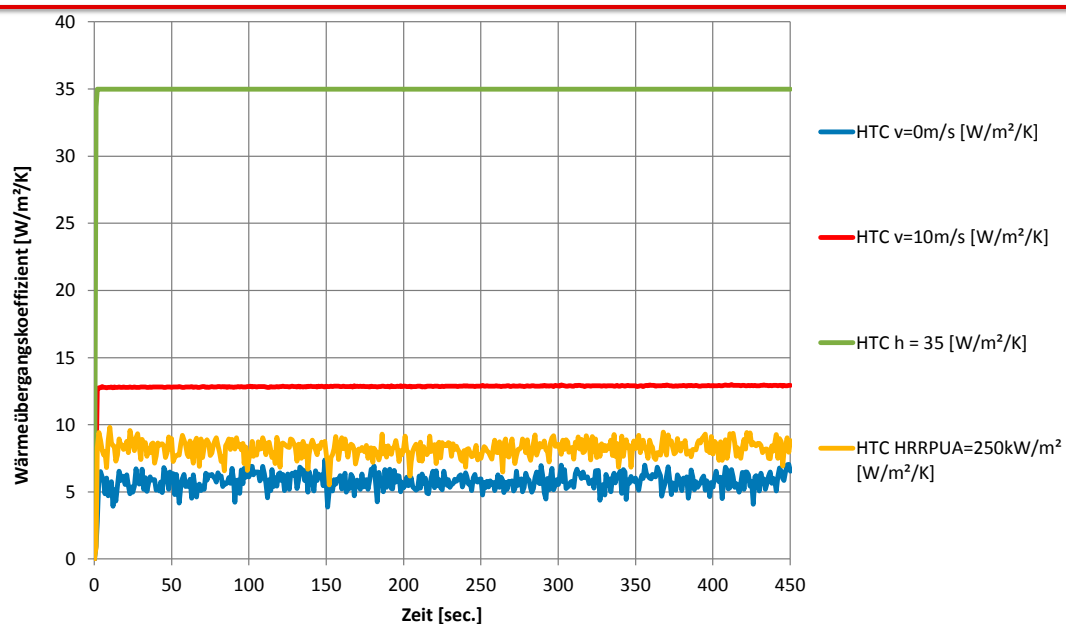
INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODENAnalyse von Testbeispielen – Wärmedurchgang ohne Strahlung ($\varepsilon=0.0$)Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

WIJNVELD // INGENIEURE

INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN

Analyse von Testbeispielen

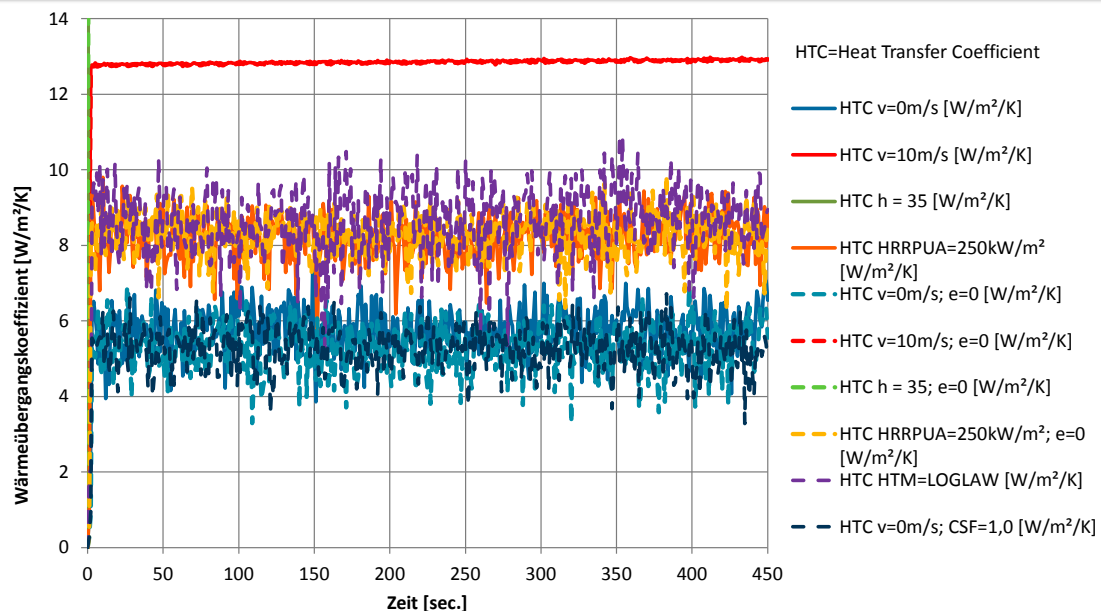
Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

WIJNVELD // INGENIEURE

INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN

Analyse von Testbeispielen

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

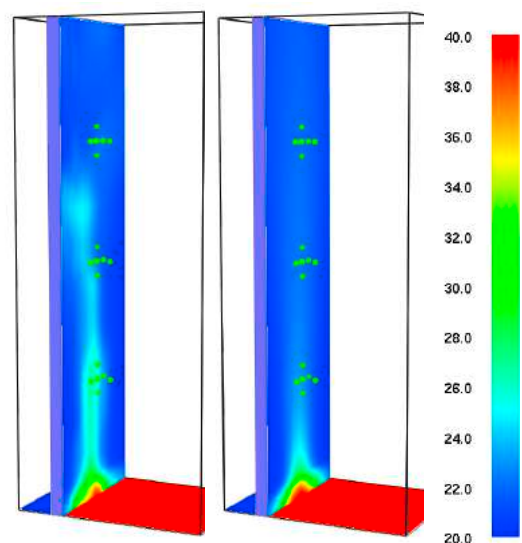
WIJNVELD // INGENIEURE

INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN

Analyse von Testbeispielen

- FDS-Berechnung nachvollziehbar
- HTC mit und ohne Strahlung in etwa gleich
- mit Geschwindigkeitsvorgabe höhere HTC
- bei Vorgabe HRRPUA höhere HTC als bei freier Konvektion
- 1. Layerdicke geringer Einfluss auf Oberflächentemperatur feststellbar

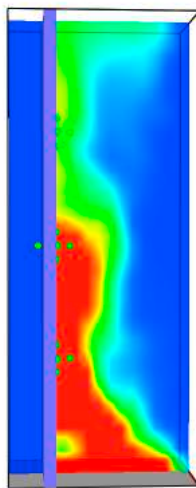
1. Layer: 2cm 0,078cm

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

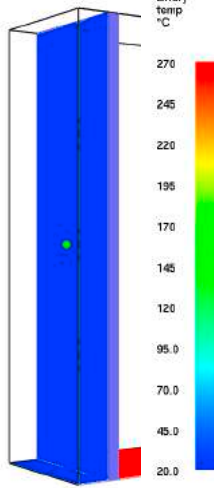
Analyse von Testbeispielen - Wärmedurchgang

Betonwand (10cm):

Gastemperatur:

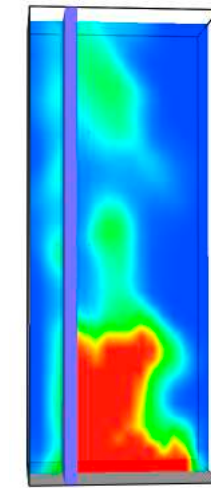


Rückseite:

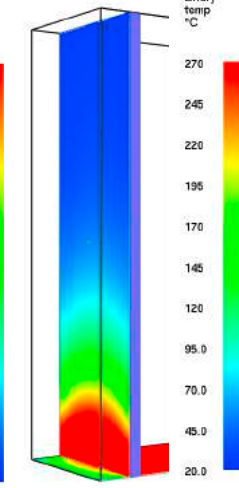


Stahlblech (1mm):

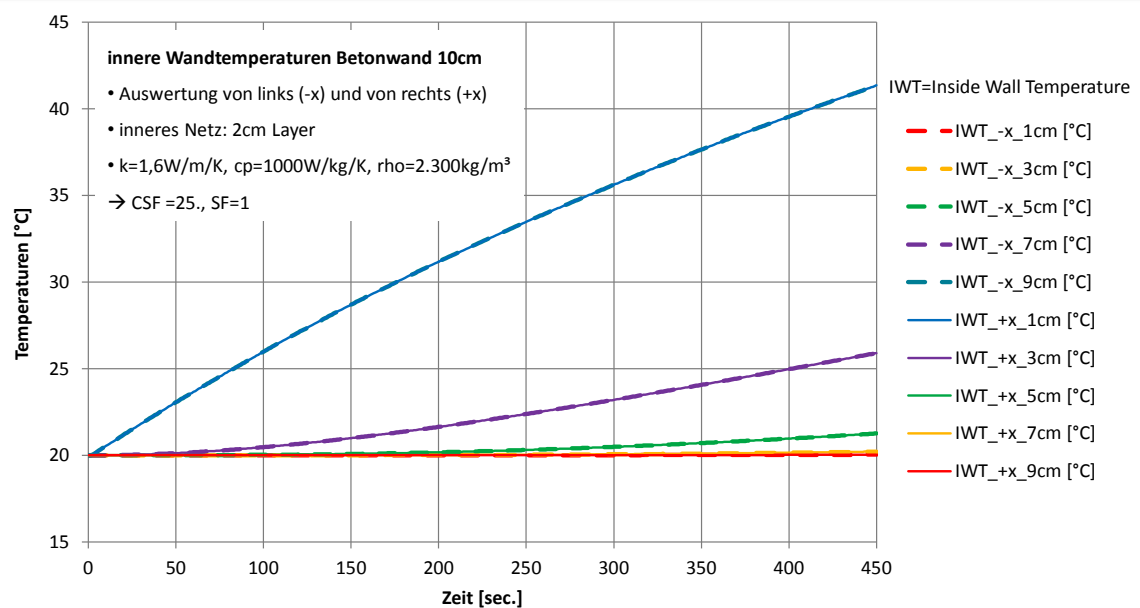
Gastemperatur:



Rückseite:

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

Analyse von Testbeispielen - Wärmedurchgang

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

WIJNVELD // INGENIEURE
INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN**Fazit**

- Grenzschichten bei üblichen Simulationen nicht auflösbar
- Modelle zur Berechnung der Konvektion erforderlich
- Verschiedene Modelle in FDS implementiert
- Modelle zunehmend verbessert (erweitert)
- Strahlung maßgebend bei der Erwärmung der Bauteile (ΔT^4)
- Berechnung des Wärmedurchgang verbessert

Weitere Untersuchungen/Verbesserungen:

- Erweiterung Modell bei heißer Oberfläche nach unten bzw. kalte nach oben
- Doppelte Berechnung des Wärmedurchgang von beiden (vier bzw. sechs) Seiten

Wijnveld // Ingenieure, Ingenieure für Brandschutz und Ingenieurmethoden, Mercatorstraße 13, 49080 Osnabrück, www.wijnveld-ingenieure.de

■ 9. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

WIJNVELD // INGENIEURE
INGENIEURE FÜR BRANDSCHUTZ
UND INGENIEURMETHODEN

**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Bjarne Husted:**Comparison of experiments and numerical simulations of a highpressure water mist curtain as a radiation shield****Abstract:**

This work is based on two recent M.Sc. theses by Daniel A. Martin (Martin, 2015) and Jasper Ho (Ho, 2015). The thesis by Martin investigates experimentally the radiation shielding effects of water mist from real fires (a radiation panel and a line burner), an area where there has been very little experimental work. The thesis by Ho showed very promising results when modelling an actual high pressure water mist nozzle in the Fire Dynamic Simulator version 6.1.2. Due to Mie scattering assumptions and the complex multiple scattering in dense sprays, the radiation shielding is difficult to verify numerically. In addition, the drop sizes within the spray used in the both the experiments and the simulations, which was previously determined by PDA (Husted, Petersson, Lund, & Holmstedt, 2009), has been verified by the use of a Malvern particle sizer. The Malvern uses laser diffraction to measure droplet size. The present work combines the findings from these two theses. The experimental setup used by Martin is simulated in FDS 6.3 with the method provided by Ho to see if FDS 6.3 can reproduce the complicated radiative heat transfer. Initial findings are showing promising results.

Ho, J. (2015). Effect of water mist system on a controlled fire. (M.Sc. thesis M.Sc. thesis), Lund University, Lund. (Report 5498)

Husted, B. P., Petersson, P., Lund, I., & Holmstedt, G. (2009). Comparison of PIV and PDA droplet velocity measurement techniques on two high-pressure water mist nozzles. *Fire Safety Journal*, 44(8), 1030-1045.

Martin, D. A. (2015). The Use of a Water Mist Curtain as a Radiation Shield. (M.Sc. thesis M.Sc. thesis), Lund University, Lund. (Report 5497)

Comparison of experiments and numerical simulations of a high pressure water mist curtain as a radiation shield

Bjarne P. Husted

Jasper Ho

Daniel Martin



Acknowledgement

- This presentation is largely build on two M.Sc. Thesis done at Lund University by Jasper Ho and by Daniel Martin (my co-authors)
- Ho, J. (2015). Effect of water mist system on a controlled fire. (M.Sc. thesis M.Sc. thesis), Lund University, Lund. (Report 5498)
<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=5431547&fileId=5431737>
- Martin, D. A. (2015). *The Use of a Water Mist Curtain as a Radiation Shield*. (M.Sc. thesis M.Sc. thesis), Lund University, Lund. (Report 5497)
<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=5431385&fileId=5431396>
- Danfoss and Danfoss Semco for pump and pipework



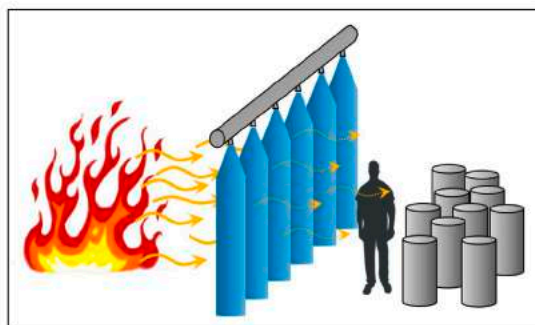
Contents

Objectives of the research
Background work
Theoretical calculations
Experimental setup
Numerical Results
Conclusion



Potential uses of a water mist curtain shield

- Protect operational control rooms
- Protecting high value targets from radiation exposure
- Prevent fire spread; i.e. compartmentation



Objectives of the research

- Measure the radiation attenuation through a high pressure low flow rate single nozzle water mist curtain
- Find the different radiation attenuation levels based on:
 - The vertical position within the water mist column
 - Vertical plane angle of the heat flux gauge
 - Radiation source



Previous experimental research

- Nozzle sizes tested:
 - Firefighting nozzles, sprinkler heads, and water mist heads
- Pressures and nozzle flow rate:
 - 0.076 - 10 bars
 - 0.12 – 4.7 L/min (mist), 360 – 1363 L/min (fire nozzle)
- Sources of radiation:
 - Gas radiant panel, liquid pool fire, wood crib fire, Fourier Spectrometer
- $D_v0.5$ sizes:
 - Varied by location in the spray column and the nozzle (24 – 550+ μm)
- 10-70% attenuation

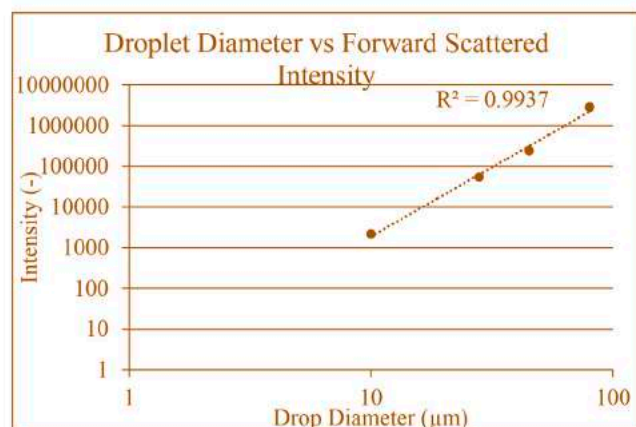
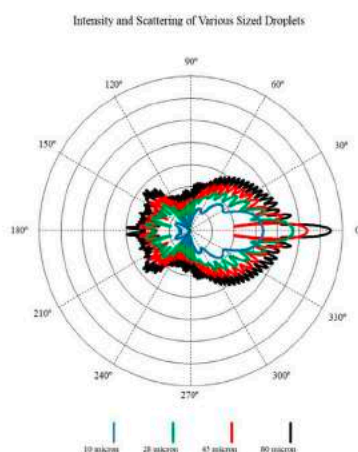


Mie scattering using MiePlot

- Simplified method for solving the complex radiation transfer equation
- Physics approach to solving the scattering and extinction of an electromagnetic wave hitting a spherical particle
- MiePlot (a program by Phillip Laven)
 - Single source point, scattering analysis of a single droplet
 - Input: wavelength, droplet size/distribution, refractive indices
 - Outputs: several options but Intensity vs Scattering Angle of greatest interest

