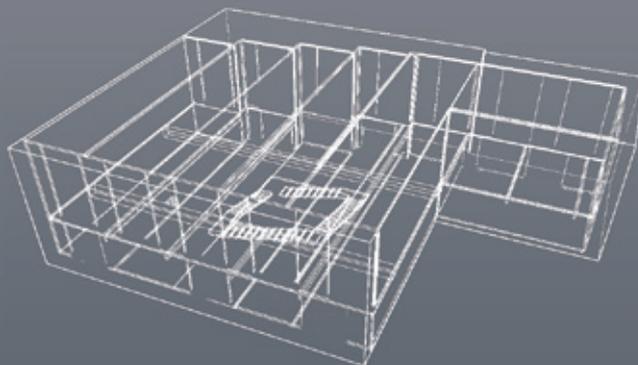


4. ANWENDERTREFFEN DER FDS USERGROUP

TAGUNGSBAND ZUSAMMENSTELLUNG DER VORTRÄGE

Datum:
04.11.-05.11.2010

Ort:
hhpberlin
Rotherstraße 19
10245 Berlin



INHALT**Vorträge 04.11.2010 (Anwendertag):**

Welche aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche ist „richtig“? Dr. Jürgen Will	2
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS) Michael Pulker	13
Skalierbarkeit von Clustersystemen Martin Steinert, Stefan Truthän	44
Rückblick zum 1. Workshop der FDS-Usergroup Arbeitsgruppe NRW vom 24.-25. Juni in Aachen Christian Rogsch	54
Vorstellung der durchgeführten Brandsimulation zur natürlichen Entrauchung einer Industriehalle mittels eines physikalischen Modells zur Vergleichsrechnung mit FDS Andreas Müller	69
Qualitätssichernde Kriterien bei der Anwendung von FDS: Ein Kurzbericht zum aktuellen Stand der Simulation isothermer Freistrahle Gregor Jäger	92

Vorträge 05.11.2010 (Forschungstag):

Qualitätssichernde Kriterien bei der Anwendung von FDS: Untersuchungen zum Einfluss diverser Parameter bei der Strömungssimulation in einem „Annex 20 Raum“ Boris Stock	100
Wärmeübertragung auf und in Bauteilen - neue Modelle in FDS Dr. Andreas Vischer	110
Berücksichtigung von abwehrenden und anlagentechnischen Maßnahmen in Bemessungsbränden Dr. Christoph Klinzmann	124
Analysis of turbulent fluctuations in a 1/3 scale room corner using FFT Prof. Bjarne Husted	138
Gegenwärtiger Stand des Konzeptes zur Eignungsprüfung des Fire Dynamics Simulators Matthias Münch	150
Numerische Vergleichsrechnungen zur Verifikation des optimierten parallelen FDS-Drucklösers ScaRC Dr. Susanne Kilian	160
Versuch zum Aufstellen von Energiebilanzen gesprinkelter Szenarien mit FDS 5 Manuel Kitzlinger	186
Analyse des Einflusses der C, H, O, N-Werte auf den soot-yield sowie die Relevanz des Luftverbrauchs Sebastian Metzger	201
Nachrechnung von Brandversuchen mit FDS/ANSYS Dimitrios Toris	213

Dr. Jürgen Will:

Welche aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche ist „richtig“?

Abstract:

Bei der Auslegung von natürlichen Rauch- und Wärmeabzügen mit Hilfe von numerischen Simulationen steht der Anwender vor dem Problem, die von ihm vorgegebenen geometrischen Rauchabzugsflächen in aerodynamisch wirksame Flächen umzurechnen, damit der Planer geeignete und insbesondere auch geprüfte NRWG (gemäß DIN EN 12101-2) auswählen kann. Der Volumenstrom durch eine Öffnung ist dabei der für die Beurteilung der aerodynamischen Wirksamkeit wesentliche Parameter. Wie Herr T. Kolb beim 3. Anwendertreffen vorgestellt hat, wird der Volumenstrom durch eine Öffnung durch die Diskretisierung / Gitterweite beeinflusst. Daher werden basierend auf dem Ansatz von Herrn Kolb die Volumenströme durch eine Öffnung bei Variation der Zellenabmessungen und der Startbedingungen bestimmt. Ziel der Untersuchung ist die „Kalibrierung“ eines Strömungsbeiwertes zur Umrechnung der geometrischen in eine aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche.



Welche aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche ist „richtig“?

4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

4. und 5. November 2010

HHP Nord/Ost Beratende Ingenieure GmbH, Braunschweig
Dr.-Ing. J. Will

Anwendung von Zonen- und CFD-Modellen



- „Darstellung“ der Rauch- und Wärmeausbreitung
- Nachweis der Einhaltung von vorgegebenen Bemessungszielen
- Auslegung / Optimierung von Entrauchungsmaßnahmen
 - Erforderliche aerodynamisch wirksame Rauchabzugsfläche A_w
 - Lage von Rauchabzugsgeräten
 - Erforderliche wirksame Öffnungsfläche für Zuluft
 - Lage der Zuluftfläche
 - u.s.w. z.B. für maschinelle Zu- und / oder Abluft

Fragestellung



- „Übliche“ Vorgehensweise
 - Vorgabe eines freiem Querschnitts (A_{geo}) für eine Öffnung
 - Entspricht NRWG mit mindestens 90 ° Öffnungswinkel
 - 90 ° Öffnungswinkel, also $c_v = 0,68$
 - Anforderung: $A_w = c_v \times A_{\text{geo}}$

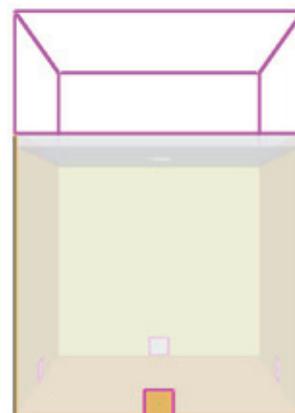
Th. Kolb hat gezeigt, dass mit zunehmender Zellengröße der Volumenstrom durch eine Öffnung zunimmt.

- Der Strömungsbeiwert $c_v = 0,68$ ist nur bei - bezogen auf die Abmessung der Öffnung – kleinen Zellenabmessungen anwendbar.
- Kann man ein „angepasstes“ c_v abschätzen / bestimmen?

Berechnungsgebiet



- Gitter: 10 m × 10 m × 15 m
- „Kammer“: 10 m × 10 m × 15 m
- Nachströmung: 4 × 1 m × 1 m, mittig in den Seitenwänden
- Abströmung: 1 m × 1 m, mittig in der Decke der Kammer
- Warme Luftschicht: 10 m × 10 m × 9 m (oberhalb Zuluftöffnungen – Decke)



Time: 0.0



Parametervariation



Zellenabmessung / Anzahl der Zellen

- 5 cm 12.000.000 Zellen
- 10 cm 1.500.000 Zellen
- 16,67 cm 324.000 Zellen
- 25 cm 96.000 Zellen
- 50 cm 12.000 Zellen

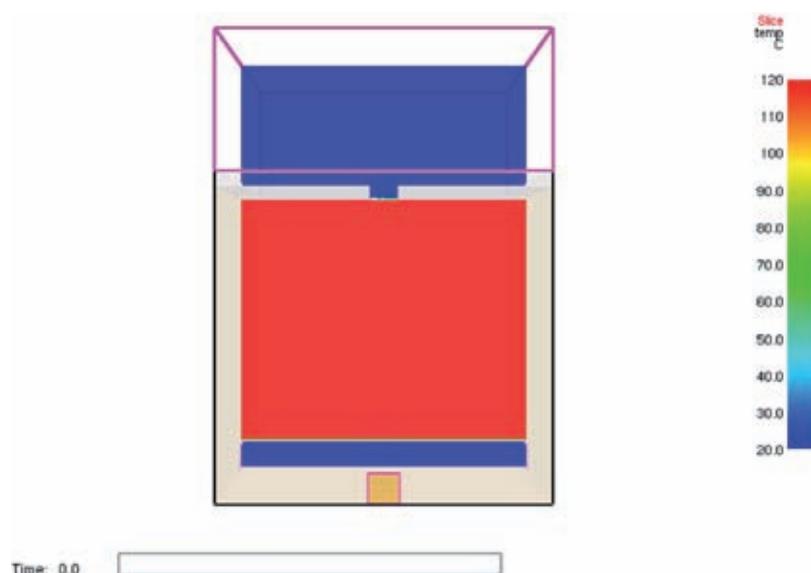
Temperatur der warmen Luftschicht

- 120 °C 100 K
- 70 °C 50 K
- 30 °C 10 K

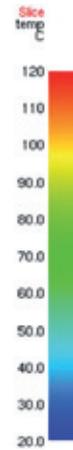
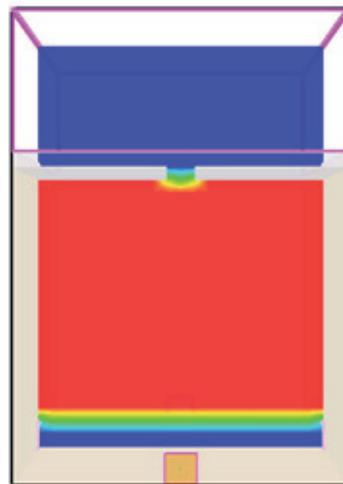
(Umgebungstemperatur / Anfangstemperatur: 20 °C)

Insgesamt 15 Simulationen

Temperaturverteilung (5 cm, 100 K)

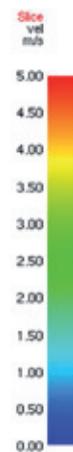
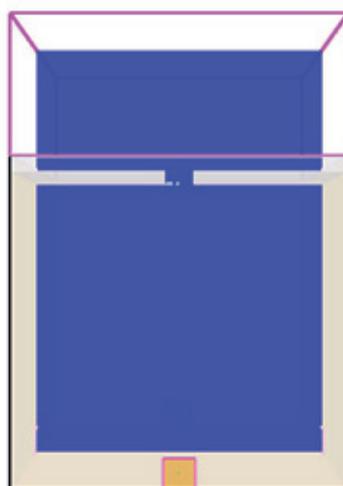