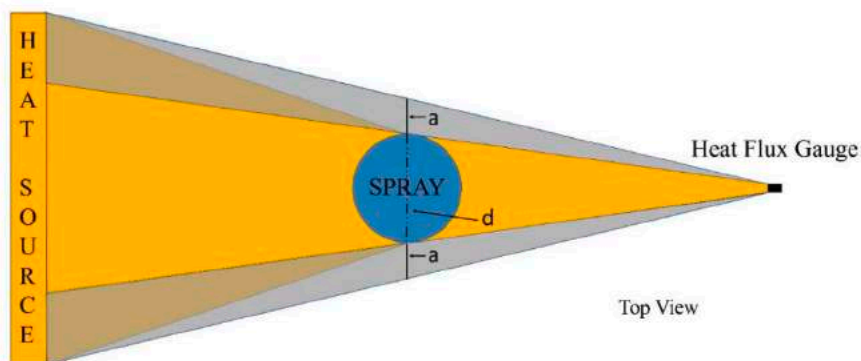


Theoretical Mie scattering for a single droplet



Attenuation calculation

$$\text{Attenuation} = 1 - \frac{\text{Measured radiation *with* water mist}}{\text{Measured radiation *without* water mist}}$$



Experimental setup

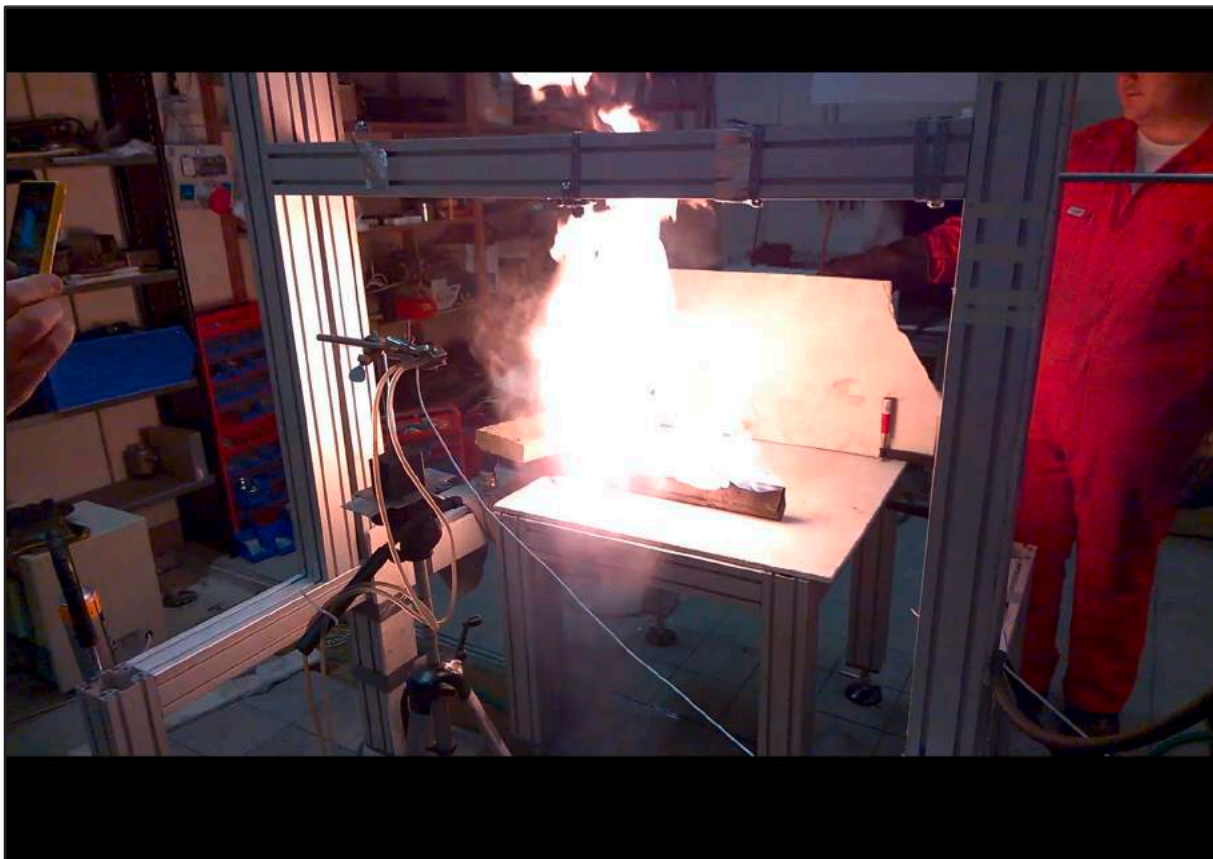
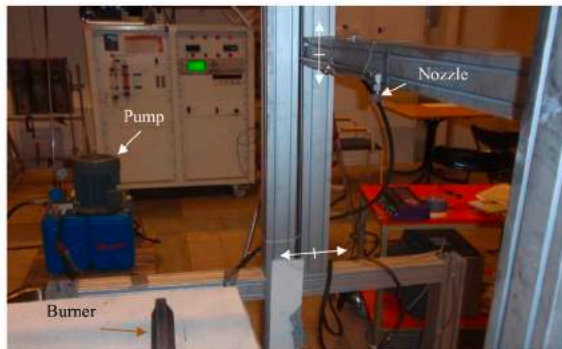
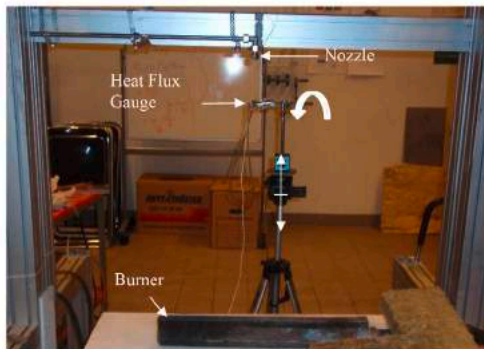
- Danfoss Water Mist System
 - Power Pack PPH 6.3 with a piston pump (4 L/min)
 - Single nozzle: 1910 Hollow Cone Nozzle (0.42 L/min)
 - Operating pressure: 100 Bars
 - Single fluid spray



<https://stateofgreen.com/en/profiles/danfoss/solutions/fire-suppression-with-water-mist-in-microbiological-laboratory>

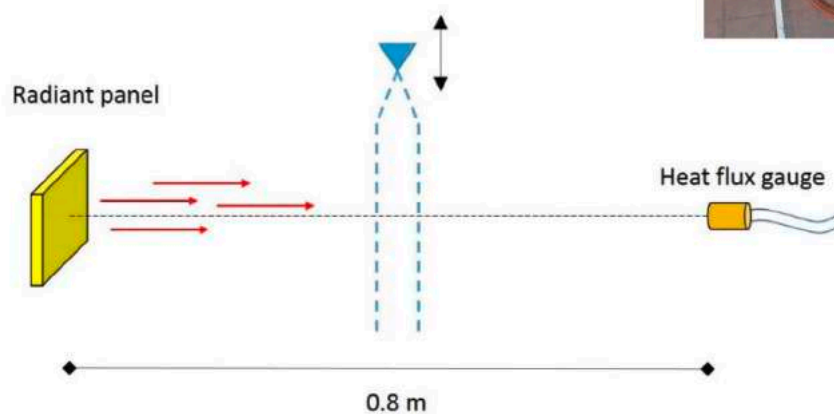


Experimental setup

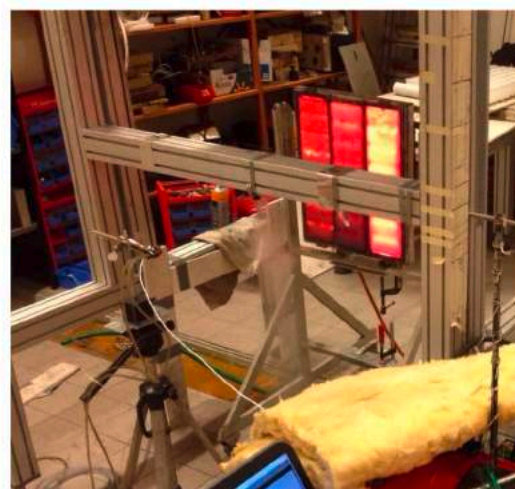
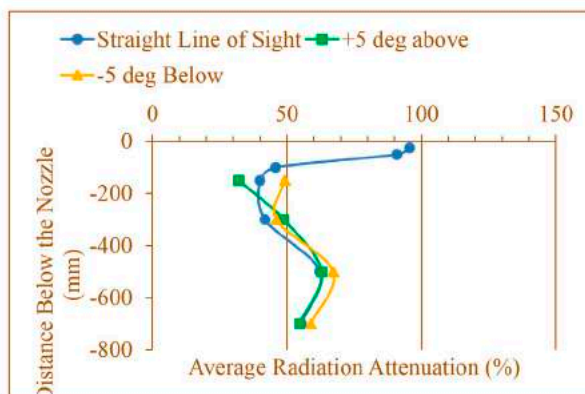


Experimental setup

3 burner propane radiant panel: 39 x 47 cm

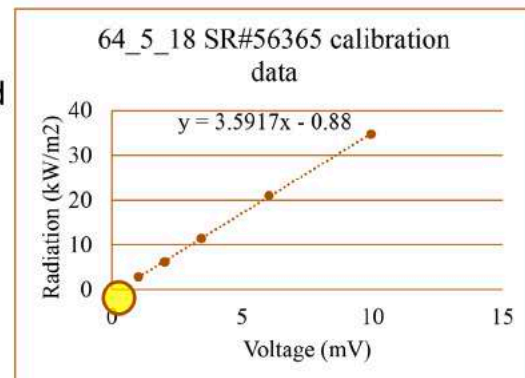


Results (radiant panel)

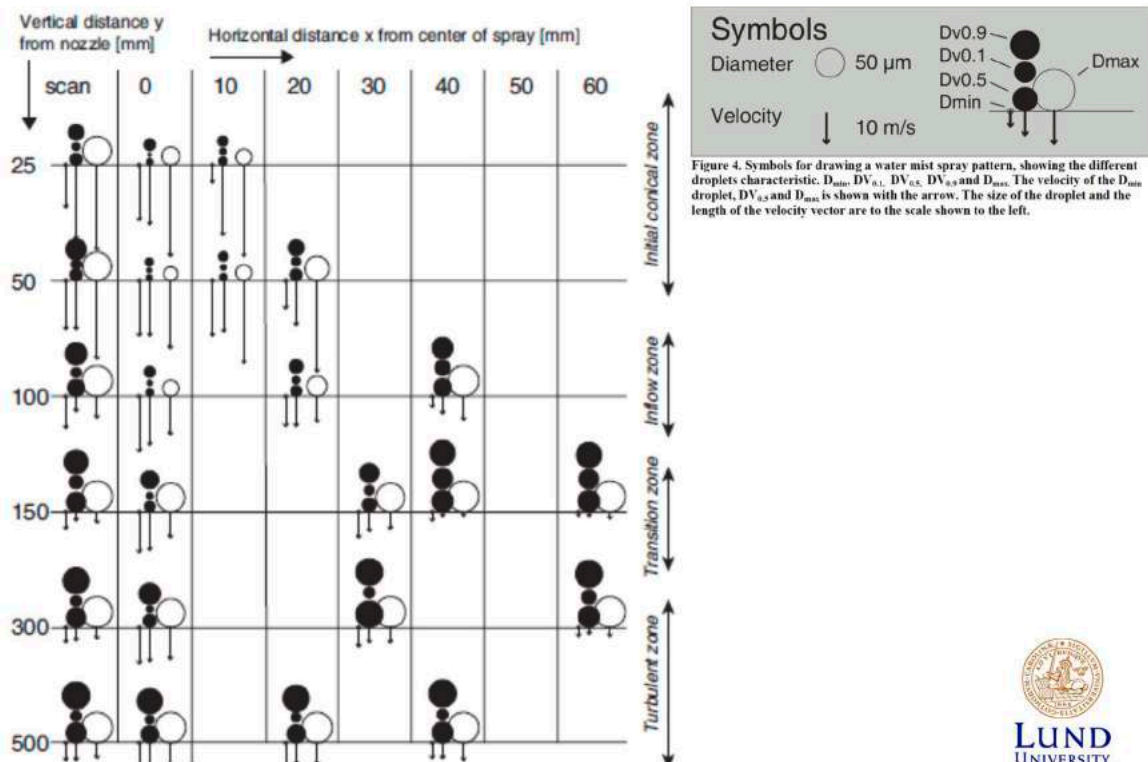


Uncertainties affecting the experimental results

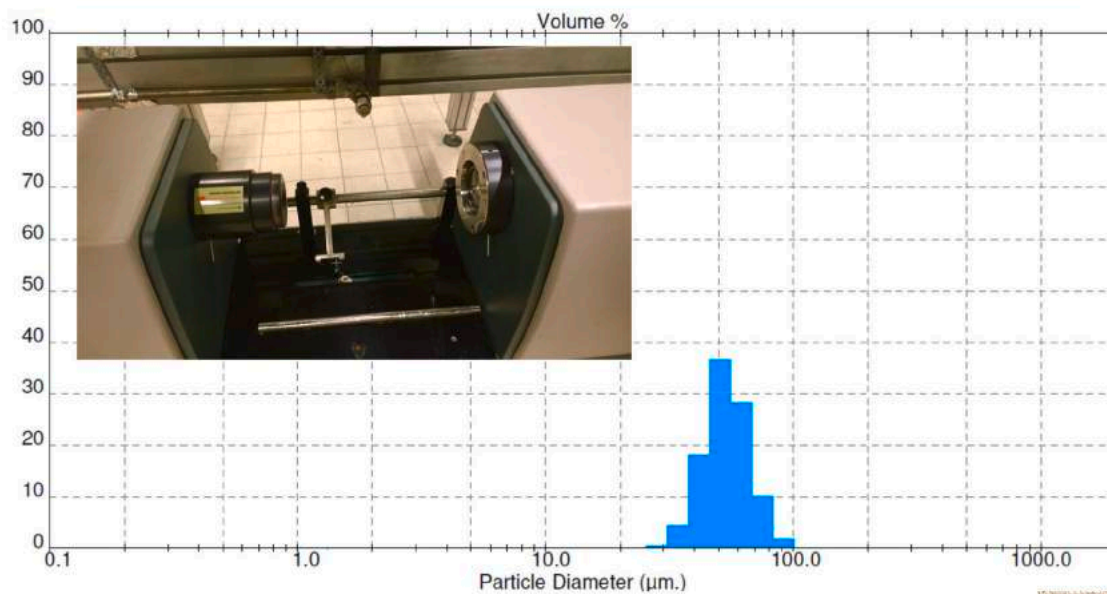
- Misalignment between the heat source, centerline of the spray, and the heat flux gauge
- Radiation levels measured fall below the known calibration curve of the heat flux gauge
- Equipment reading uncertainties
- Water mist/heat source interaction



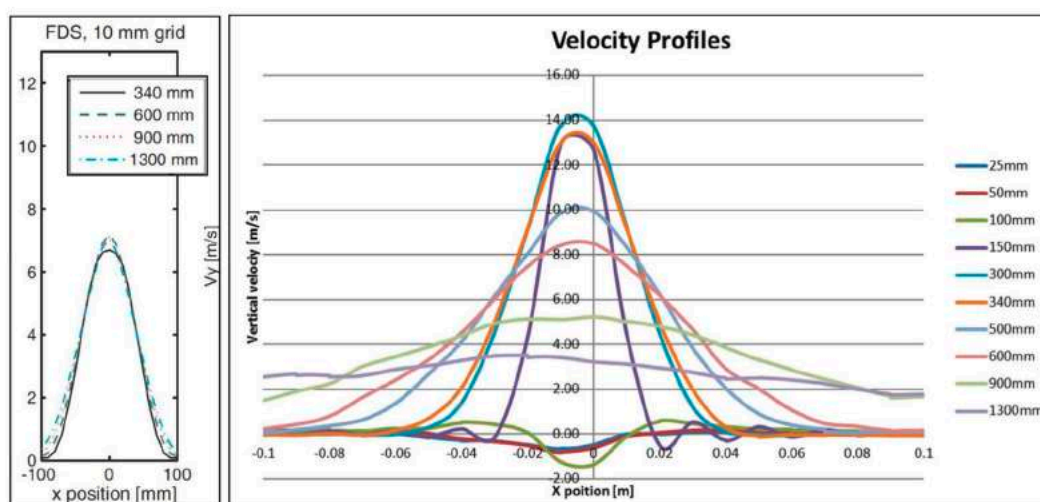
Droplet size and velocity for Danfoss 1910 nozzle used in experiments (from Husted, PhD. Thesis)



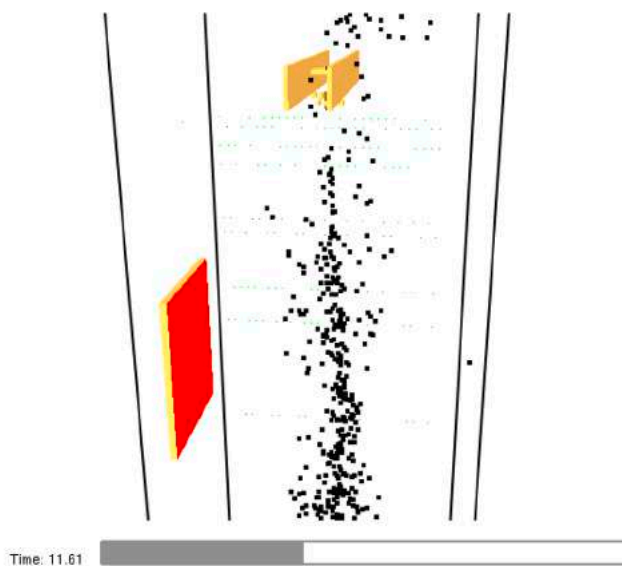
Malvern to verify previous experiments with Phase Doppler Anemometry (PDA)