Temperaturverteilung (50 cm, 100 K)



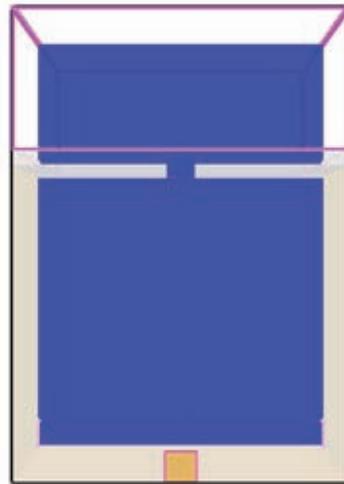
Time: 0.0

Strömungsbild (5 cm, 100 K)



Time: 0.0

Strömungsbild (50 cm, 100 K)

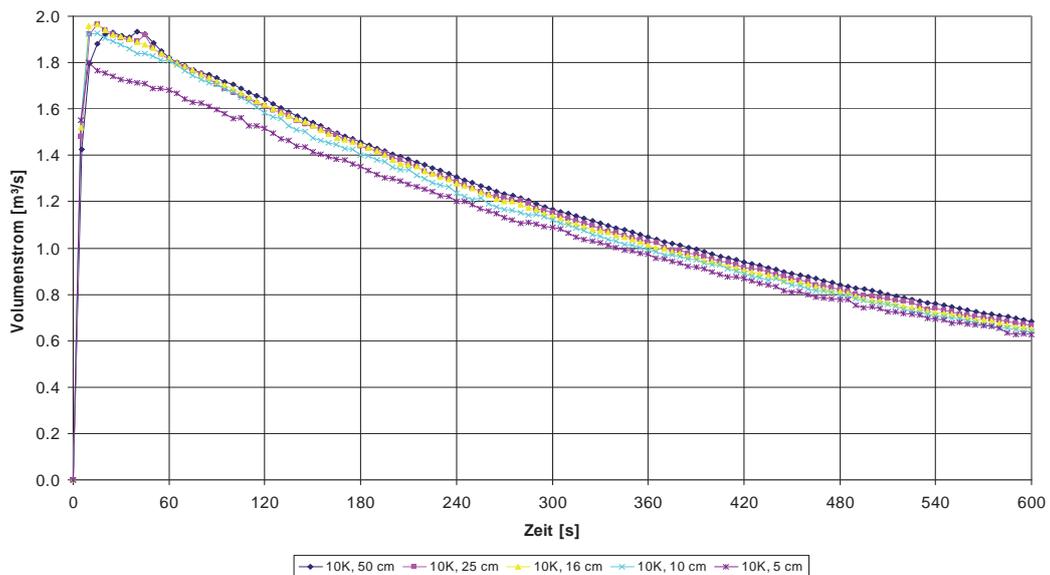


Time: 0.0

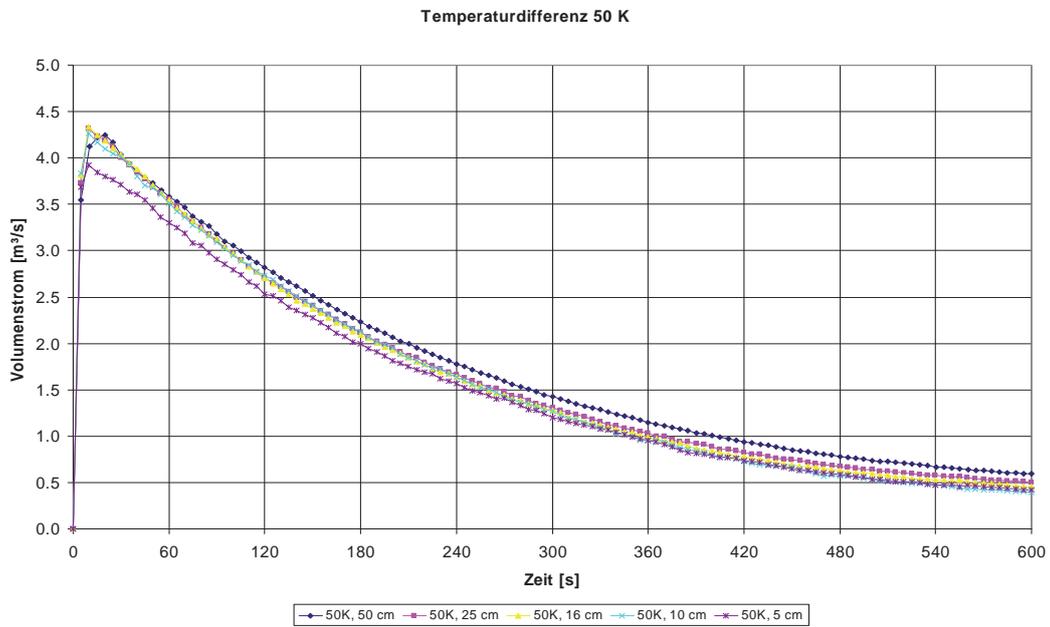
Vergleich der Volumenströme ($\Delta T = 10$ K)



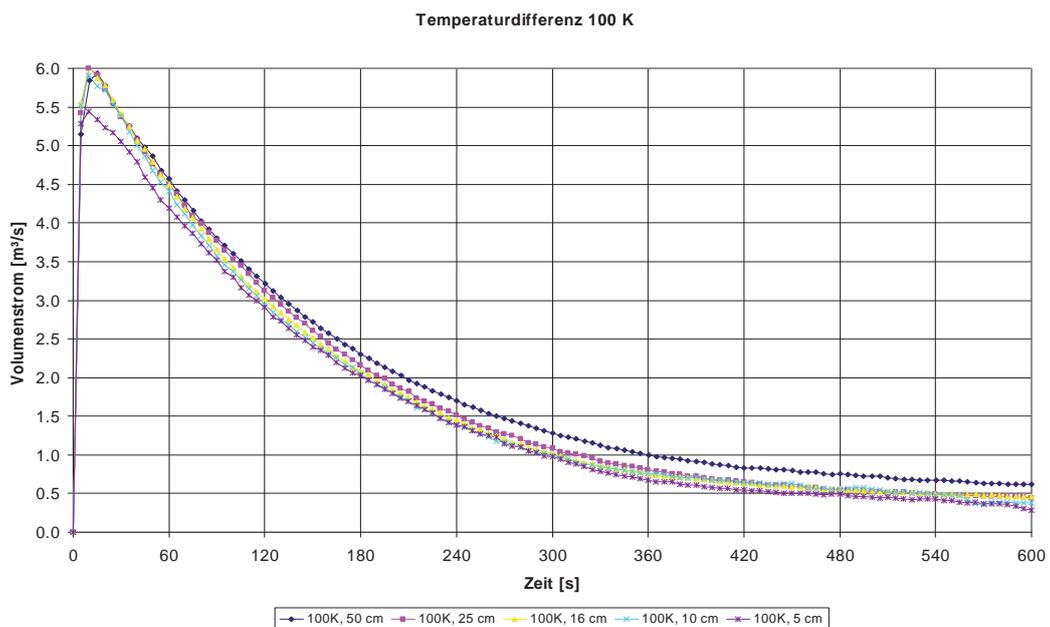
Temperaturdifferenz 10 K



Vergleich der Volumenströme ($\Delta T = 50 \text{ K}$)



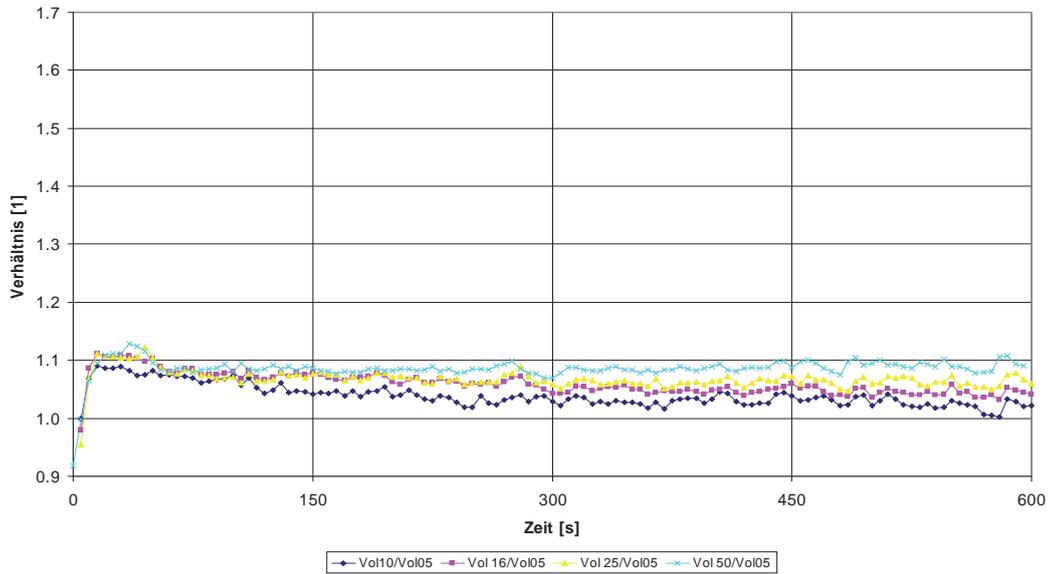
Vergleich der Volumenströme ($\Delta T = 100 \text{ K}$)



Verhältnis Volumenströme ($\Delta T = 10 \text{ K}$)



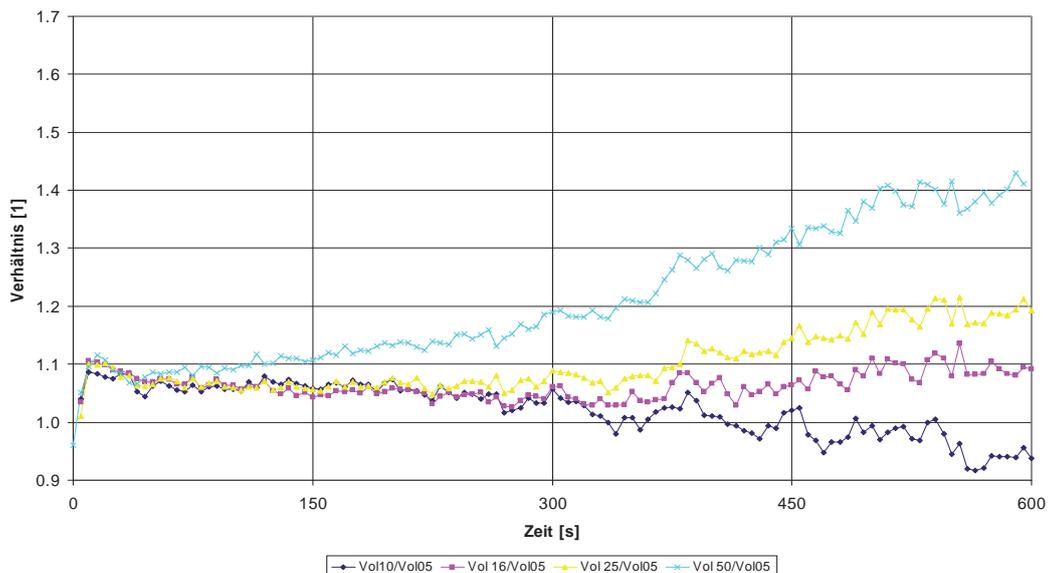
Verhältnis Volumenstrom bezogen auf 5 cm - Gitter für Temperaturdifferenz 10 K



Verhältnis Volumenströme ($\Delta T = 50 \text{ K}$)



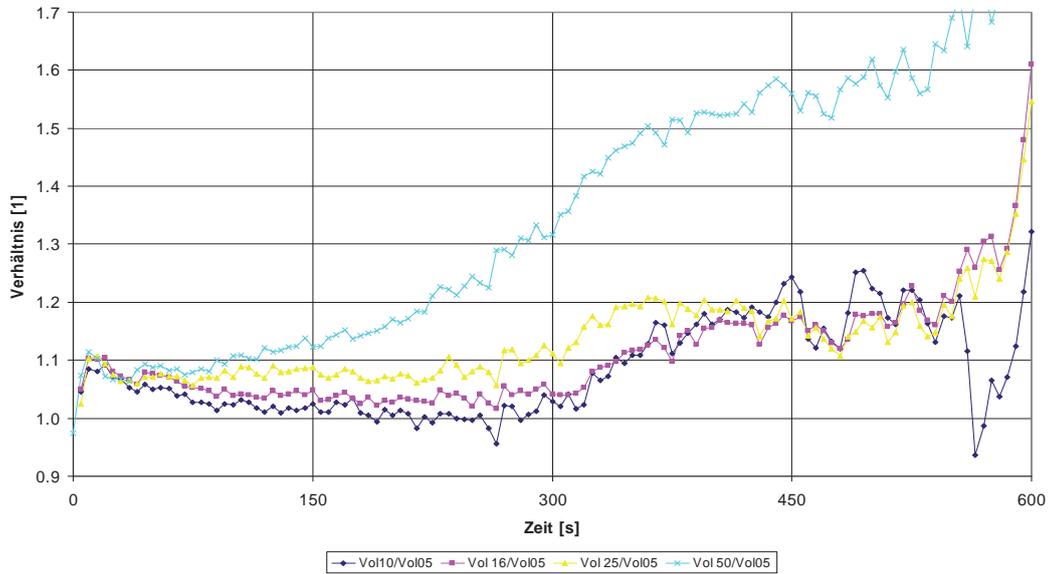
Verhältnis Volumenstrom bezogen auf 5 cm - Gitter für Temperaturdifferenz 50 K



Verhältnis Volumenströme ($\Delta T = 100 \text{ K}$)



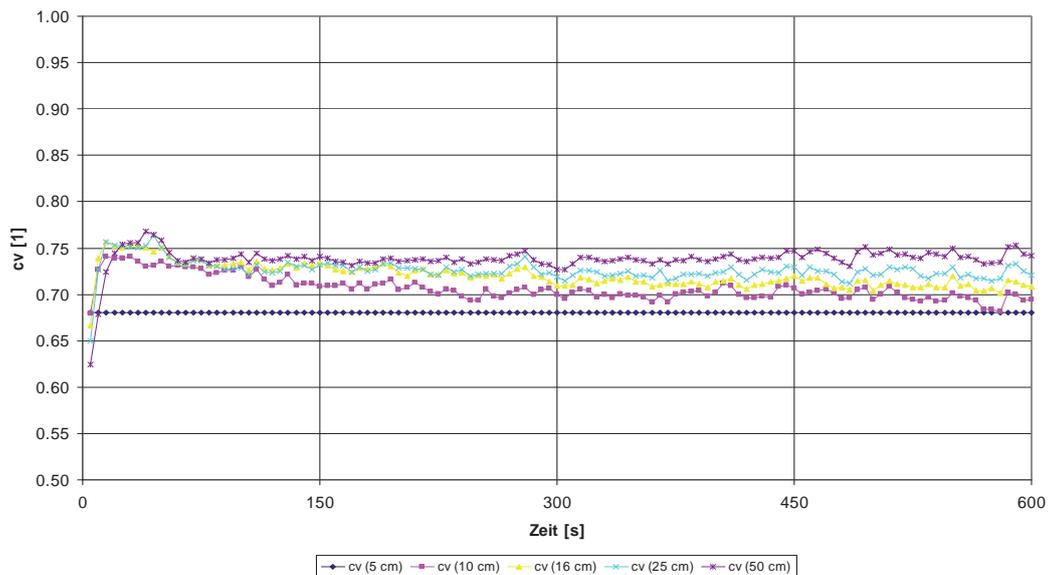
Verhältnis Volumenstrom bezogen auf 5 cm - Gitter für Temperaturdifferenz 100 K



Resultierender Beiwert ($\Delta T = 10 \text{ K}$)



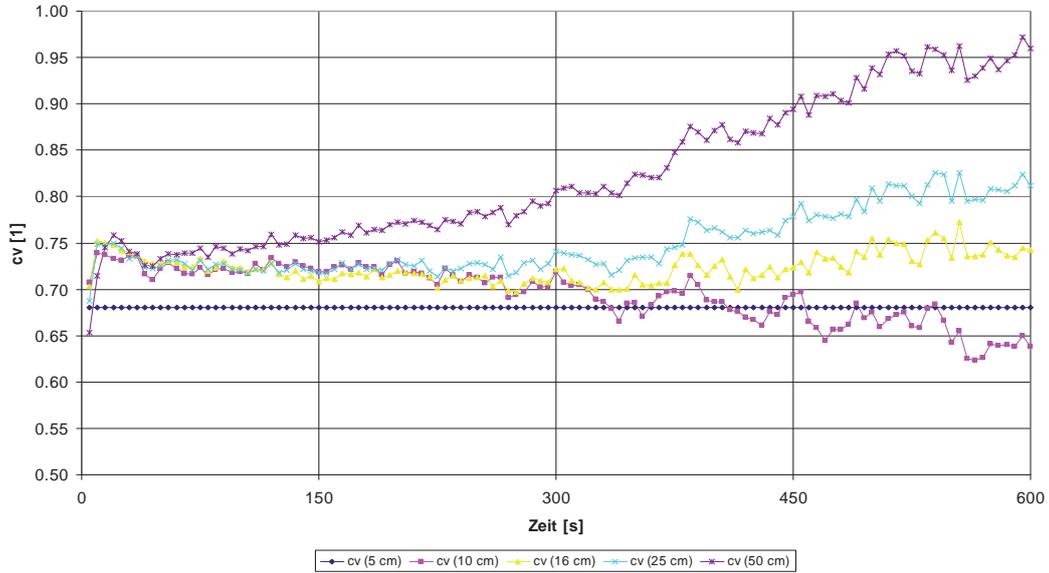
resultierender Strömungsbeiwert cv für Temperaturdifferenz 10 K



Resultierender Beiwert ($\Delta T = 50 \text{ K}$)



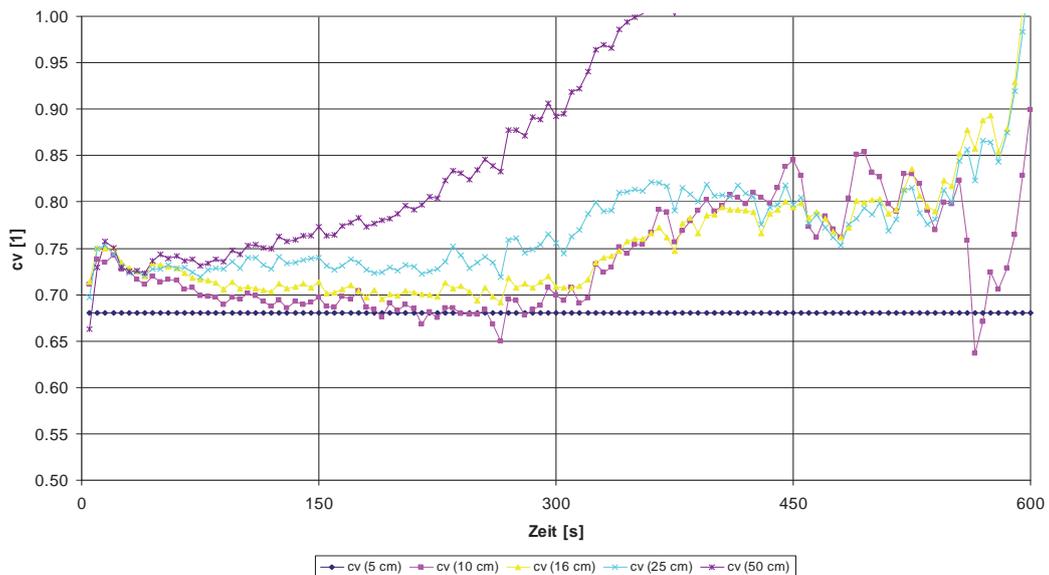
resultierender Strömungsbeiwert c_v für Temperaturdifferenz 50 K



Resultierender Beiwert ($\Delta T = 100 \text{ K}$)



resultierender Strömungsbeiwert c_v für Temperaturdifferenz 100 K



Schlussfolgerung



- Große Zellenabmessungen \Rightarrow Größerer Volumenstrom
- Großer „Sprung“ zwischen 5 cm-Zellen und 10 cm-Zellen
- Bei ≤ 10 Zellen in der Öffnung ist der Volumenstrom bis zu 10 % größer.
- Die aerodynamische Wirksamkeit der Öffnung wird bei ≤ 10 Zellen in der Öffnung um bis 10 % überbewertet.