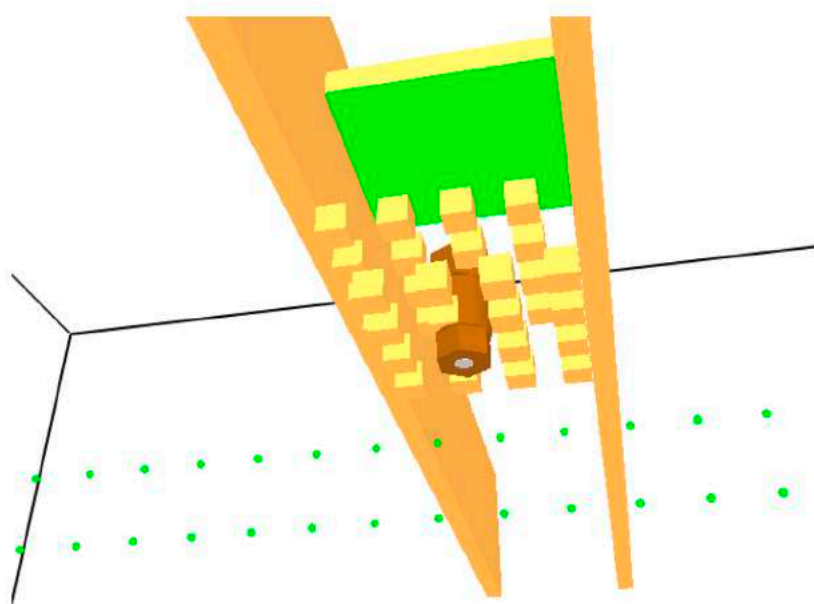
Previous simulation (Husted 2007) FDS 4.07 and FDS 6.1.2 (Ho)

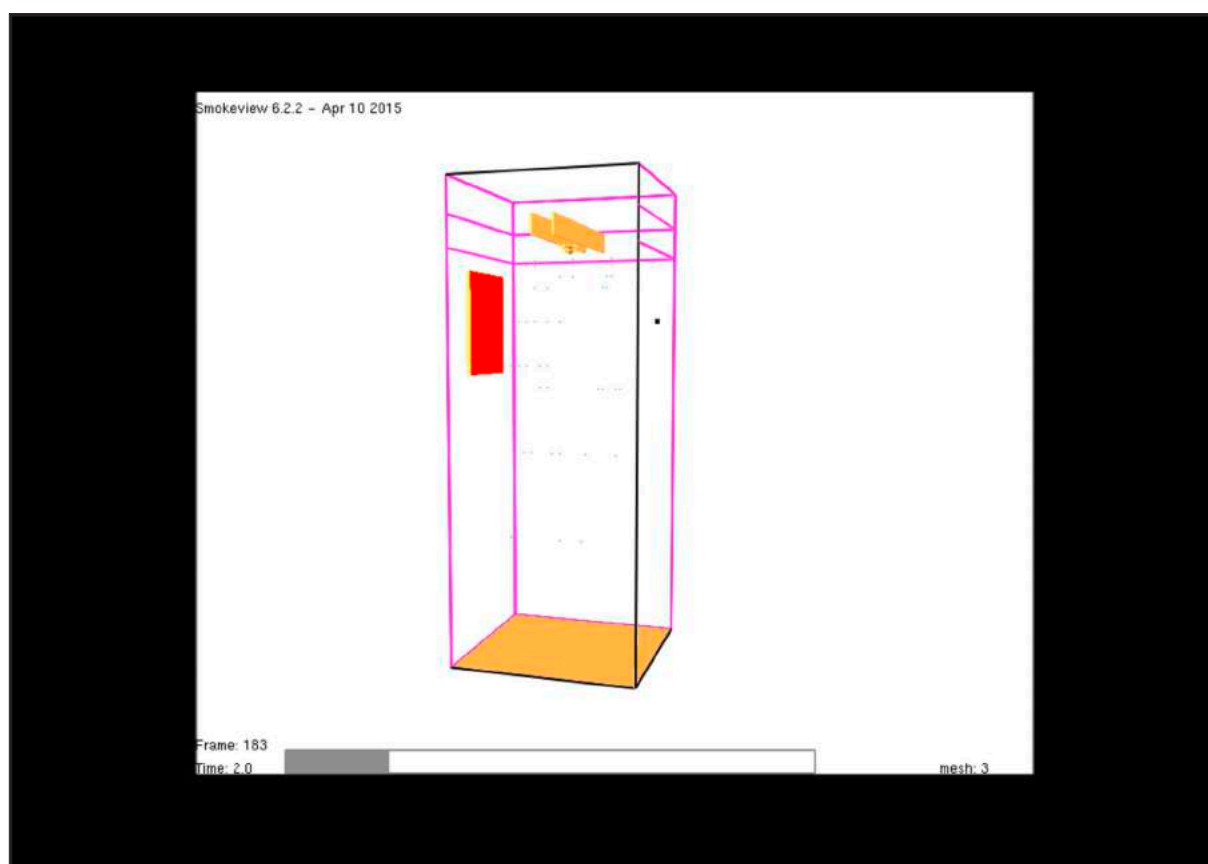


Simulation setup (FDS 6.2 and 6.3)



Modelling of spray

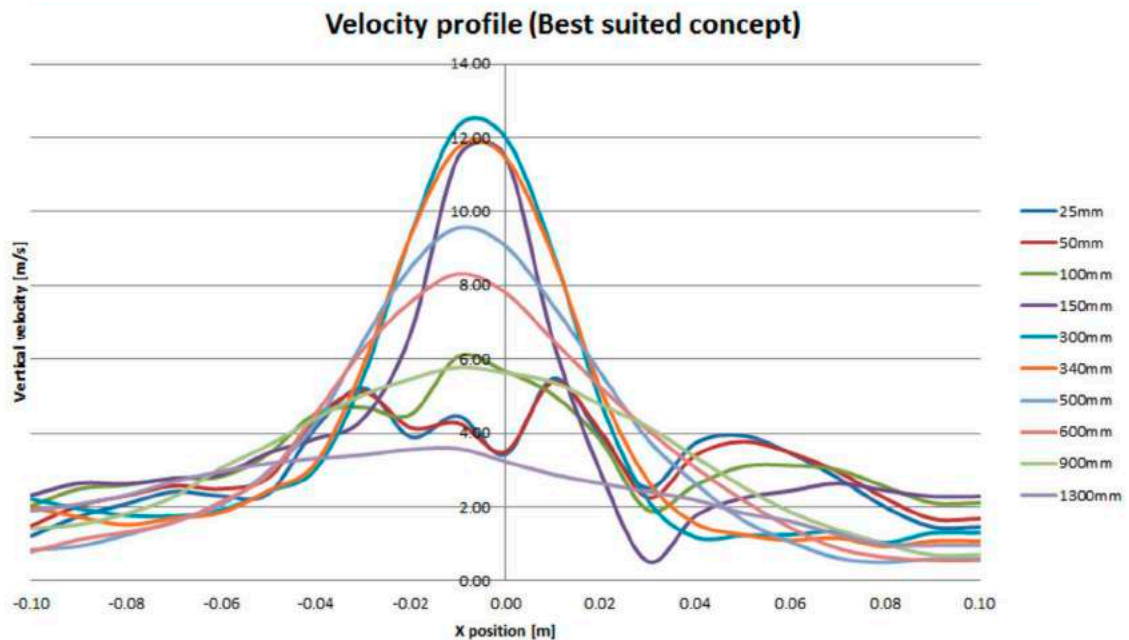




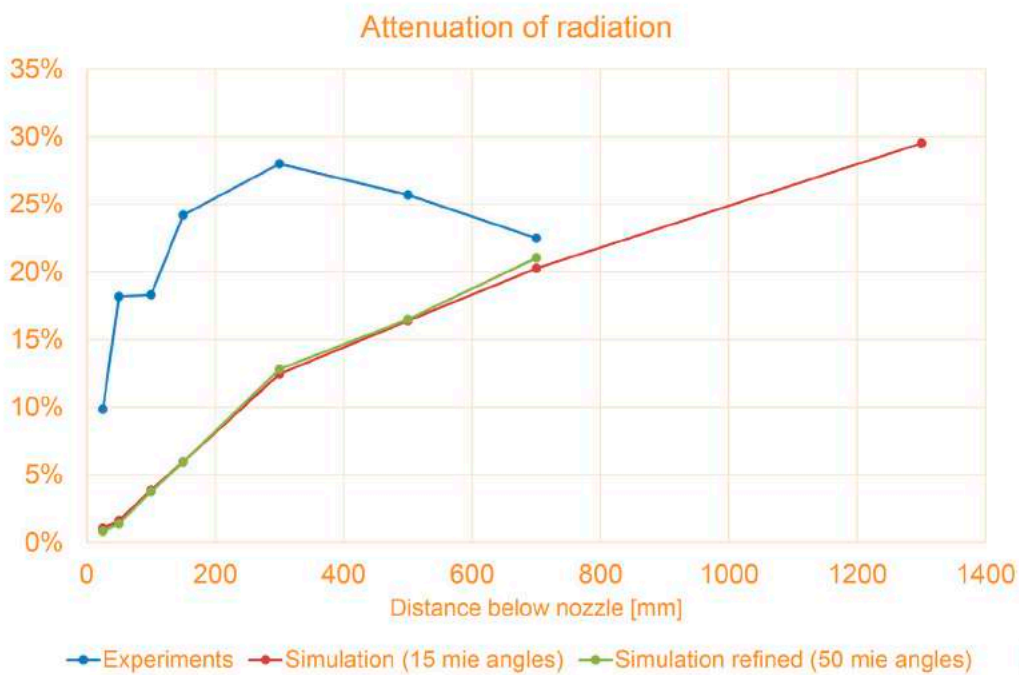
Comparison between simulated maximum velocities and experimental results

Distance from nozzle (mm)	Exp V_{peak}	Simulation							
		100%		70%		65%		60%	
		V_{peak}	Diff	V_{peak}	Diff	V_{peak}	Diff	V_{peak}	Diff
25	32.00	5.44	-26.56	5.56	-26.44	5.48	-26.52	5.53	-26.47
50	26.00	5.34	-20.66	5.49	-20.51	5.38	-20.62	5.44	-20.56
100	21.00	5.45	-15.55	6.11	-14.89	6.07	-14.93	6.09	-14.91
150	18.00	13.63	-4.37	12.57	-5.43	11.48	-6.52	11.17	-6.83
300	12.50	15.13	2.63	13.01	0.51	12.32	-0.18	11.78	-0.72
340	12.00	14.45	2.45	12.55	0.55	11.74	-0.26	11.23	-0.77
500	8.00	11.42	3.42	9.90	1.90	9.56	1.56	9.11	1.11
600	5.40	9.76	4.36	8.38	2.98	8.31	2.91	8.00	2.60
900	3.60	6.65	3.05	5.52	1.92	5.78	2.18	5.36	1.76
1300	2.20	4.14	1.94	3.59	1.39	3.58	1.38	3.39	1.19

Velocity profile



Results



Sensitivity of simulation results

- Version of FDS
- Parameter for MIE scattering calculation

	Number of Mie angles	Attenuation
Experiment (700 mm)	-	23%
FDS 6.2.0	15	20.3%
FDS 6.3.0	15	20.4%
FDS 6.2.0	30	20.2%
FDS 6.3.0	30	20.2%

- No difference between FDS 6.2.0 and 6.3.0 and very small effect of increasing number of Mie angles



Conclusion

- Simulation results about the same magnitude as experimental results
- Trends in simulation follows experiments until 300 mm below nozzle
- Further downward simulation overestimate radiation levels
- These differences are probably due to the modelling of the spray rather than the spray radiation model in FDS



Future work

- Integration of multiple nozzles
- Larger diffusion flame to increase separation distances
- Various nozzle orientations
- Incorporating various nozzle types



Corinna Trettin, Tobias Kohn, Prof. Friedrich-Wilhelm Wittbecker:

Erfahrungen mit dem Toxizitätsmodell in FDS

Abstract:

Mit der Weiterentwicklung des CFD Modells Fire Dynamics Simulator (FDS) von der Version 5 auf 6 besteht die Möglichkeit mehrere Reaktionsgleichungen zur Definition der Verbrennungsreaktion zu erstellen. Weiterhin wurde das FED-Konzept zur Beurteilung der Fluchtfähigkeit um die Komponenten CN, NOx und reizende Wirkstoffe erweitert.

Anhand eines fiktiven Zimmerbrandes wird die unterschiedliche Beurteilung der Toxizität zwischen den verschiedenen FDS Versionen aufgezeigt. Weiterhin werden die derzeitigen Grenzen des Toxizitätsmodells in FDS 6 durch die Modellierung von Experimenten im Labormaßstab zur Validierung untersucht.

Stichwörter: Rauchgasausbreitung; Toxizität; Validierung

9. Anwender-Treffen 2015

BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Erfahrungen mit dem Toxizitätsmodell in FDS

C. Trettin*, T.Kohn*, F.-W. Wittbecker*


*Bergische Universität Wuppertal

Erfahrungen mit dem Toxizitätsmodell in FDS

BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Inhalt

- Grundlagen
 - Verbrennungsgase
 - FED-Konzept
- Vergleich Verbrennungsmodelle FDS 5 & 6
 - Brandszenario: Rauchgasausbreitung
- Validierungsfall
 - Controlled-Atmosphere Cone Calorimeter
- Fazit

Grundlagen  BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL


Verbrennungsgase

Kohlenmonoxid (CO)	➔ Narkotische Wirkung
Kohlendioxid (CO ₂)	
Cyanwasserstoff (HCN)	
Chlorwasserstoff (HCl)	➔ Irritative Wirkung
Fluorwasserstoff (HF)	
Bromwasserstoff (HBr)	
Nitrose Gase (NO, NO ₂)	
Schwefeldioxid (SO ₂)	
Ammoniak (NH ₃)	
u.a.	

Fractional Effective Dose (FED)

$$FED = \frac{Ct}{eff\ Ct}$$

[1]

Vergleich Verbrennungsmodelle  BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

FDS 5

- Mixture Fraction Combustion

$$C_x H_y O_z N_v \text{Other}_w + v_{O_2} O_2 \rightarrow v_{CO_2} CO_2 + v_{H_2O} H_2O + v_{CO} CO + v_{soot} Soot + v_{N_2} N_2 + v_{H_2} H_2 + v_{Other} \text{Other}$$

FDS 6

- Single-Step, Mixing-Controlled Combustion

$$C_x H_y O_z N_v + v_{O_2} O_2 \rightarrow v_{CO_2} CO_2 + v_{H_2O} H_2O + v_{CO} CO + v_S Soot + v_{N_2} N_2$$

- Complex Stoichiometry

$$\underbrace{1 (CH_4)}_{\text{Fuel}} + 9.636 \underbrace{(0.2076 O_2 + 0.7825 N_2 + 0.0095 H_2O + 0.0004 CO_2)}_{\text{Air}} \rightarrow 10.636 \underbrace{(0.0944 CO_2 + 0.1966 H_2O + 0.7090 N_2)}_{\text{Products}}$$

[2,3]

Vergleich FED Konzept

FDS 5

$$FED_{\text{tot}} = FED_{\text{CO}} \times HV_{\text{CO}_2} + FED_{\text{O}_2}$$

➡ Narkotische Wirkung

FDS 6

$$FED_{\text{tot}} = (FED_{\text{CO}} + FED_{\text{CN}} + FED_{\text{NO}_x} + FLD_{\text{irr}}) \times HV_{\text{CO}_2} + FED_{\text{O}_2}$$

➡ Narkotische Wirkung

$$FLD_{\text{irr}} = \int_0^t \left(\frac{C_{\text{HCl}}(t)}{F_{\text{FLD,HCl}}} + \frac{C_{\text{HBr}}(t)}{F_{\text{FLD,HBr}}} + \frac{C_{\text{HF}}(t)}{F_{\text{FLD,HF}}} + \frac{C_{\text{SO}_2}(t)}{F_{\text{FLD,SO}_2}} + \frac{C_{\text{NO}_2}(t)}{F_{\text{FLD,NO}_2}} + \frac{C_{\text{C}_3\text{H}_4\text{O}}(t)}{F_{\text{FLD,C}_3\text{H}_4\text{O}}} + \frac{C_{\text{CH}_2\text{O}}(t)}{F_{\text{FLD,CH}_2\text{O}}} \right) dt$$