$\Rightarrow c_v = 0,68 - 0,70$ in vielen Fällen zu niedrig.

\Rightarrow Erhöhung von $c_v = 0,72 - 0,75$

Michael Pulker:

Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Abstract:

Hintergrund:

Die Anwendung von Brandsimulationsmodellen hat sich in den letzten Jahren als bewährtes und von Brandschutzingenieuren immer häufiger genutztes Verfahren zur Beurteilung komplexer Fragestellungen im vorbeugenden Brandschutz entwickelt. Basis dieser Anwendung sind klar definierte Randbedingungen wie z. B. definierte Brandszenarien (Design Fires), Schutzzieldefinitionen, Regelwerke und Fachliteratur, welche die Eingangsparameter für die Brandsimulation vorgeben. Dieser Umstand legt den Schluss nahe, Brandsimulationsmodelle auch einzusetzen, um Verläufe von tatsächlichen Bränden nachzuvollziehen und die daraus gewonnen Erkenntnisse z. B. im Rahmen der Brandursachenermittlung weiter zu verwenden. Diesbezügliche Richtlinien und Vorgaben, um aufgrund der Brandspuren die entsprechenden Brandszenarien im Simulationsmodell zu rekonstruieren, existieren allerdings nicht.

Hypothese:

Brandsimulationsmodelle sind unter bestimmten Voraussetzungen geeignete Werkzeuge, um aufgrund der Brandspuren die entsprechenden Brandverläufe zu rekonstruieren.

Methoden und Belege:

Zur Überprüfung der Hypothese wurden bisherige Erkenntnisse über die Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandereignissen recherchiert und entsprechende Fallbeispiele analysiert. Zur praktischen Untermauerung der Hypothese wurde ein Zimmerbrand unter definierten Bedingungen nachgestellt (Realbrandversuch), um in weiterer Folge mittels des Brandsimulationsmodells „Fire Dynamics Simulator“ zu untersuchen, inwieweit es möglich ist, aufgrund des nach dem Brand vorhandenen Spurenbildes den Brandverlauf zu rekonstruieren. Die Auswertung erfolgte durch Analyse des Brandverlaufes sowie durch Gegenüberstellung der Messergebnisse vom Versuch und von den Simulationen. Als Zusammenfassung wurde ein Katalog erstellt, in dem definiert ist, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, um ein Brandereignis mittels Simulationsverfahren zu rekonstruieren.

These:

Brandsimulationsmodelle sind aufgrund des nach dem Brand vorhandenen Spurenbildes grundsätzlich zur Rekonstruktion von Brandverläufen geeignet. Wesentliche Kriterien für die Qualität und Aussagekraft der einzelnen Simulationsergebnisse sind neben Kenntnissen zu Art und Verteilung der Brandlasten auch Informationen zur Zündquelle (Quellterm) und zu den Ventilationsbedingungen.

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen

Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)



Vortrag im Rahmen des FDS Usergroup Treffens von 4. - 5. November 2010 bei hhpberlin in Berlin

Ing. Michael Pulker, MSc

FDS Usergroup Treffen
4. - 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Über mich

- Michael Pulker, MSc
- St. Pölten (Österreich)
- Hauptberuflich bei der Feuerwehr St. Pölten
- Seit dem Jahr 2000 brandschutztechnischer Sachverständiger
- Seit dem Jahr 2003 freiberuflicher Brandschutzplaner
- Seit dem Jahr 2005 Brandsimulation mittels FDS (Distance Education Seneca College)
- 2008 – 2010 „Fire Safety Management“ Masterstudienlehrgang Donau Universität Krems

FDS Usergroup Treffen
4. - 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Inhaltsübersicht

- Einleitung und Methodik der Arbeit
- Bisherige Anwendung von FDS zur Brandrekonstruktion
- Der Brandversuch
- Simulation des Brandversuches
- Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation
- Zusammenfassung und Resümee



Einleitung

- Brandsimulationsmodelle sehr gut validiert und verifiziert
- Verbreiteter Anwendung von Brandsimulationsmodellen im VB
 - Basis sind Regelwerke und definierte Randbedingungen
- Vereinzelte Anwendung von Brandsimulationsmodellen für die Rekonstruktion von Bränden aufgrund der Brandspuren
 - Keine Regelwerke bzw. einheitliche Vorgehensweisen
- Hypothese:
Brandsimulationsmodelle sind unter bestimmten Voraussetzungen geeignete Werkzeuge, um aufgrund der Brandspuren die entsprechenden Brandverläufe zu rekonstruieren.



Methodik der Arbeit

- Betrachtung unterschiedlicher Arten von Brandsimulationsmodellen
- Auswahl eines geeigneten Brandsimulationsmodells
- Recherche über die bisherige Anwendung von FDS zur Rekonstruktion von Brandereignissen
- Durchführung und Auswertung eines Brandversuches
- Rekonstruktion des Brandversuches mittels FDS (Parameterstudie)
- Gegenüberstellung Brandversuch <> Brandsimulation
- Schlussfolgerung



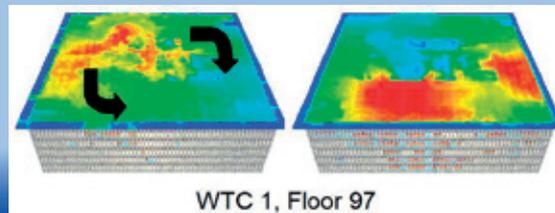
Inhaltsübersicht

- Einleitung und Methodik der Arbeit
- Bisherige Anwendung von FDS zur Brandrekonstruktion
- Der Brandversuch
- Simulation des Brandversuches
- Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation
- Zusammenfassung und Resümee



Rekonstruktion von Brandereignissen mittels FDS

- Einsatz bei der Rekonstruktion von 9/11 (World Trade Center)
 - Brandversuche zur Validierung von FDS



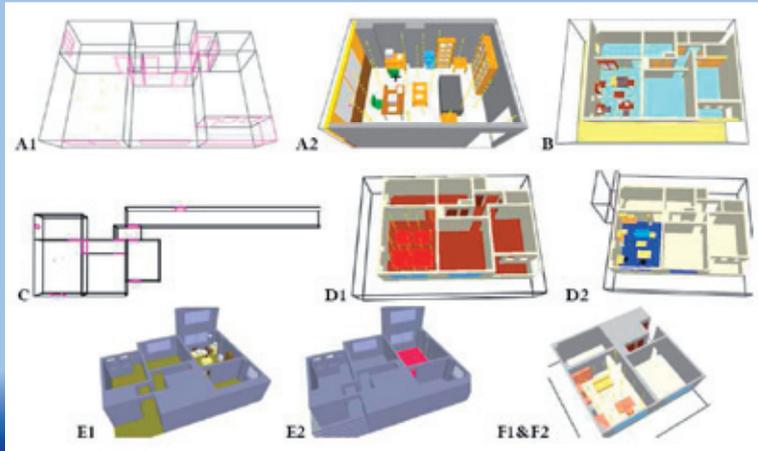
Rekonstruktion von Brandereignissen mittels FDS

- Einsatz bei der Rekonstruktion eines Nachtclub-Brandes in Rhode Island mit 100 Todesopfern
 - Brandversuche für die Rekonstruktion der Brandentstehungsphase



Rekonstruktion von Brandereignissen mittels FDS

- Round Robin Studie im Rahmen der Dalmarnock Brandversuche (Glasgow)
 - Beispiel für die starke Abhängigkeit von den Interpretationen des Modellanwenders



Inhaltsübersicht

- Einleitung und Methodik der Arbeit
- Bisherige Anwendung von FDS zur Brandrekonstruktion
- Der Brandversuch
- Simulation des Brandversuches
- Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation
- Zusammenfassung und Resümee

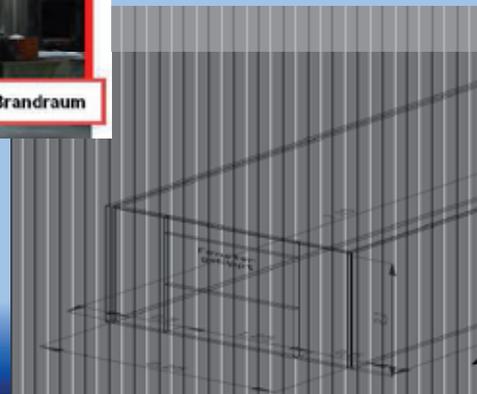
Der Brandversuch - Kriterien

- Realistisches Szenario (Durchschnittshaushalt)
- Verwertbare Brandspuren nach den Löscharbeiten
- Mehrere potentielle Zündquellen als mögliche Brandursache
- Brand sollte entsprechend fortgeschritten sein (Flash Over)
- Gewissen Dichte an Temperatursensoren im Versuchsraum
- Umfassende Videodokumentation
- Genaue Dokumentation des Spurenbildes nach dem Brand

=> Durchführung eines eigenen Brandversuches welcher die obigen Kriterien entsprechend erfüllt

Der Brandversuch - Versuchsraum

- Rauchdurchzündungsanlage (RDA) der FW St. Pölten



Der Brandversuch - Raumausstattung



FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Der Brandversuch - Raumausstattung



FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Der Brandversuch – Messtechnik, Dokumentation

- 25 x Thermoelemente
- 1 x Sauerstoffsensor
- 2 x Wärmebildkamera
- 1 x Minikamera schwarz/weiß im Versuchsraum
- 3 x Videokamera