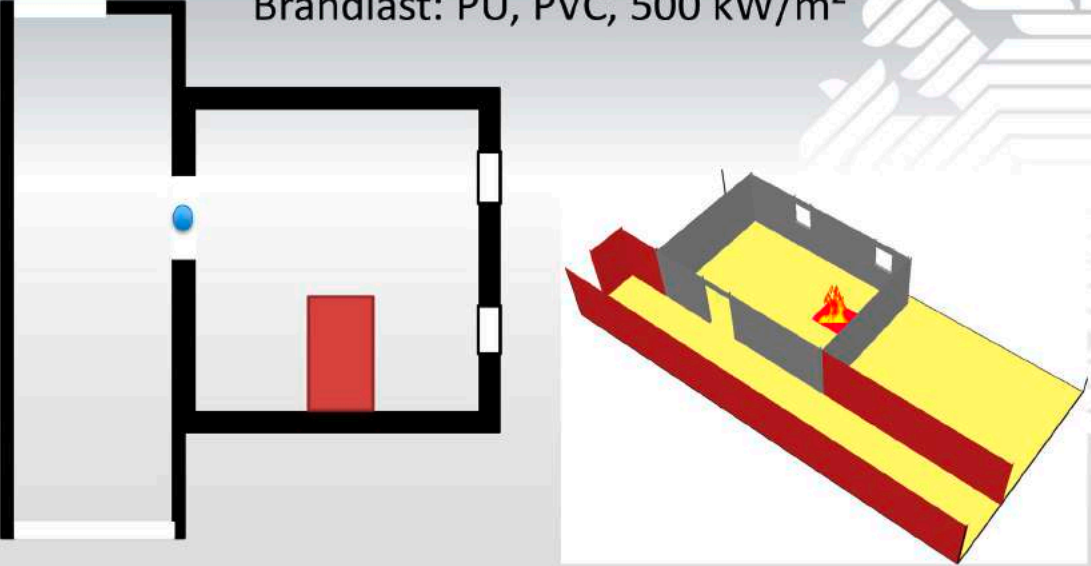
➡ Irritative Wirkung

[2,3]

Vergleich Verbrennungsmodelle

Brandszenario: Rauchgasausbreitung

Brandlast: PU, PVC, 500 kW/m²



Vergleich Verbrennungsmodelle

BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

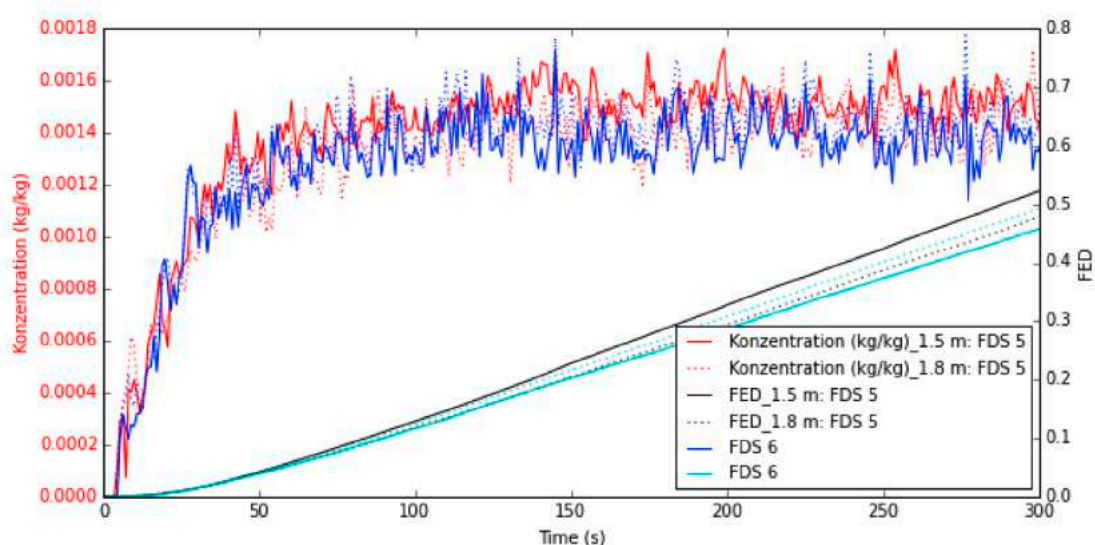
Brandszenario: Rauchgasausbreitung

- PU
- $C_1 H_{1.7} O_{0.3} N_{0.08}$
 - Mixture Fraction Combustion (FDS 5)
 - Single-Step, Mixing-Controlled Combustion (FDS 6)
- PVC
- $C_2 H_3 Cl_1$
 - Mixture Fraction Combustion (FDS 5)
 - Complex Stoichiometry (FDS 6)

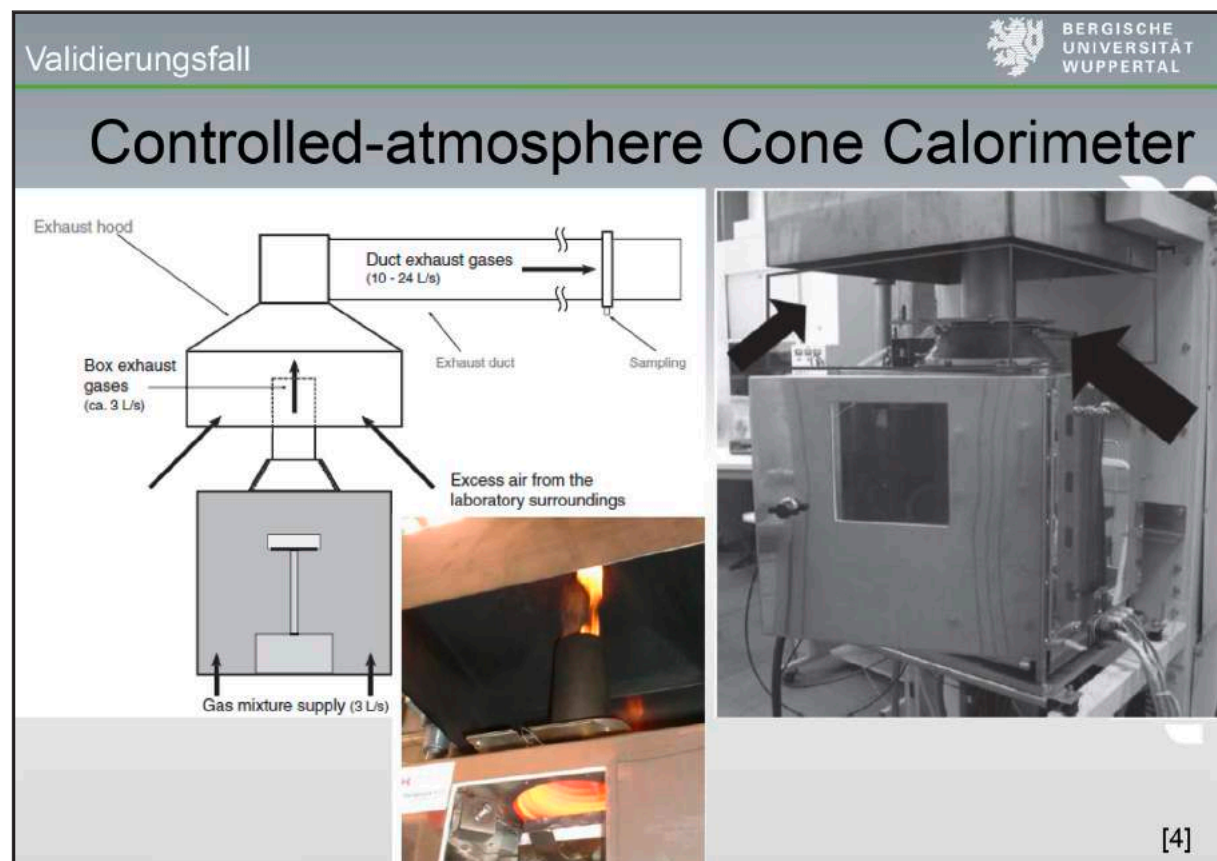
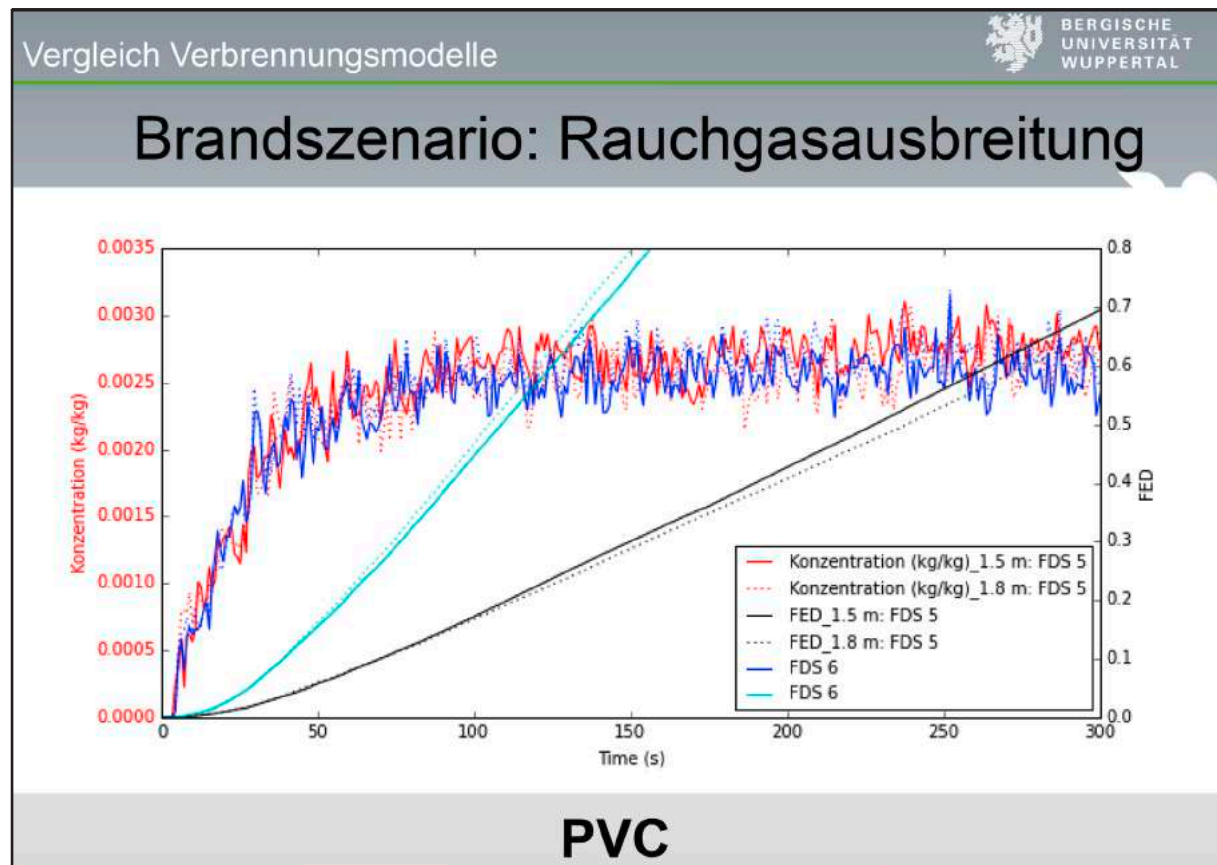
Vergleich Verbrennungsmodelle

BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Brandszenario: Rauchgasausbreitung



PU

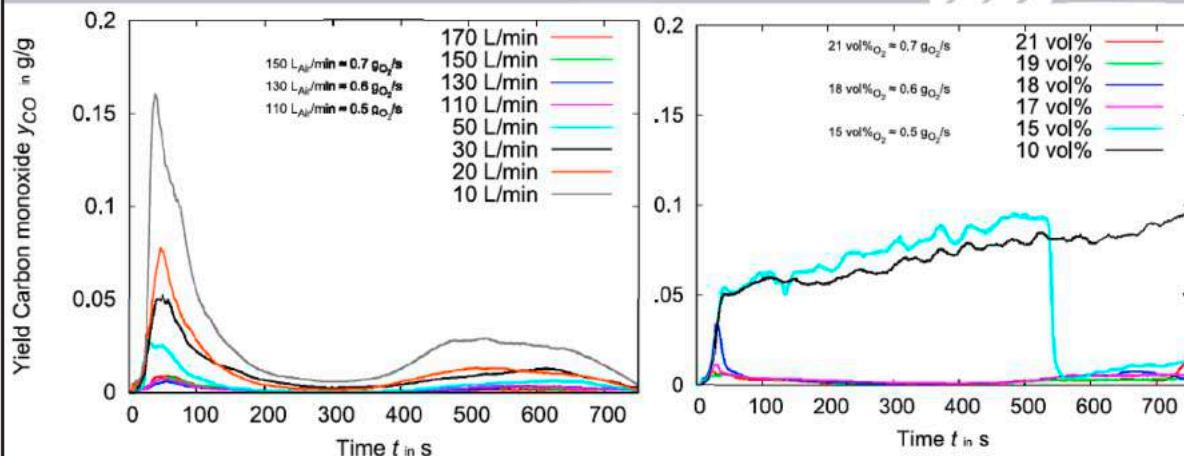


Validierungsfall

BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Controlled-atmosphere Cone Calorimeter

- Spanplatte, 50 kW/m²

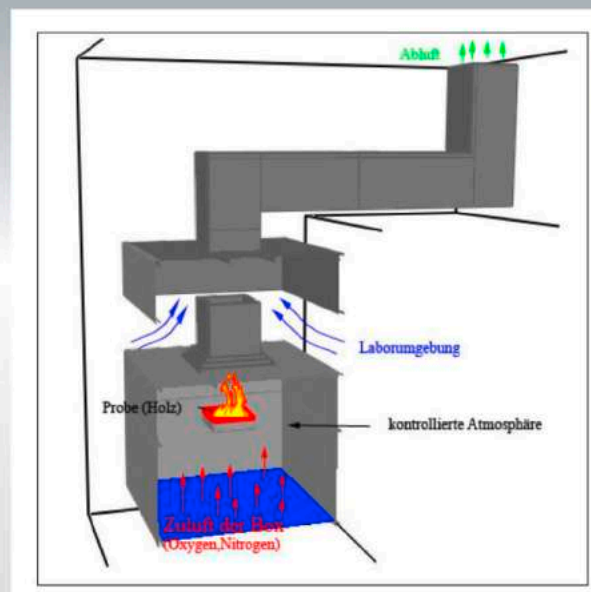


[5]

Validierungsfall

BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Controlled-atmosphere Cone Calorimeter



- 2 Reaktionen → 2 Atmosphären

[6]

Validierungsfall

BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Controlled-atmosphere Cone Calorimeter

Reaktionsstoffe

```
&SPEC ID='NITROGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE. /
&SPEC ID='OXYGEN', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE. /
&SPEC ID='WATER VAPOR', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE. /
&SPEC ID='CARBON DIOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE. /
&SPEC ID='CARBON MONOXIDE',
LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE. /
&SPEC ID='SOOT', MASS_EXTINCTION_COEFFICIENT=10000 ,
LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE., FORMULA='C0.9H0.1' /
```

Brennstoff

```
&SPEC ID='Holz', FORMULA = 'C1H1.7O0.74N0.002' /
```

[6]

Validierungsfall

BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

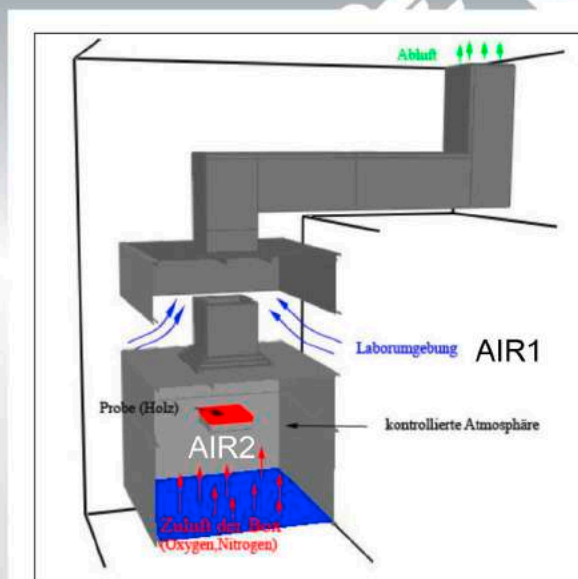
Controlled-atmosphere Cone Calorimeter

Atmosphäre 1

```
&SPEC ID='AIR2',
SPEC_ID(1)='OXYGEN',
VOLUME_FRACTION(1)= 0.18 ,
SPEC_ID(2)='NITROGEN',
VOLUME_FRACTION(2)= 0.82 /
```

Atmosphäre 2

```
&SPEC ID='AIR1',
BACKGROUND=.TRUE.,
SPEC_ID(1)='OXYGEN',
VOLUME_FRACTION(1)= 0.21 ,
SPEC_ID(2)='NITROGEN',
VOLUME_FRACTION(2)= 0.79 /
```



[6]

Validierungsfall

BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

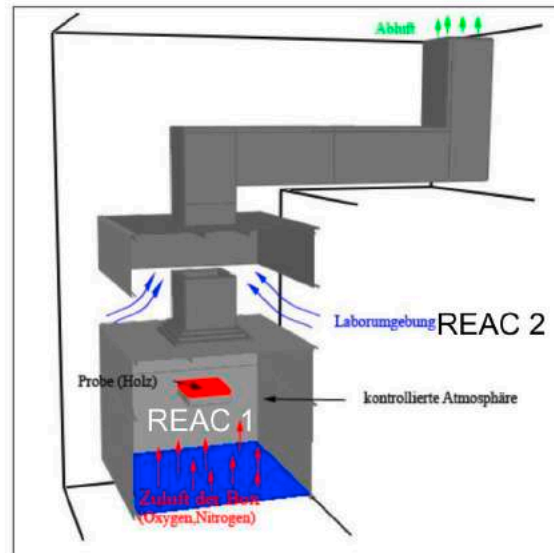
Controlled-atmosphere Cone Calorimeter

Reaktion 1

```
&REAC FUEL='Holz',
HEAT_OF_COMBUSTION= 16400 ,
SPEC_ID_NU='Holz', 'AIR2',
'PRODUCTS2', NU=-1, -
5.5824582,6.4293487 / 18%
```

Reaktion 2

```
&REAC FUEL='Holz',
HEAT_OF_COMBUSTION= 16400 ,
SPEC_ID_NU='Holz', 'AIR1',
'PRODUCTS1', NU=-1, -4.7849642
,5.6318547 / 21%
```



[6]

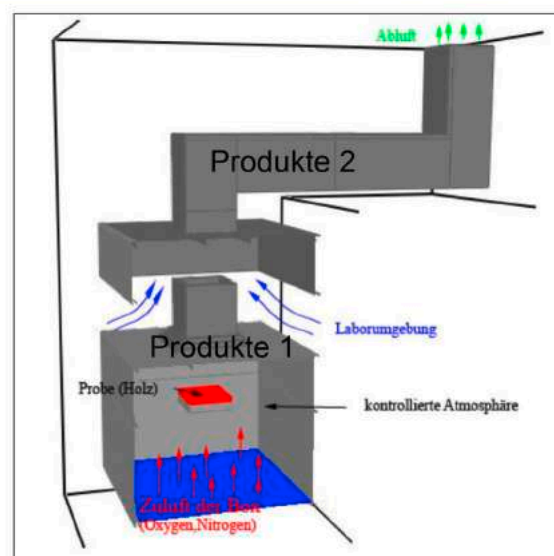
Validierungsfall

BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Controlled-atmosphere Cone Calorimeter

```
&SPEC ID='PRODUCTS1',
SPEC_ID(1)='CARBON MONOXIDE', VOLUME_FRACTION(1)=
0.0129965,
SPEC_ID(2)='CARBON DIOXIDE', VOLUME_FRACTION(2)=
0.1622222,
SPEC_ID(3)='WATER VAPOR', VOLUME_FRACTION(3)=
0.1507970 ,
SPEC_ID(4)='NITROGEN', VOLUME_FRACTION(4)= 0.6713813 ,
SPEC_ID(5)='SOOT', VOLUME_FRACTION(5)= 0.0026030 /
```

```
&SPEC ID='PRODUCTS2',
SPEC_ID(1)='CARBON MONOXIDE', VOLUME_FRACTION(1)=
0.0113845,
SPEC_ID(2)='CARBON DIOXIDE', VOLUME_FRACTION(2)=
0.1421002 ,
SPEC_ID(3)='WATER VAPOR', VOLUME_FRACTION(3)=
0.1320922 ,
SPEC_ID(4)='NITROGEN', VOLUME_FRACTION(4)= 0.7121430 ,
SPEC_ID(5)='SOOT', VOLUME_FRACTION(5)= 0.0022801 /
```



[6]



Fazit

- Konzentrationen Mixture Fraction Combustion (FDS 5) \approx Single-Step, Mixing-Controlled Combustion (FDS 6)
- FED Konzept große Unterschiede
- Mehrere Atmosphären derzeit nicht möglich (FDS 6.2.0)



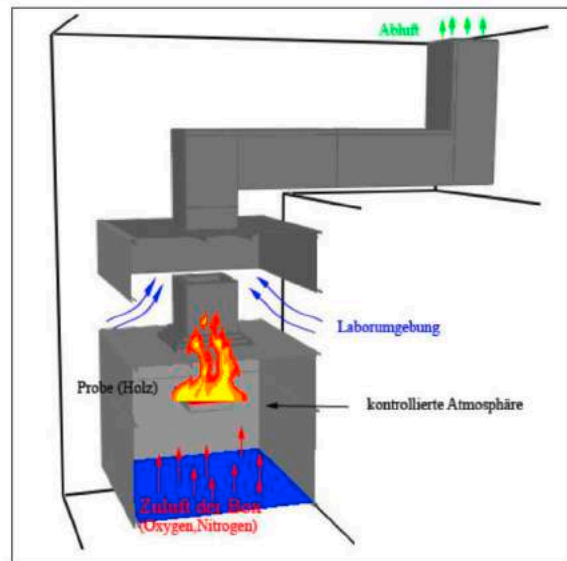
Referenzen

- [1] Purser, D. A. (2002), Toxicity Assessment of Combustion Products, SFPE Handbook of Fire Engineering, 3.Ed., 2/83-2/2171
- [2] McDermott, R., McGrattan, K., Hostikka, S., Floyd, J., Fire Dynamics Simulator (Version 5) – User's Guide, NIST Special Publication 1019-5, 2010, Washington, USA
- [3] McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., Overholt, K., Fire Dynamics Simulator User's Guide, NIST Special Publication 1019 Sixth Edition, 2014, Washington, USA
- [4] M. Werrel, J.H. Deubel, S. Krüger, A. Hofmann, and U. Krause, The calculation of the heat release rate by oxygen consumption in a controlled-atmosphere cone calorimeter, 2014, DOI: 10.1002/fam.2175
- [5] M. Werrel, F. Deuerler, J. Deubel, S. Krüger, A. Hofmann, E. Antonatus, U. Krause, Use and Benefit of the Vitiated Cone Calorimeter, Conference proceedings 13th International Congress "Fire and Materials", San Francisco (USA), 1/2013
- [6] T. Kohn, Validierung der Verbrennungsmodelle des Fire Dynamics Simulator am Beispiel des Cone Calorimeters, Bachelor-Thesis, 2015, Wuppertal

Erfahrungen mit dem Toxizitätsmodell in FDS

BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Ende.



trettin@uni-wuppertal.de

Letzte Folie: designed by Maya - 13.11.2015 08:35 Uhr

Lukas Arnold, Jana Boltersdorf, Andreas Meunders, Benjamin Schröder:

Automated FDS Input File Generation with fdsgeogen

Abstract:

Ensemble simulations become popular in computational sciences, and also in fire safety engineering, to tackle sensitivities and uncertainties of complex systems. In many cases, the involved parameters have simple and explicit impact, like randomization of initial conditions (placement of agents in pedestrian simulation) or material properties in fire simulation. However, there exist parameters, like geometrical ones, whose changes may implicitly require to adopt other settings. As FDS uses an absolute definition in its input files, we introduce an intermediate file format-including an according parser-to allow for relative definition of parameter values.

The presented tool `fdsgeogen` uses an XML based file format to define a single FDS input file or an ensemble of those. The parser is implemented in Python and therefore platform independent as well as easy to use and to extend. Besides a variable-driven FDS input declaration, it supports a selective import of existing FDS files, loop directives to ease repetitive tasks, as well as simplified and compact declaration of common FDS input structures, like devices or slices.

This contribution presents the structure of `fdsgeogen` and demonstrates its usage. `fdsgeogen` is freely available via a git repository and any kind of contribution is encouraged.

Automated FDS Input File Generation with `fdsgeogen`

FDS User Meeting 2015
Berlin, 12. - 13. November 2015

Lukas Arnold, Jana Boltersdorf, Andreas Meunders, Benjamin Schröder

email: l.arnold@fz-juelich.de

Jülich Supercomputing Centre, Forschungszentrum Jülich
Bergische Universität Wuppertal



Motivation

sensitivity analysis

- ▶ investigate impact of parameter multitude
- ▶ gain individual scenario independent system description
- ▶ probabilistic results possible

automatisation

- ▶ generation of FDS input files with relative declaration
- ▶ work pipeline: define parameter - prepare input - run - analyse
- ▶ open source / easy to adopt / run on parallel computer

Overview

`fdsgeogen` is a small collection of tools to ease automatisisation with FDS

- ▶ it is implemented in Python
- ▶ so far, works best on Linux/OSX systems

Main idea:

1. formulate parameter space
2. create FDS input files based on chosen parameter space
3. keep track of simulations to run and data to be analysed
4. run simulation in serial or parallel
5. analyse data



Tools

`fdsgeogen`, or short `fgg`, comes with a small compilation of tools:

- ▶ `fgg_create`, parse XML file to generate a collection of FDS input files
- ▶ `fgg_run_serial`, runs all created FDS input files in serial
- ▶ `fgg_analyse`, analyses the computed data

`fdsgeogen` creates a few helper files to manage the pipeline, e.g.

- ▶ `fgg.subdirlist`, list of all created subdirectories
- ▶ `fgg.plot`, device data plotting instruction



Pythonic XML Syntax

- ▶ fdsgeogen uses XML as input syntax

```
<tag at1="3.6" />
```

- ▶ all attributes are evaluated by Python and must be therefore valid Python types

```
<info intarg="4" floatarg="3.421" strarg="'exercise'" />
```

- ▶ enclosing tags

```
<loop var="i" stop="10" >  
... loop body ...  
</loop>
```

Expression Evaluation

- ▶ all attributes are evaluated by the Python interpreter and therefor allow for all possible Python expressions

```
<info addition="4+6.5" />
```

- ▶ variables may be defined and used for later evaluation

```
<var a="4.6" />  
<info addition="4 + a" />
```

XML Tags (I)

There exist a couple of fundamental tags to setup the `fdsgeogen` framework

- ▶ `<var>`, defines variables
- ▶ `<dbg>`, prints output to `stdout`, not to the FDS input file
- ▶ `<loop>`, allows loop definition

→ hands-on example 1

The handling of FDS input files is managed, by e.g.

- ▶ `<info>`, provides info about `chid`, subdirectories and file names
- ▶ `<dump>`, writes directly to the FDS input file
- ▶ `<input>`, writes FDS statements or imports selected data from existing FDS file
- ▶ `<para>`, parameter space definition

→ hands-on example 2



XML Tags (II)

FDS specific input can be handled by tags starting with `fds_*`, e.g.

- ▶ `<fds_reac>`, defines the REAC line
- ▶ `<fds_mesh>`, defines the MESH line
- ▶ `<fds_surf>`, defines the SURF line

→ hands-on example 3

Additionally there are a couple of combined commands, e.g.

- ▶ `<bounded_room>`, defines a room, including a (split up) mesh with walls
- ▶ `<fire>`, defines simple types of fires
- ▶ `<devc>`, defines (multiple) devices together with plotting options

→ hands-on example 4



Example: Bounded Compartment (I)

Task: create a closed compartment with surrounding volume with a simple fire

- ▶ define grid spacing
 - ▶ define parameters for compartment size
 - ▶ define fire position
 - ▶ use <bounded_room> to define mesh and walls
 - ▶ use <fire> to define a burning obstacle in the middle of the room
- hands-on example 5

Example: Bounded Compartment (II)

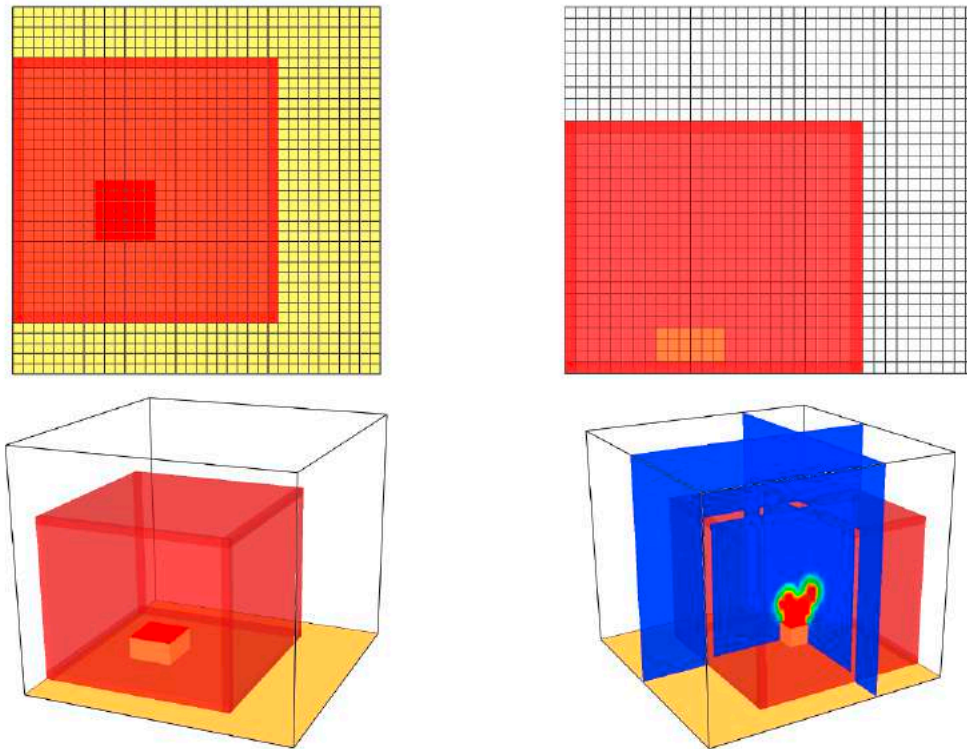
e05.xml

```

1  <fds>
2
3    <info chid="'fgg_example_05'" title="'fgg example 05'"
4      outfile="'e05.fds'" subdir="'rundir'" />
5
6    <input str="'TIME T_END=10.0'" />
7
8    <boundary x="'open'" y="'open'" zmax="'open'" />
9
10   <var delta="0.1" />
11   <var lx="2.4" ly="2.4" lz="2.0" />
12   <var fx="1.0" fy="1.0" />
13
14   <bounded_room x1="0.0" y1="0.0" z1="0.0" x2="lx" y2="ly" z2="lz"
15     wt='delta'
16     ball="1"
17     ex2="1.0" ey1="0.5" ey2="0.5" ez2="1.0" />
18
19   <fire type="'burningbox'" cx="fx" cy="fy" lz="0.0"
20     width="0.6" height="0.3" hrr="100" />
21
22   <slcf q="'TEMPERATURE', 'VELOCITY'" x="fx" y="fy" />
23
24 </fds>

```


Example: Bounded Compartment (III)



Loops

fdsgeogen provides a basic support for loops to ease repetetive tasks

```
<var ndevc="20" dz="zmax / ndevcs" />

<loop var="i" start="0" stop="ndevc">
  <var z="zmin + dz*i" />
  [...]
</loop>
```

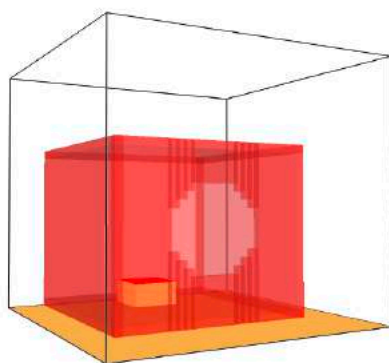
- ▶ placement of obstacles and devices
- ▶ complex obstacles (e.g. stairs) or holes (e.g. round opening)

Example: Round Opening (I)

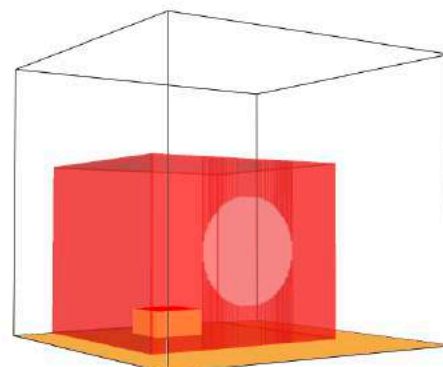
Task: create a round opening (works the same for other types)

- ▶ create a hole for each cell line
 - ▶ compute the width of a hole line based on opening definition
 - ▶ loop over all hole lines
- hands-on example 6

Example: Round Opening (II)



$$\Delta x = 0.10$$



$$\Delta x = 0.02$$

Example: Round Opening (III)

e06.xml

```

22  <var hole_radius="0.6" hole_z="1.0"/>
23  <var nlines='int(hole_radius / delta * 2.0)' />
24
25  <loop var='i' start='0' stop='nlines' >
26
27      <var zoff = "- hole_radius + i*delta" />
28      <var ywidth = "np.sqrt(hole_radius**2 - zoff**2)" />
29
30      <fds_hole xb='lx, lx+delta, ly/2. - ywidth, ly/2. + ywidth,
31                hole_z + zoff, hole_z + zoff + delta' />
32
33  </loop>

```

Device Output

The output of FDS devices can be captured and directly plotted. There are three different options for that – which can be combined:

- ▶ `single`, plots just the device's output
- ▶ `local:group`, combines the output of all devices with the same group for the local FDS simulation
- ▶ `global:group`, same as above but for the whole simulation ensemble

```

<devc id="c_T" q="..." plot="'single', 'local:T', 'local:central'" />

```

Note: The information for plotting is stored in the `fgg.plot` files, which can be edited also afterwards. The analysis may be started even if the full ensemble is not finished.