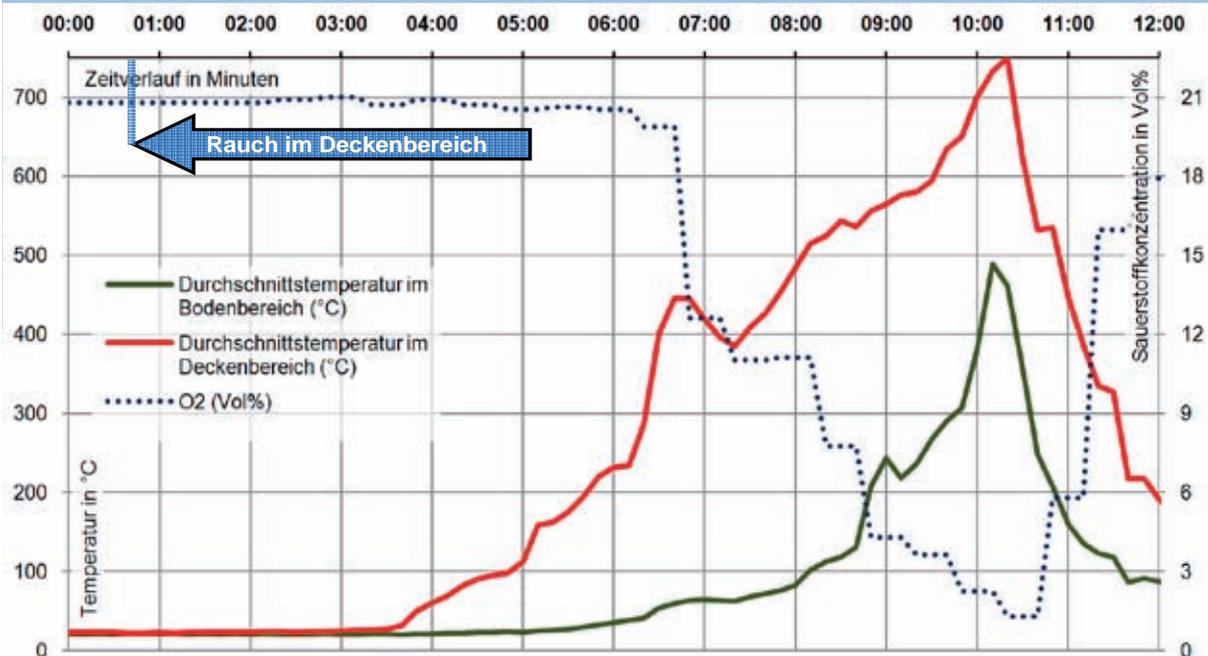
FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Der Brandversuch - Auswertung

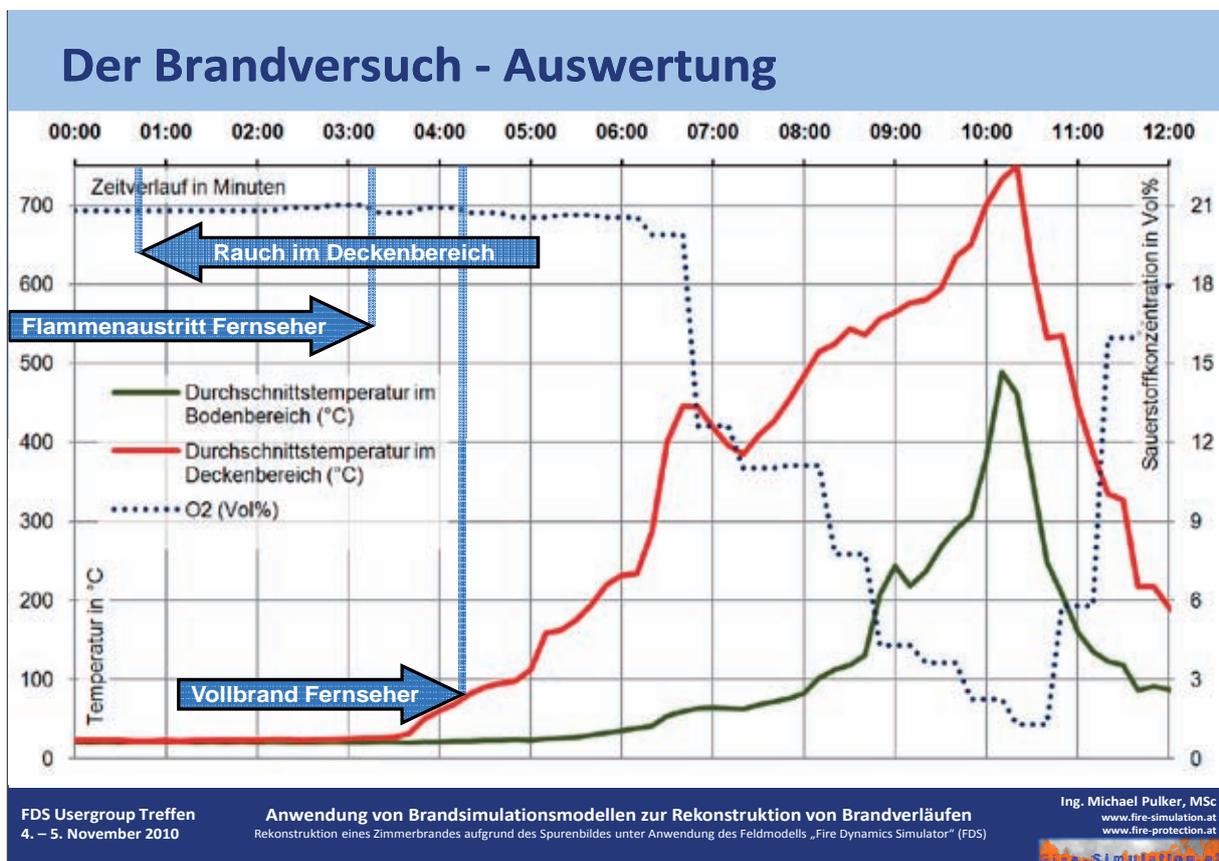
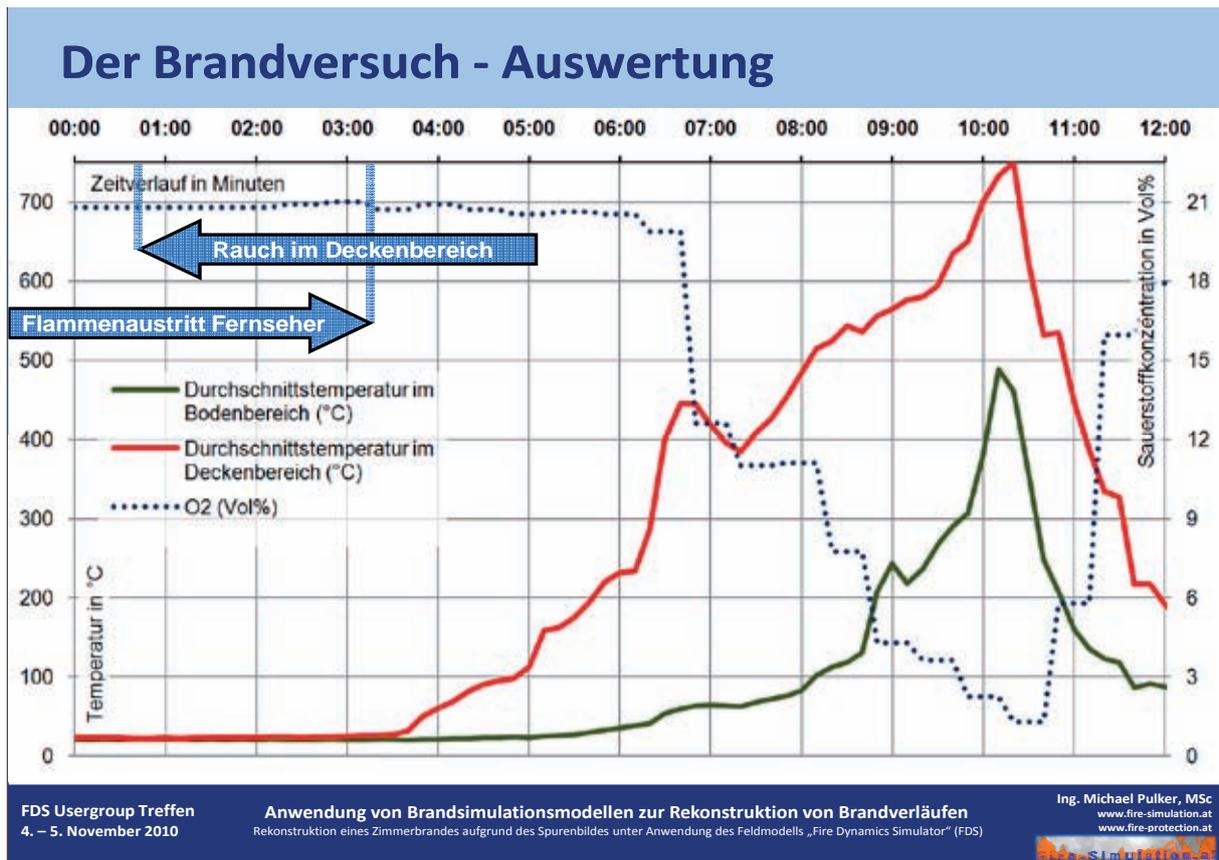


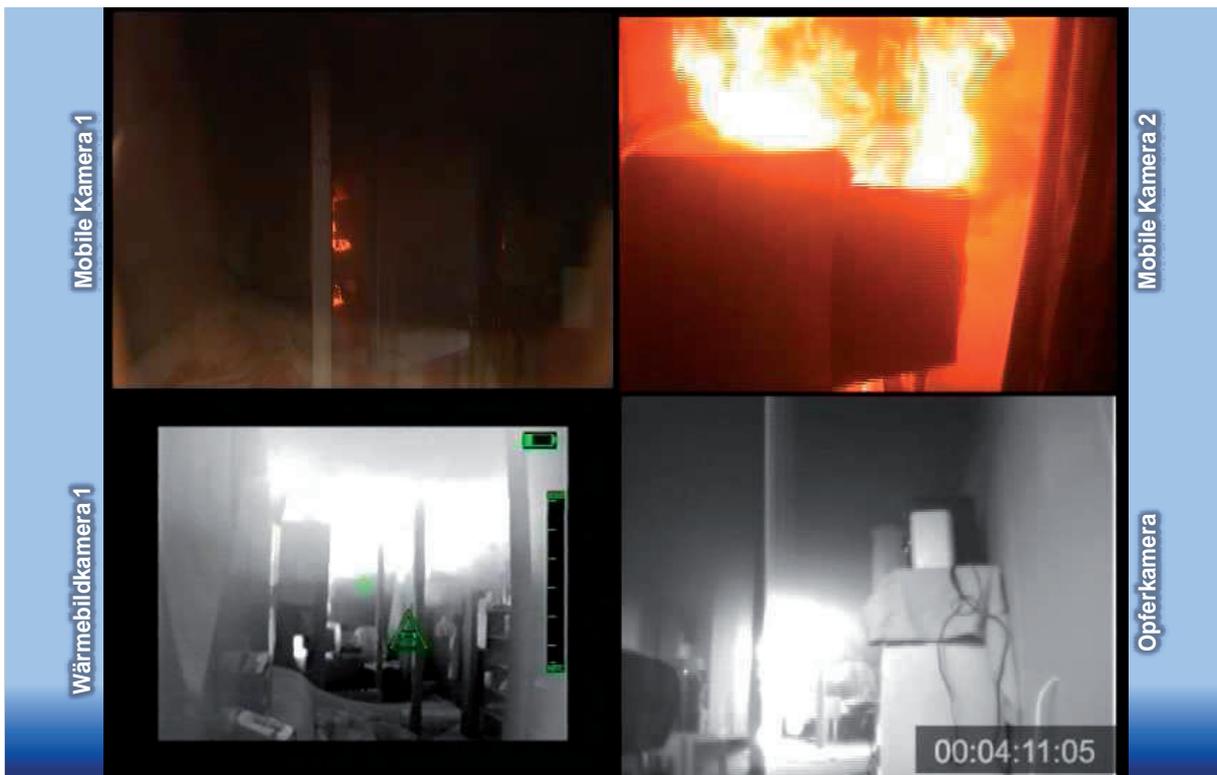
FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at







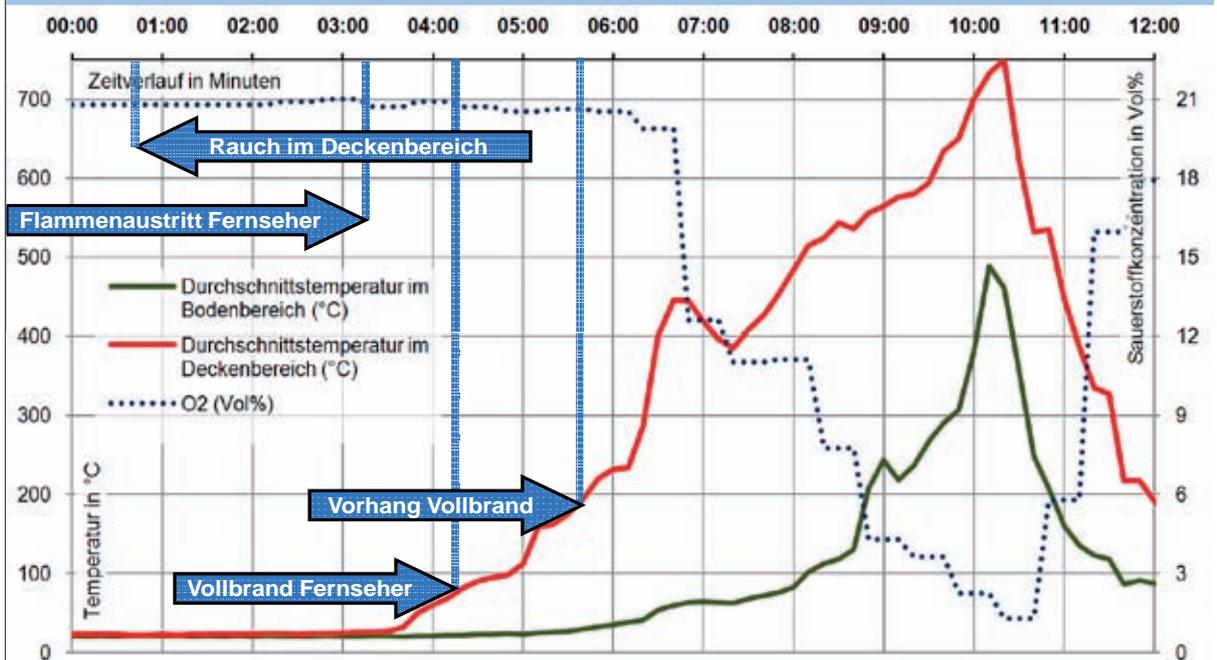
FDS Usergroup Treffen
4. - 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Der Brandversuch - Auswertung

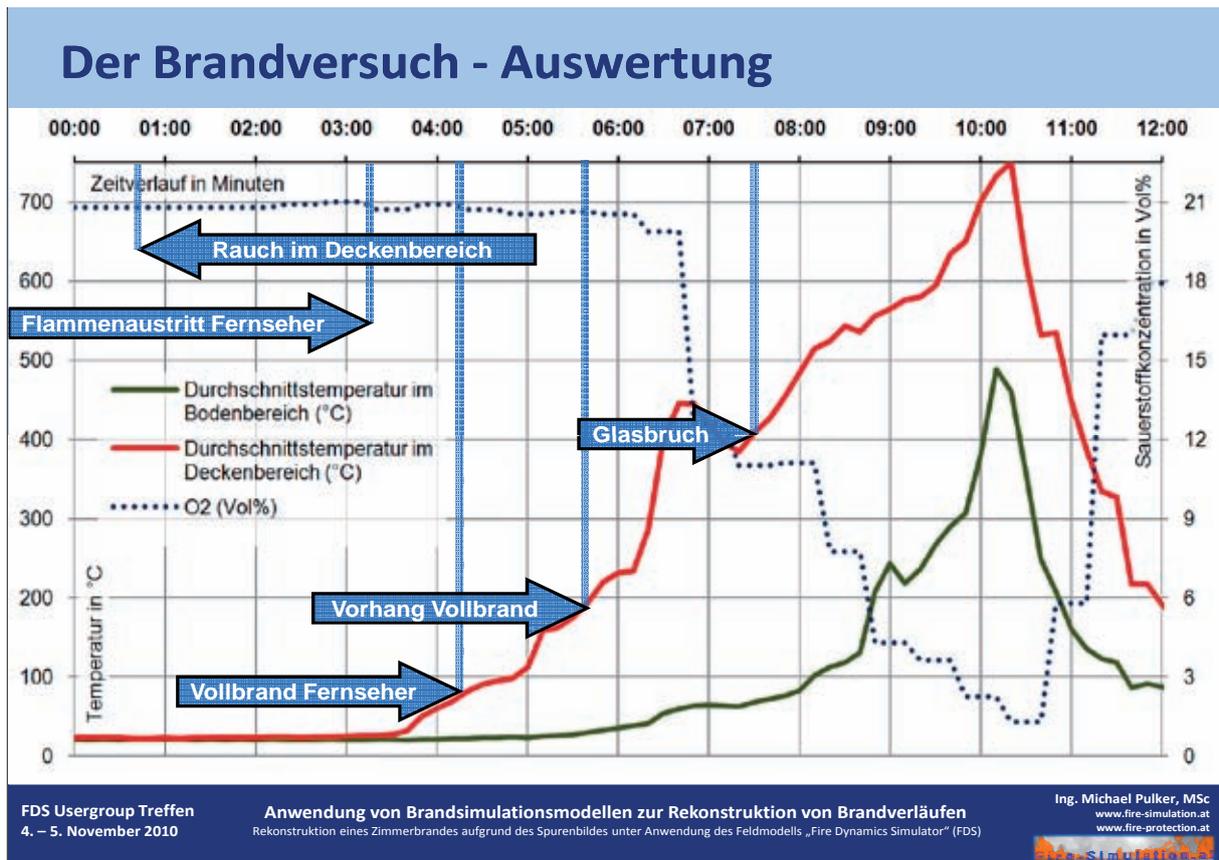


FDS Usergroup Treffen
4. - 5. November 2010

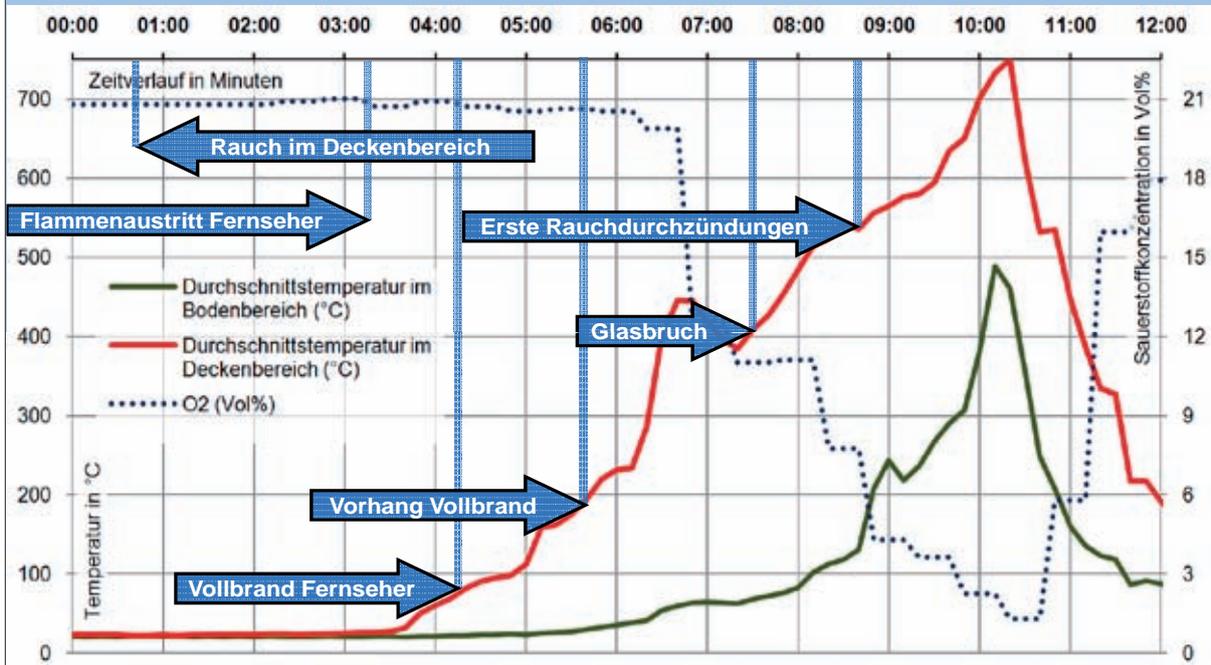
Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at