Example: Flow Velocities at Round Opening (I)

1. Define devices relative to opening position, center and \pm half radius
2. Define analysis groups
3. use `fgg_analyse` to automatically create plots, the FDS calculation has not to be finished

→ hands-on example 7

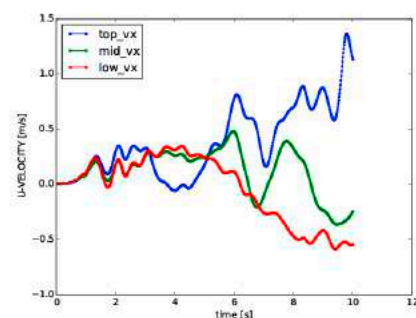
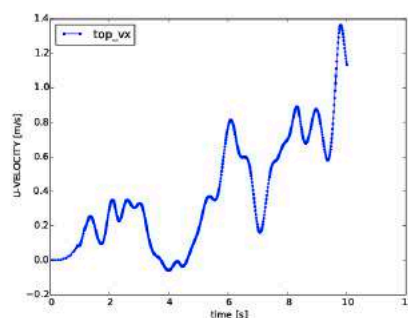
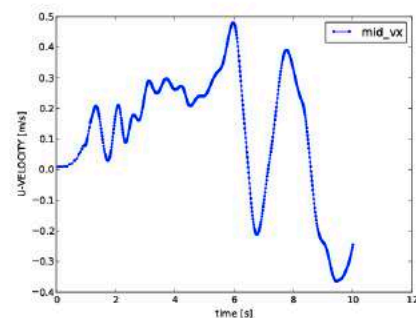
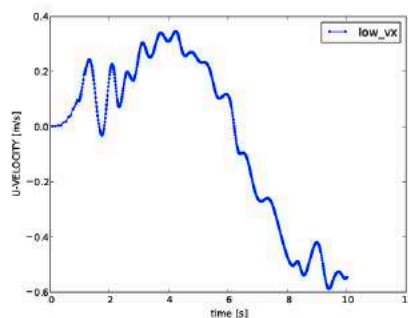
e07.xml

```

35 <devc id="'top_vx'" x="lx" y="ly/2." z="hole_z + 0.5*hole_radius"
36     q="'U-VELOCITY'" plot="'single', 'local:vx'" />
37
38 <devc id="'mid_vx'" x="lx" y="ly/2." z="hole_z"
39     q="'U-VELOCITY'" plot="'single', 'local:vx'" />
40
41 <devc id="'low_vx'" x="lx" y="ly/2." z="hole_z - 0.5*hole_radius"
42     q="'U-VELOCITY'" plot="'single', 'local:vx'" />

```

Example: Flow Velocities at Round Opening (II)



Parameter Space (I)

In fdsgeogen high dimensional parameter spaces can be traversed.

For each parameter a set of values has to be defined in the `<para>` nodes.

All sets can be traversed simultaneously, i.e. they have to be of same size, or all possible parameter combinations are evaluated.

- ▶ sets to be evaluated simultaneously have to be in the same dimensional group via the `dim` attribute
- ▶ the running variable `para_id` can be used to enumerated subdirectories or other output quantities
- ▶ the parameter sets can be either explicitly stated or read out of a csv file

→ hands-on example 8



Parameter Space (II)

e08.xml

```

3 <para dim="pos" var="xpos" list="1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0" />
4 <para dim="pos" var="ypos" list="range(6)" />
5 <para dim="dia" var="diam" list="0.1, 0.2, 0.3" />
6 <para dim="hrr" var="hrr" file="input-hrr.csv"/>

```

input-hrr.csv

```

1 4.56
2 7.89

```

This definition results in a total of $6 \cdot 3 \cdot 2 = 36$ parameter combinations:

```

para ID: 00 -- xpos=1.000000 -- ypos=0.000000
           -- diam=0.100000 -- hrr =4.560000

para ID: 01 -- xpos=1.000000 -- ypos=0.000000
           -- diam=0.200000 -- hrr =4.560000
[...]
para ID: 34 -- xpos=2.000000 -- ypos=5.000000
           -- diam=0.200000 -- hrr =7.890000

para ID: 35 -- xpos=2.000000 -- ypos=5.000000
           -- diam=0.300000 -- hrr =7.890000

```



Parameter Space (III)

Vary the position and radius of the hole in the previous example.

- ▶ 6 different positions in z [m]: from 0.5 to 1.5
- ▶ 4 different hole radii [m]: 0.5 to 0.2
- ▶ devices will be moved accordingly to hole position and radius

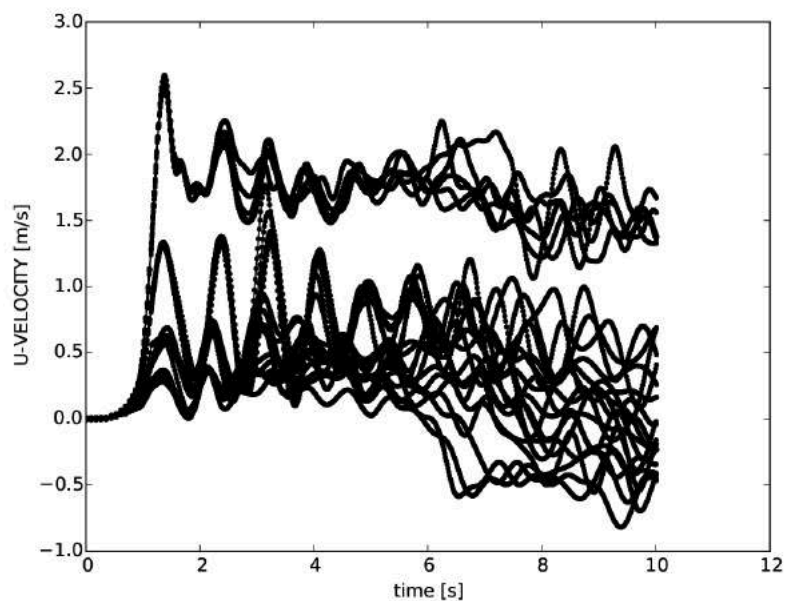
→ hands-on example 9

e09.xml

```
3 <para dim="zpos" var="hole_z" list="np.linspace(0.5, 1.5, 6)" />  
4 <para dim="radi" var="hole_radius" list="np.linspace(0.5, 0.2, 4)" />
```

Parameter Space (IV)

In/Out flow velocity at hole_z - 0.5 hole_radius



Dynamic Burning Surface (I)

Dynamic (w.r.t. to HRR and surface) burning surfaces can be defined in `fdsgeogen` via the `<fire>` nodes.

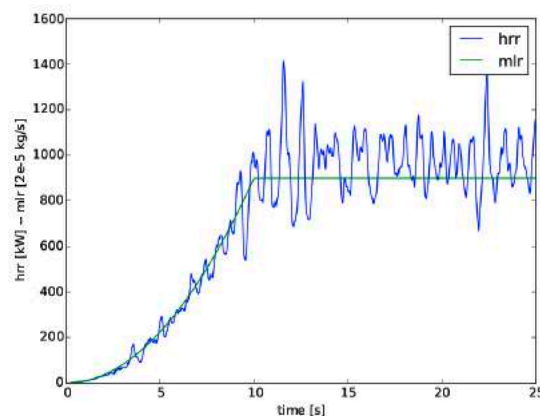
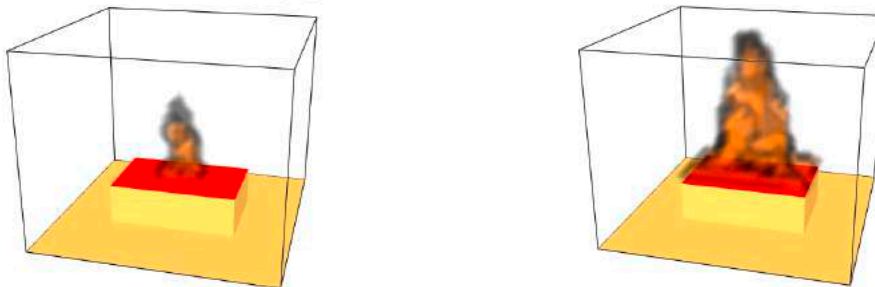
The dynamic surfaces are define as ramps for each surface element, which in total result in the chosen HRR curve. The increase in HRR is basically due to increase in burning surface.

→ hands-on example 10

e10.xml

```
31 <fire type="spread_square_box" cx='1.5' cy='1.5' lz='0.0'
32   width_x='1.0' width_y='1.6' height='0.5'
33   hrrmax='1000' alpha='10' />
```

Dynamic Burning Surface (II)



Other Features

Import

Import of existing FDS input files is managed by the <input> nodes.

They allow for selective import using either an `include` or an `exclude` attribute list.

Batch Execution

An automated serial execution is already implemented.

Support for batch systems, like SLURM, are in preparation.

Domain Decomposition

Meshes can be automatically split into P sub-meshes.

How to get? How to get started? How to contribute?

`fdsgeogen` is freely available – together with a fundamental documentation and collection of examples:

→ <https://cst.version.fz-juelich.de/l.arnold/fdsgeogen>

Note: Repository is not open yet, next week we will move to a new git repository.

Perfect way to get started is to get in touch with us, so that we can discuss if `fdsgeogen` is suitable for you and adopt some tools – if needed.

firesim@fz-juelich.de

We use a git repository, managed by GitLab. Although it is freely accessible, you are encouraged to get an account to be able to write issues and propose merge requests.

Sascha Gottfried:

Qualitätskontrolle in FDS Projekten

Abstract:

Kennen Sie das? Im Kontext der FDS Simulation ist etwas schief gegangen. Und als Sie die Ursache bemerken, fallen Sie aus allen Wolken. Der Vortrag erläutert Strategien zur Fehleranalyse und Fehlervermeidung. Wie kann man Qualitätskontrolle in FDS Projekten etablieren?

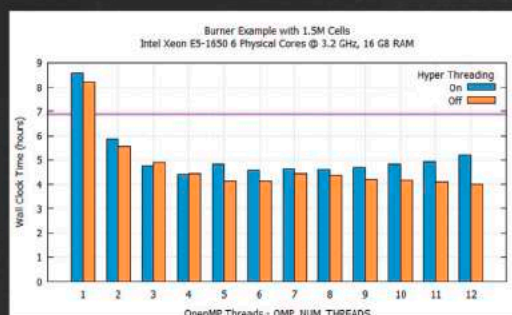
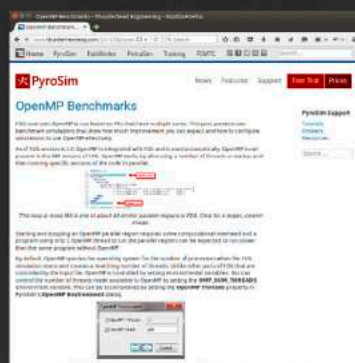
Qualitätskontrolle in FDS Projekten

Sascha Gottfried
Software Developer @ fireframework
s.gottfried@hnpberlin.de



Motivation

OpenMP Benchmark in 08/2014



Welche Informationen sind nötig,
um den Test zu reproduzieren?

- Eingabedaten (*.txt)
- Runtime Diagnostics (*.out)
- Diagramme
- Website
- FDS Version
- Hardware
- Betriebssystem
- Laufzeitumgebung OpenMP



Welche Informationen sind nötig, um den Test zu reproduzieren ?

- Eingabedateien (*.fds)
- Runtime Diagnostics (*.out)
- Diagramme
- Website
- FDS Version
- Hardware
- Betriebssystem
- Laufzeitumgebung OpenMP



3 simple questions

Wie kann ich dafür sorgen, dass Dritte meine Arbeit nachvollziehen bzw. weiterführen können?

Wie kann ich dafür sorgen, dass der Aufwand zur Herstellung meiner Software Laufzeitumgebung jemand anderem leicht fällt?

Wie kann ich dafür sorgen, dass wichtige Aufgaben korrekt durchgeführt werden?

Learn from Open-Source
communities

Almost every open source project
needs to have answers to these
questions.
Let's try some of them together!



Das sind in der Regel keine typischen Ziele eines FDS Projekts

Thunderhead Engineering hat die Ergebnisse zwar veröffentlicht,

Nachvollziehbarkeit, Reproduzierbarkeit und Wiederverwendbarkeit spielten eine eher untergeordnete Rolle.



Wanna run a simulation? Typical use cases

FDS-SMV

Fire Dynamics Simulator (FDS) and Smokeview (SMV)

[Installation Instructions](#) [FDS Release Notes](#) [Smokeview Release Notes](#)

Download FDS-SMV Bundles

Current release version: FDS 6.3.0, SMV 6.3.0

- [FDS-SMV for Windows \(64-bit\)](#)
- [FDS-SMV for Mac OS X \(64-bit\)](#)
- [FDS-SMV for Linux \(64-bit\)](#)

For older versions, view a [complete list of FDS-SMV downloads](#).

Dokumentation für OpenMP & MPI

FDS-SMV Manuals

Current release version: FDS 6.3.0, SMV 6.3.0

- [FDS User's Guide](#)
- [FDS Technical Reference Guide](#)
- [FDS Verification Guide](#)
- [FDS Validation Guide](#)
- [FDS Configuration Management Plan](#)

Pages

Open

- [Installing Open MPI on a Linux Cluster](#)
- [OpenMPI Notes](#)

RECENT TOPICS

40 von 4023 Themen (201 anzeigen) [Filter](#)

FDS and Smokeview Discussions

Öffentlich gestellt

- Flame Strangle from FDS** (3)
Von: Miquel Opatowski - 3 Beiträge - 22 Aufrufe
- Ubuntu 24.04 LTS + bundle opening (3.6.1) + FDS 6.1.2 - not working MPI**
Von: Burt - 1 Beitrag - 1021 Aufrufe

Can anyone help me please?

Gefällt jede 10. Frage im FDS Forum betrifft Aspekte zum Kompilieren, Installation und OpenMP/MPI Fehlerrückmeldungen.

Bisher: Example läuft unter Ubuntu Linux mit der Anpassung der Stacksize. Sonst Segmentation fault.



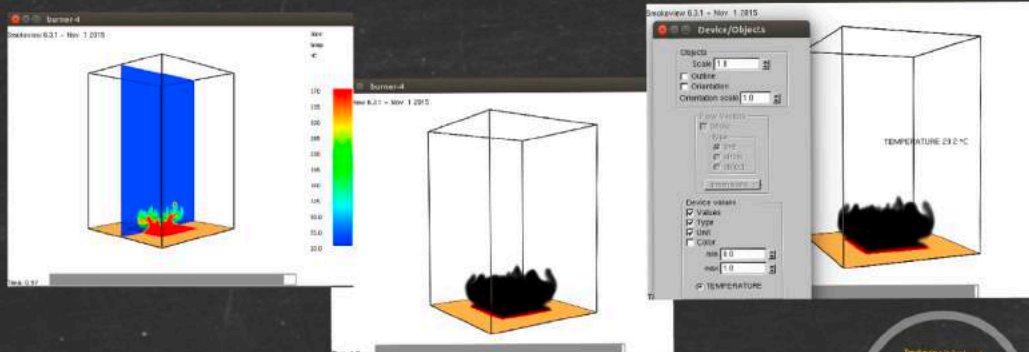
Can anyone help me please ?

Gefühlt jede 10. Frage im FDS Forum betrifft Aspekte zum Kompilieren, Installation und OpenMP/MPI Fehlermeldungen

Burner Example läuft unter Ubuntu Linux nur mit Anpassung der Stacksize. Sonst Segmentation fault.



Visual Exploration & Insights

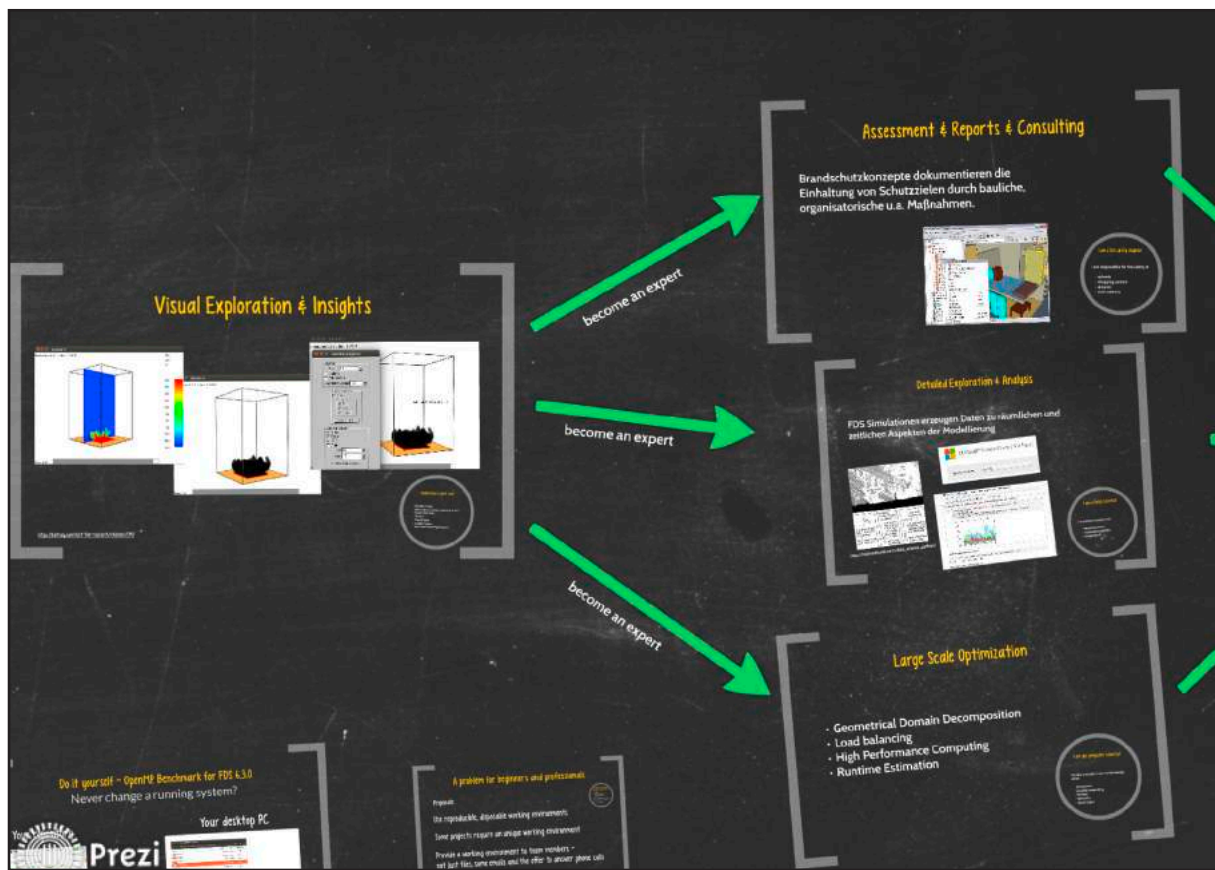


<https://vintroy.com/fire-research/teaser/24V>

Smokeview is just cool

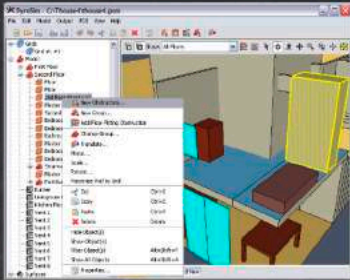
- Render smoke
- Show smoke values updated in 0.1s
- View & 3D view
- Vectors
- Photo data
- render images
- automatic saving features





Assessment & Reports & Consulting

Brandschutzkonzepte dokumentieren die Einhaltung von Schutzziele durch bauliche, organisatorische u.a. Maßnahmen.



I am a fire safety engineer

I am responsible for fire safety in

- schools
- shopping centers
- airports
- train stations

Prezi

I am a fire safety engineer

I am responsible for fire safety in

- schools
- shopping centers
- airports
- train stations

Prezi

Detailed Exploration & Analysis

FDS Simulationen erzeugen Daten zu räumlichen und zeitlichen Aspekten der Modellierung

http://radimrehurek.com/data_science_python/

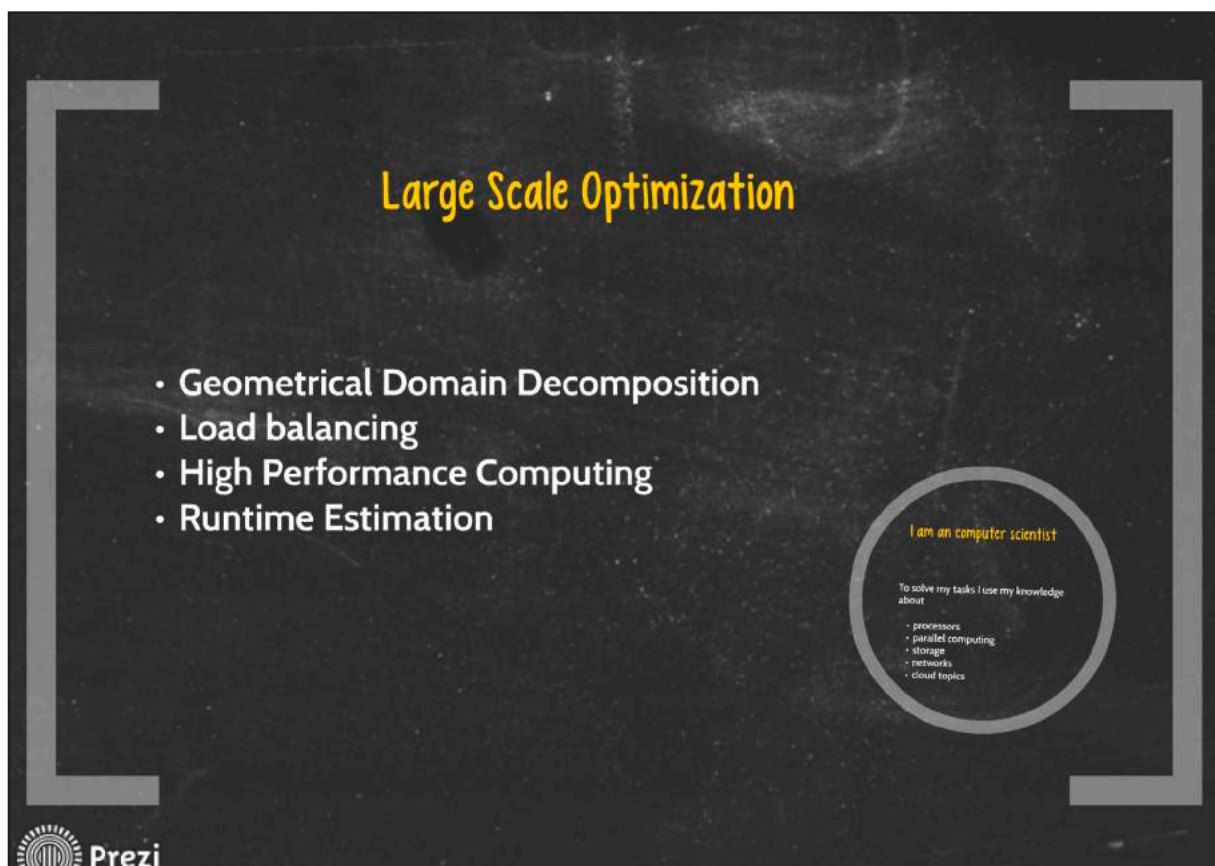
Microsoft Power Query für Excel

IPynb Notebook

I am a Data Scientist

- transform numbers into
- beautiful charts
- meaningful statistics
- visualization

Prezi



I am an computer scientist

To solve my tasks I use my knowledge about

- processors
- parallel computing
- storage
- networks
- cloud topics

Prezi

Der magische Projektordner

Da ist alles drin

- Historie der Kommunikation
- Historie der Modellierung
- Historie der Simulationen
- Historie der Datenaufbereitung
- Historie der visuellen Interpretation
- Historie der internen Dokumentation
- Historie des offiziellen Berichts

Filesystems are pretty bad at tracking change that happens when teams doing projects

Questions typically not answered:

- Why
- What
- Who
- Has someone made a backup?

Prezi

on
tion

Filesystems are pretty bad at tracking change that happens when teams doing projects

Questions typically not answered:

- Why
- What
- Who
- Has someone made a backup?

Prezi

3 simple questions

Wie kann ich dafür sorgen, dass Dritte meine Arbeit nachvollziehen bzw. weiterführen können?

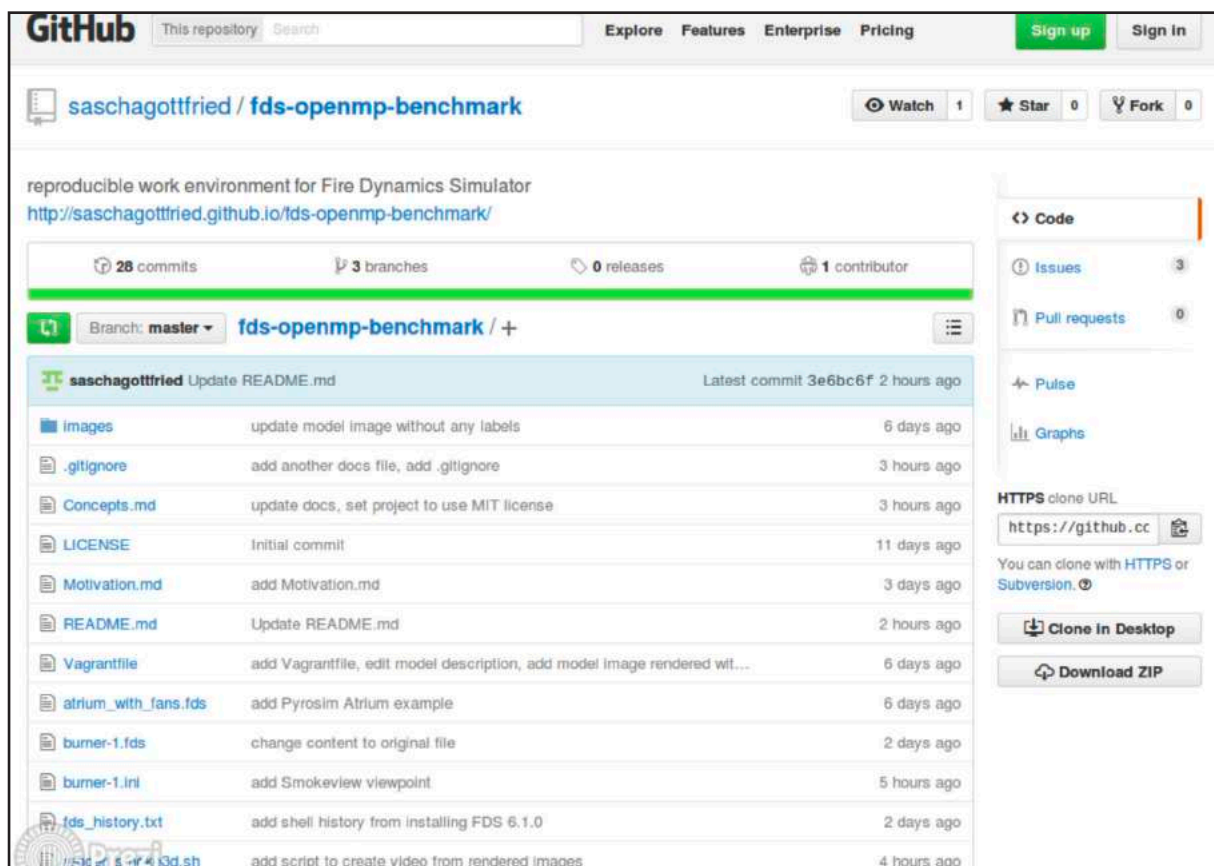
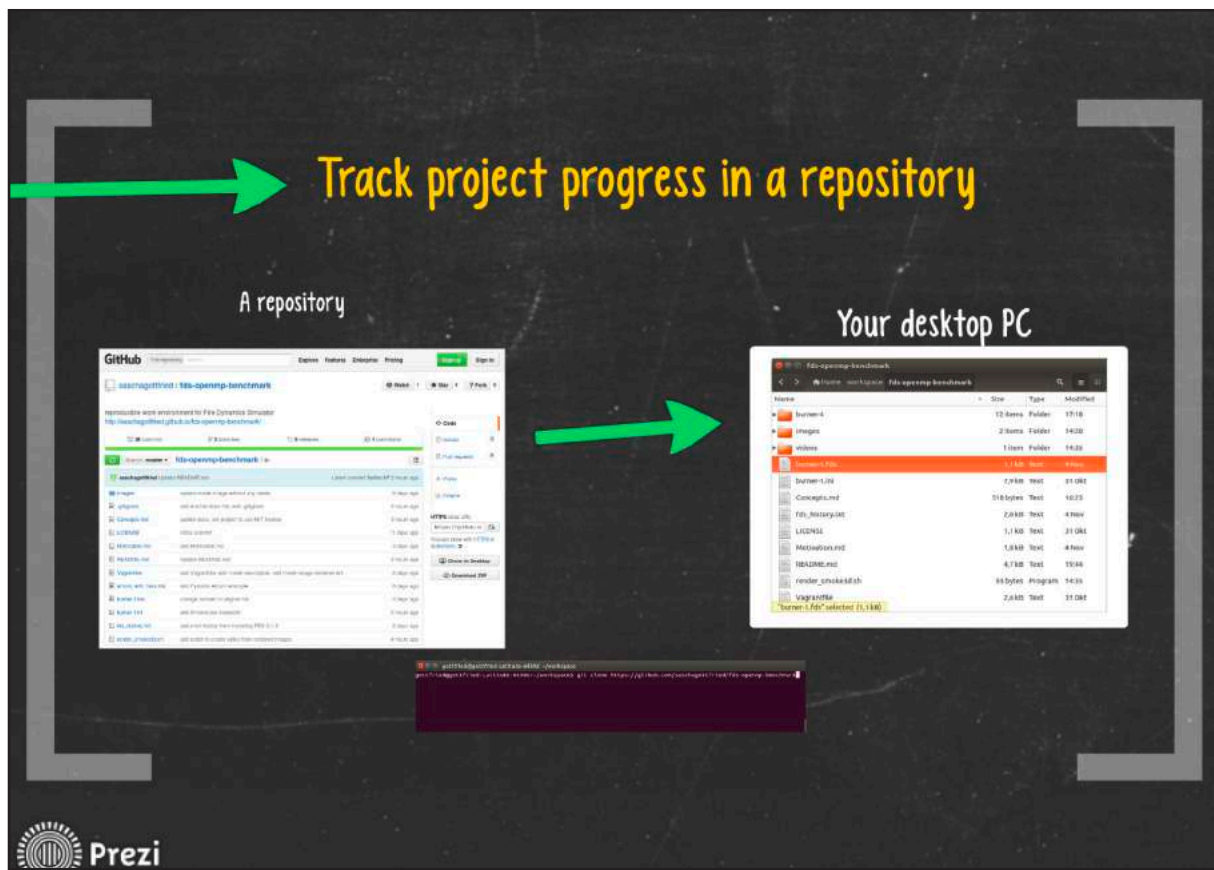
Wie kann ich dafür sorgen, dass der Aufwand zur Herstellung meiner Software Laufzeitumgebung jemand anderem leicht fällt?

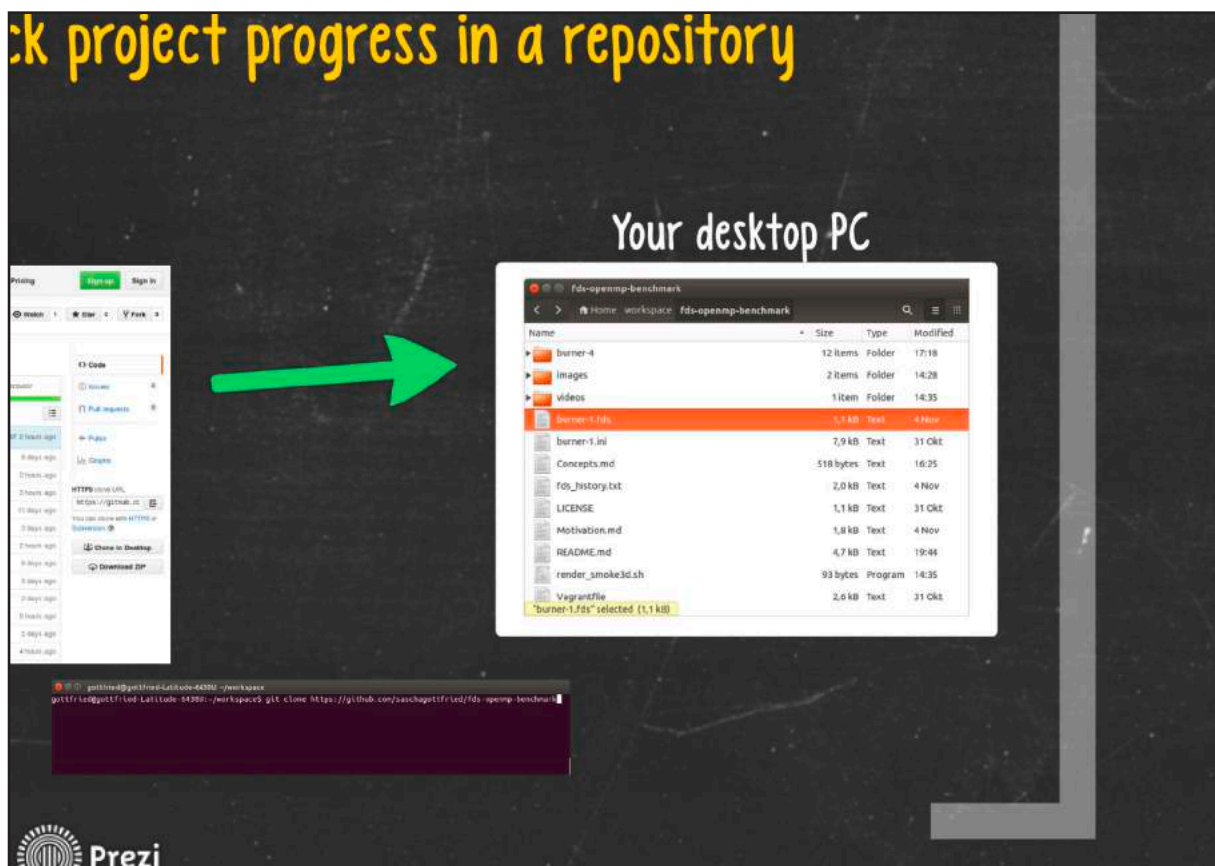
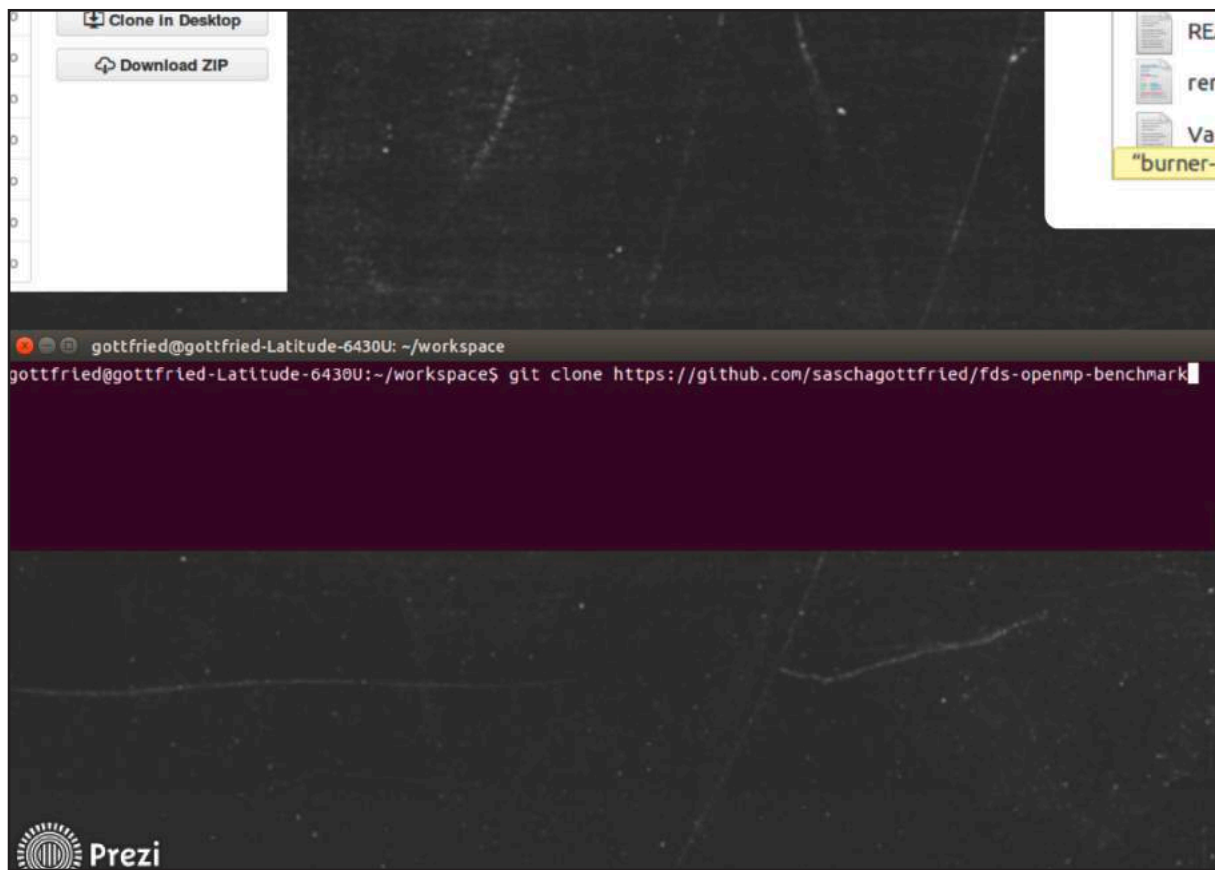
Wie kann ich dafür sorgen, dass wichtige Aufgaben korrekt durchgeführt werden?

Learn from Open-Source communities

Almost every open source project needs to have answers to these questions. Let's try some of them together!

Prezi







Use proven tools created to
help any software environment

Vendors for

- Version Control
- Hardware virtualization
- Configuration management
- Data Visualization

provide solutions for any skill & budget
level. Choose solutions that fit your needs.

Do not reinvent the wheel.

 Prezi

Configured, isolated working environment

your repo

Your desktop PC

Home of FDS & SMV 6.2

DOWNLOAD VAGRANT

Below are the available downloads for the latest version of Vagrant (2.2.0). Please download the proper package for your operating system and architecture.

You can find the [Linux/OSX instructions for Vagrant 2.2.0](#) where you can [install the Vagrant](#) (instructions for which has been copied using [Vagrant's](#) [CLI](#)). You can also [download older versions of Vagrant](#) from the [release page](#).

MAC OS X
Universal (32 and 64-bit)

WINDOWS
Universal (32 and 64-bit)

DEBIAN
32-bit / 64-bit

VAGRANT

FDS 6.3.0
2 GB RAM
1-4 CPU

Install Vagrant & fire up your Vagrant machine

your desktop PC



```
gottfried@gottfried-Latitude-5420U:~/workspace/Fds-openmp-benchmark
gottfried@gottfried-Latitude-6430U:~/workspace/Fds-openmp-benchmark$ vagrant up
Bringing machine 'default' up with 'VirtualBox' provider...
=> default: Checking if box 'ubuntu/trusty64' is up to date...
=> default: A newer version of the box 'ubuntu/trusty64' is available: You currently
=> default: have version '20150916.0.0', the latest is version '20151104.0.0'. Run
=> default: 'vagrant box update' to update to the latest version.
=> default: VirtualBox VM is already running.
gottfried@gottfried-Latitude-6430U:~/workspace/Fds-openmp-benchmark$
```

```

vagrant@vagrant-ubuntu-trusty-64:~$
gettfid@gettfid-Latitude-6430U:/workspace/fds-opennp-benchmark$ vagrant ssh
Welcome to Ubuntu 14.04.3 LTS (GNU/Linux 3.13.0-63-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com/

System Information as of Sat Nov 7 16:49:32 UTC 2015

System load: 0.0          Memory usage: 2%          Processes:   74
Usage of /:  4.0% of 39.34GB  Swap usage:  0%          Users logged in: 0

Graph this data and manage this system at:
https://landscape.canonical.com/

Get cloud support with Ubuntu Advantage Cloud Guest:
http://www.ubuntu.com/business/services/cloud

0 packages can be updated.
0 updates are security updates.

Last login: Fri Nov 6 15:57:01 2015 from 10.0.0.2
vagrant@vagrant-ubuntu-trusty-64:~$

```



Provision FDS environment

automate installation of required software to run the tasks.
vagrant supports automation for any skill level.

```

vagrant@vagrant-ubuntu-trusty-64:~$ cd /vagrant
vagrant@vagrant-ubuntu-trusty-64:/vagrant$ ./run-2.sh
mkdir: cannot create directory 'burner-2': File exists
Mesh 1 is assigned to MPI Process 0
OpenMP thread 0 of 1 assigned to MPI process 0 of 0
OpenMP thread 1 of 1 assigned to MPI process 0 of 0

File Dynamics Simulator

Current Date : November 2015 18:19:38
Version : FDS 6.3.0
Revision : YF418
Revision Date : Wed Sep 30 17:20:47 2015 -0400
Compilation Date : Oct 01, 2015 08:23:41

MPI Enabled; Number of MPI Processes: 1
OpenMP Enabled; Number of OpenMP Threads: 2

Job TITLE :
Job ID string : burner

Time Step: 1, Simulation Time: 0.02 s
Time Step: 2, Simulation Time: 0.04 s
Time Step: 3, Simulation Time: 0.05 s
Time Step: 4, Simulation Time: 0.07 s
Time Step: 5, Simulation Time: 0.08 s
Time Step: 6, Simulation Time: 0.11 s
Time Step: 7, Simulation Time: 0.13 s
Time Step: 8, Simulation Time: 0.15 s
Time Step: 9, Simulation Time: 0.16 s
Time Step: 10, Simulation Time: 0.18 s

```

Download FDS from official sources

currently NIST releases installers with embedded binaries. This is not friendly for automation purposes.

Things will get better :-)



Work on the project

your desktop PC

shared folders

Prezi

Update repository

Update repository after completing smaller tasks.
Commit working versions only.

Prezi

Scripting & Automation

- invest time into automation & tools
- manual tasks need time, attention and a person who knows
- make results of data exploration as visible as possible

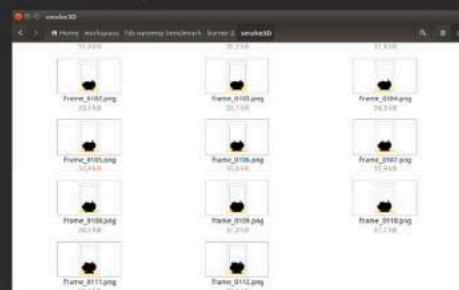


Scripting Smokeview

script smokeview to render soot mass fraction (Smoke3D)

```
~/workspace/fds-openamp-benchmark/render_viewpoint_smoke3D.ssf
1 UNLOADALL
2 LOAD3DSMOKE
3 SOOT MASS FRACTION
4 LOADINIFILE
5 burner.ini
6 LOADINIFILE
7 ../resolution_full_hd.ini
8 SETVIEWPOINT
9 external
10 RENDERDIR
11 ../smoke3D
12 RENDERALL
13 1
14 frame
```

smokeview -script smoke3D.ssf burner



Produce high quality videos

Produce a video from hundreds of images in a couple of seconds?

```
Rendering to: ./snoke3D//frame_0198.png . Completed.
Rendering to: ./snoke3D//frame_0199.png . Completed.
Rendering to: ./snoke3D//frame_0200.png . Completed.
Rendering to: ./snoke3D//frame_0201.png . Completed.
Rendering to: ./snoke3D//frame_0202.png . Completed.
Rendering to: ./snoke3D//frame_0203.png . Completed.
Rendering to: ./snoke3D//frame_0204.png . Completed.
Rendering to: ./snoke3D//frame_0205.png . Completed.
Rendering to: ./snoke3D//frame_0206.png . Completed.
Rendering to: ./snoke3D//frame_0207.png . Completed.
Rendering to: ./snoke3D//frame_0208.png . Completed.
Rendering to: ./snoke3D//frame_0209.png . Completed.
Rendering to: ./snoke3D//frame_0210.png . Completed.
```

```
gottfried@gottfried-Latitude-6430U:~/workspace/fds-openmp-benchmark/burner-2$ cd snoke3D/
gottfried@gottfried-Latitude-6430U:~/workspace/fds-openmp-benchmark/burner-2/snoke3D$ avconv -f image2 -i frame_
%04d.png -c:v libx264 -crf 10 Snoke3D.mp4
avconv version 9.18-6:9.18-0ubuntu0.14.04.1, Copyright (c) 2000-2014 the Libav developers
 built on Mar 16 2015 13:19:10 with gcc 4.8 (Ubuntu 4.8.2-19ubuntu1)
[image2 @ 0x244c0e0] max_analyze_duration reached
Input #0, image2, from 'frame_%04d.png':
  Duration: 00:00:08.44, start: 0.000000, bitrate: N/A
  Stream #0.0: Video: png, rgb24, 1366x744, 25 fps, 25 tbr, 25 tbn
  [libx264 @ 0x244cea0] using cpu capabilities: MMX2 SSE2Fast SSSE3 SSE4.2 AVX
  [libx264 @ 0x244cea0] profile High, level 3.2
```

Video production for newbies

Any Linux distribution provides video
encoding using packages like
- libav
- ffmpeg
- mencoder
- Handbrake



Last but not least: documentation

Keep docs close to most important information.

Choose a documentation workflow that updates docs
when you change important information.

<http://saschagottfried.github.io/fds-openmp-benchmark/>

Today's offer

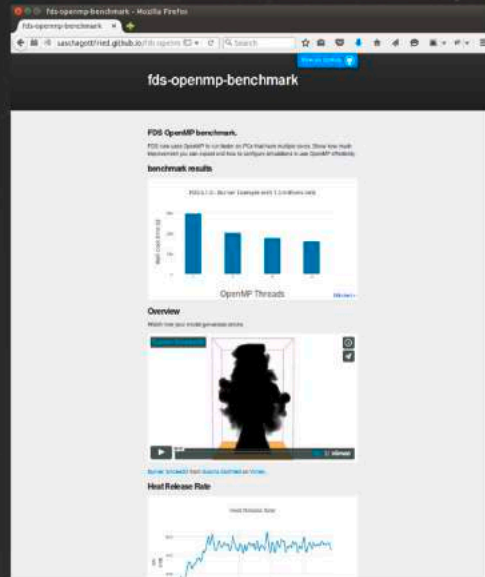
GitHub uses a file README.md to
render a beautiful welcome page.
Lots of static file generator system
produce common formats like HTML,
PDF from text based source files.



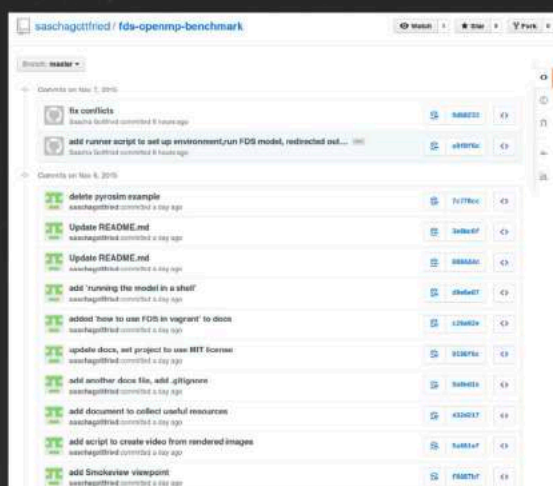
Use Github Pages

Use results from data exploration to compose a project documentation.

Embed external resources not allowed in Github Markdown



Update repository



Rules of thumb

Commit a working version
Commit regularly
Your commit message references a working item



Schlüsselbotschaften

Wie kann ich dafür sorgen, dass Dritte meine Arbeit gut nachvollziehen bzw. weiterführen können?

Wählen Sie eine Umgebung, die die Information verwaltet, die sie brauchen, um den Überblick zu behalten.

Wie kann ich dafür sorgen, dass der Aufwand zur Herstellung meiner Software-Laufzeitumgebung jemand anderem leicht fällt?

Anwendungsfälle für reproduziere, isolierte Umgebungen identifizieren. FDS Entwickler für Ansatz gewinnen. Gemeinsame Entwicklung planen.

Wie kann ich dafür sorgen, dass wichtige Aufgaben korrekt durchgeführt werden?

Automatisieren von Aufgaben, die mehrmals wiederholt werden.

Interdisziplinäre Teams aufbauen, in denen diese Kompetenz vorhanden ist.



Collaboration & Contribution

Code

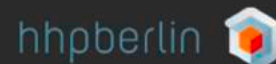
<https://github.com/saschagottfried/fds-openmp-benchmark>

Docs

<https://saschagottfried.github.io/fds-openmp-benchmark>

Presentation

<https://prezi.com/hhsl2q2wmgj/qualitatskontrolle-in-fds-projekten>



FDS (Fire Dynamics Simulator) ist ein Programm zur Simulation von Bränden. Die Software simuliert unter anderem dreidimensionale Strömungen auf Grundlage der Navier-Stokes-Gleichungen, den zugrunde liegenden Brandprozess und die Ausbreitung von Feuer und Brandrauch. Die Ergebnisse der FDS-Simulationen können mit Hilfe von Smokeview - einem Teil des gesamten FDS-Programmpakets - visualisiert werden. Die Auswertungen können sowohl zwei- als auch dreidimensional, als Standbild oder animiert dargestellt werden. FDS wurde am amerikanischen NIST (National Institute of Standards and Technology) von Kevin McGrattan, Glenn Forney und Bryan Klein entwickelt. Ziel der FDS Usergroup ist es, ein umfassendes Kontakt- und Kooperationsnetzwerk aufzubauen, das den Austausch von Informationen und Erfahrungen sowie Anregungen und Unterstützung rund um das Programm FDS ermöglicht. Das Online-Forum, das den registrierten Mitgliedern zur Verfügung steht, bietet zudem die Möglichkeit, konkrete Anwenderprobleme direkt und zeitnah zu diskutieren und gemeinsam zu lösen.

„Die deutsche FDS Usergroup wurde 2007 als unabhängiges Forum für die deutschsprachigen FDS Anwender ins Leben gerufen. Sie verfolgt das Ziel, ein umfassendes Kontakt- und Kooperationsnetzwerk aufzubauen und eine geeignete Plattform zum intensiven Austausch rund um die praktische und wissenschaftliche Arbeit mit FDS zu bieten.

In regelmäßig durchgeführten Anwendertreffen werden alljährlich Erfahrungen, Fragestellungen, Probleme und Anregungen, die sich aus der Anwendung des Programms ergeben, zusammengetragen und diskutiert. Dank guter Kontakte zu den FDS Hauptentwicklern in den USA können auf diese Weise wesentliche Erkenntnisse in gebündelter Weise an die verantwortlichen Stellen weitergeleitet werden und unmittelbar in die weitere Entwicklung von FDS einfließen.

Gleichzeitig wurden in langjähriger Kooperation von den Mitgliedern gemeinschaftliche Anwendungsrichtlinien in Form eines FDS Leitfadens erarbeitet, der allen interessierten Nutzern zur freien Verfügung steht. Dieser Leitfaden soll dazu beitragen, einheitliche und gut nachvollziehbare Qualitätsindikatoren zur sachgerechten Anwendung von FDS festzulegen, um letztlich einen allgemein anerkannten Mindeststandard zu etablieren.“

Dr. Susanne Kilian
Initiatorin der FDS Usergroup

hhpberlin 

hhpberlin
Ingenieure für
Brandschutz GmbH
Rotherstraße 19
10245 Berlin
email@hhpberlin.de

ISSN 2191-463X
9. Tagungsband FDS Usergroup Treffen
Jahrgang 2015