Der Brandversuch - Auswertung

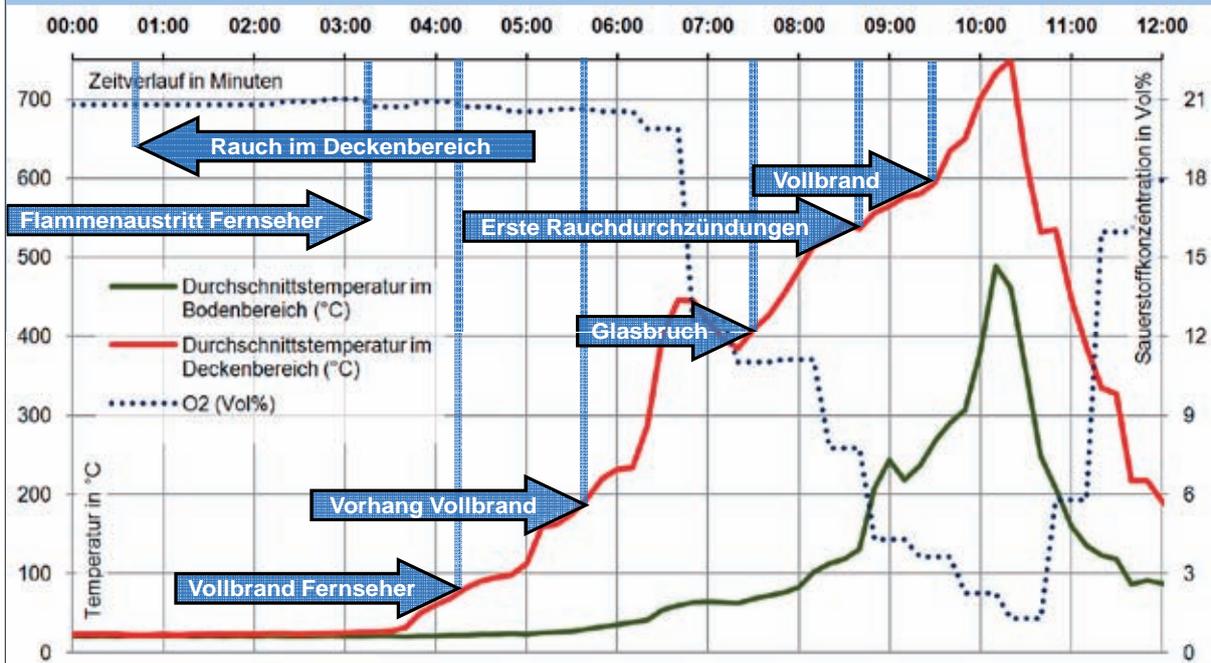


FDS Usergroup Treffen
4. - 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at

Der Brandversuch - Auswertung



FDS Usergroup Treffen
4. - 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



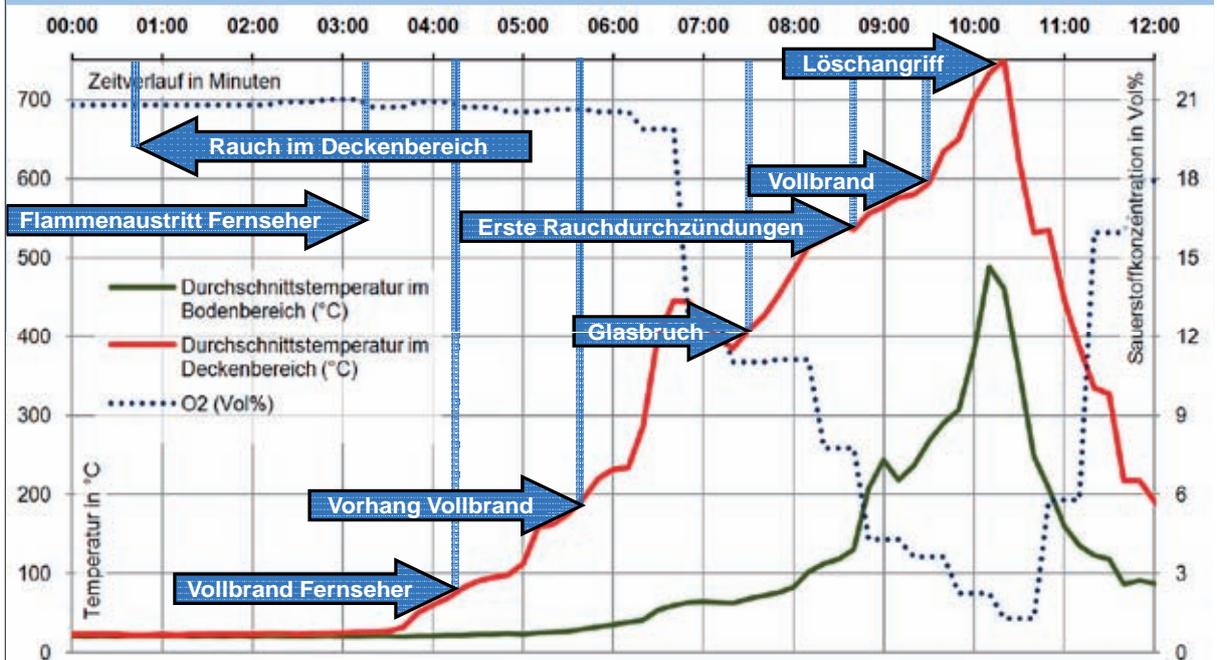
FDS Usergroup Treffen
4. - 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Der Brandversuch - Auswertung



FDS Usergroup Treffen
4. - 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Der Brandversuch - Spurenbild

- Vollständige Zerstörung im Bereich des Brandherdes
- Vielzahl an nicht verbrannten Brandlasten in brandfernen bzw. bodennahen Bereichen
- Typische Brand- und Wärmespuren an Bauteilen und Einrichtung

Der Brandversuch - Spurenbild



Der Brandversuch - Spurenbild



FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Der Brandversuch - Spurenbild



FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Der Brandversuch - Spurenbild



FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Der Brandversuch - Spurenbild



FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Inhaltsübersicht

- Einleitung und Methodik der Arbeit
- Bisherige Anwendung von FDS zur Brandrekonstruktion
- Der Brandversuch
- **Simulation des Brandversuches**
- Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation
- Zusammenfassung und Resümee



Simulation des Brandversuches

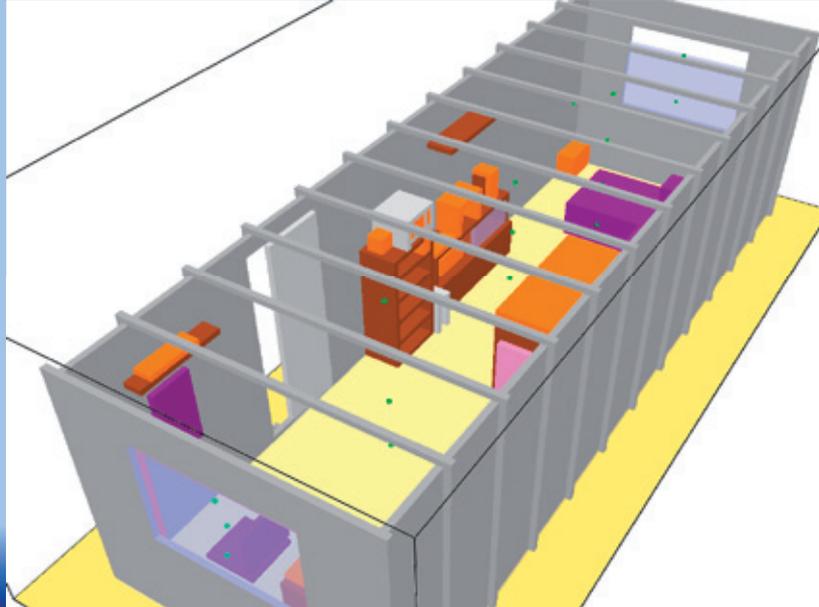
Eingangsparameter

- **Bekannte Eingangsparameter**
 - Allgemeine Simulationsdaten
 - Gitternetz (5 cm, rund 750.000 Zellen)
 - Bauliche Gegebenheiten
- **Unsichere Eingangsparameter**
 - Ventilationsbedingungen
 - Brandlasten
 - Initialbrand



Simulation des Brandversuches

Bauliche Gegebenheiten



FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Simulation des Brandversuches

Ventilationsbedingungen

- Ventilationsbedingungen bestimmen wesentlich das Brandgeschehen („ventilationsgesteuerter Brand“)
- Ventilation durch Gebäudeöffnungen (Fenster, Türen)
- Glasbruchverhalten von vielen Faktoren abhängig
- Simulation des Glasbruches als zeitgesteuerter Eingangsparameter

FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Simulation des Brandversuches Brandlasten

- Brandlasten sehr inhomogen
- Aufgrund der Zerstörung keine genaue Rekonstruktion möglich
- Zusammenfassung von Materialgruppen
- Simulation des Verbrennungsvorganges
 - Angabe der chemisch-physikalischen Verbrennungsparameter
 - Definition von Zündtemperatur und Wärmefreisetzungsrate bzw. der thermophysikalischen Stoffeigenschaften

FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Simulation des Brandversuches Blickrichtung Norden



FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Simulation des Brandversuches Blickrichtung Süden



FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Simulation des Brandversuches Blickrichtung Südosten



FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

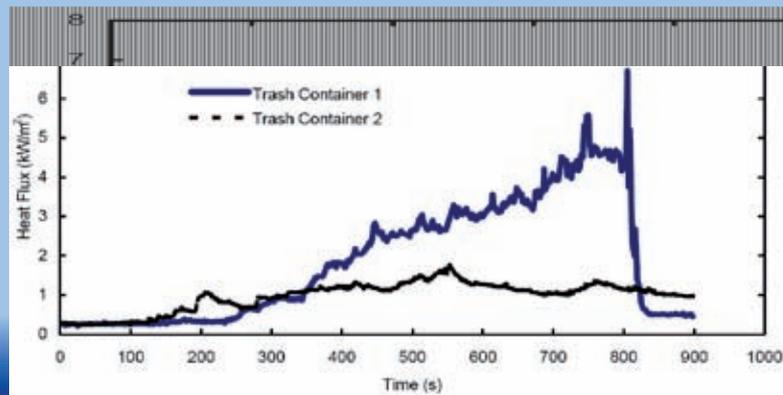
Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Simulation des Brandversuches

Initialbrand

- Wesentlicher Parameter für Brandausbreitung
- Brandausbreitung bei komplexen Brandlasten von unzähligen Faktoren abhängig
- Vgl. NIST Mülleimer-Brandversuche:



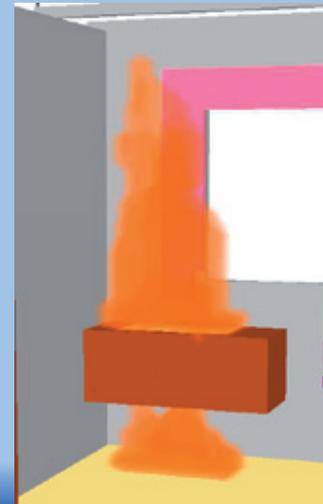
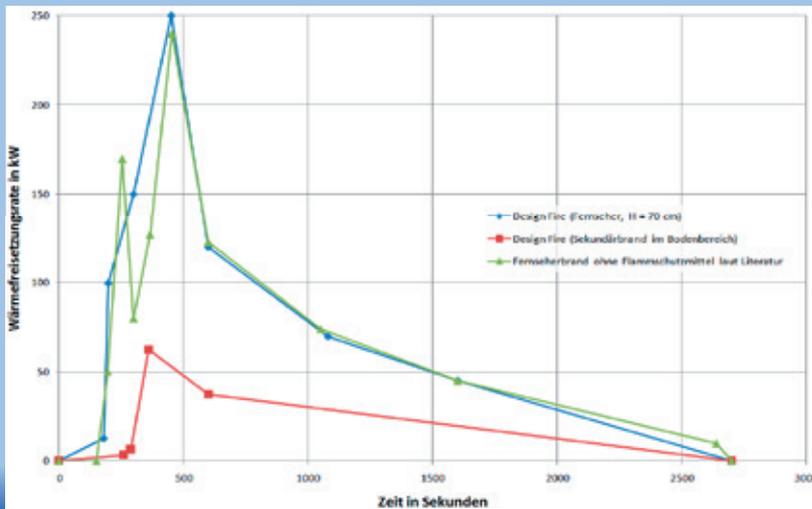
Simulation des Brandversuches

Initialbrand

- Vermeintliche Brandursache (Initialbrand) ersetzen durch:
 - Brandleistungskurve aus eigenen Brandversuchen
 - Brandleistungskurve aus der Literatur
- Brandleistungskurve von TV-Brandversuchen
- Primär- und Sekundärbrand wurden simuliert
- Umliegende Brandlasten wesentlich für Brandausbreitung

Simulation des Brandversuches Initialbrand

- Reale Brandleistungskurve eines Fernseherbrandes (= Design Fire)

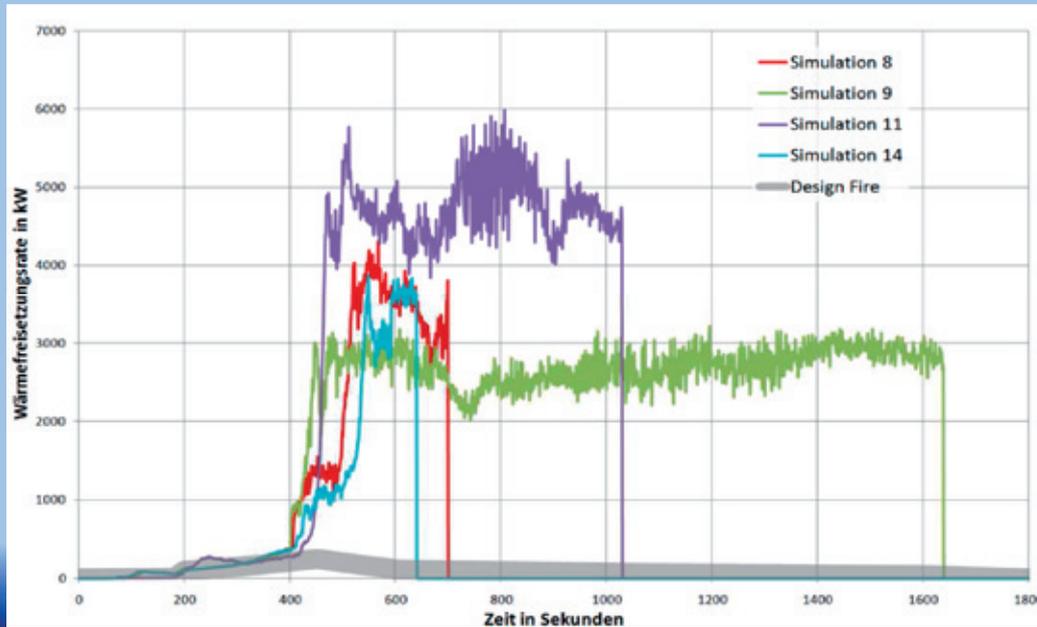


Simulation des Brandversuches Parameterstudie

- Ventilationsbedingungen
 - Stellung der Türe
 - Glasbruchverhalten
- Initialbrand
 - Brandleistung
 - Lage des Initialbrandes
- Brandlast
 - Definition des Kunststoffes
 - Brandlasten in Brandherdnähe
- Gitternetz
 - 5 cm und 10 cm

Simulation des Brandversuches

Auswertung der Wärmefreisetzung



FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Inhaltsübersicht

- Einleitung und Methodik der Arbeit
- Bisherige Anwendung von FDS zur Brandrekonstruktion
- Der Brandversuch
- Simulation des Brandversuches
- Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation
- Zusammenfassung und Resümee

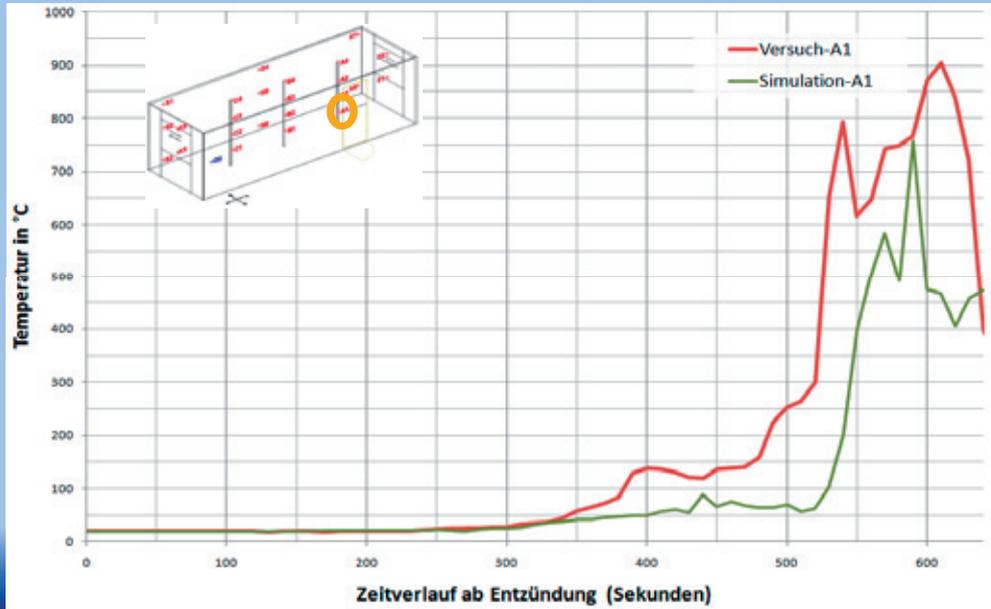
FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation Temperatursensor A1 (Brandherdnähe – Bodenbereich)



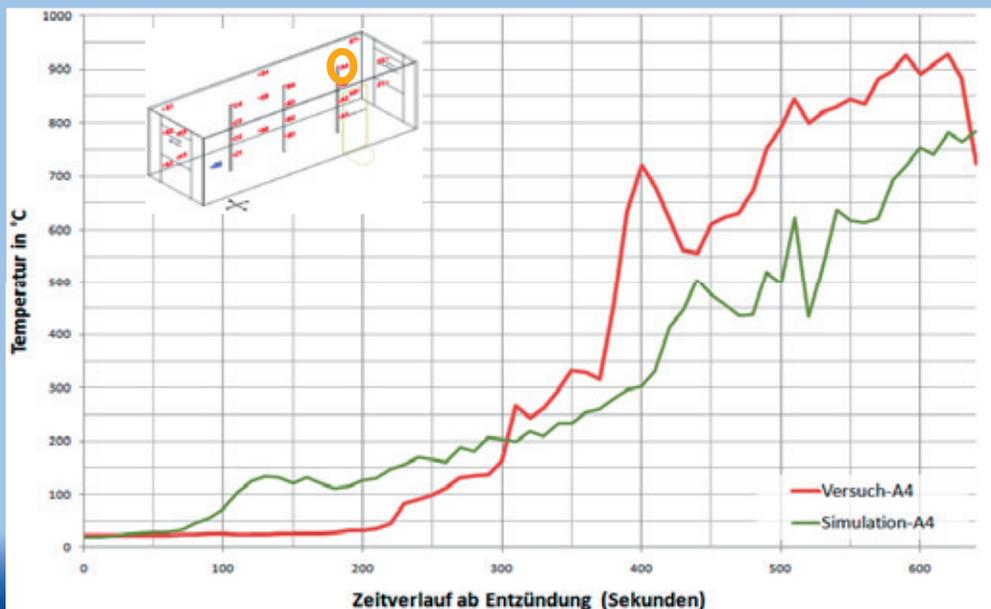
FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation Temperatursensor A1 (Brandherdnähe – Deckenbereich)



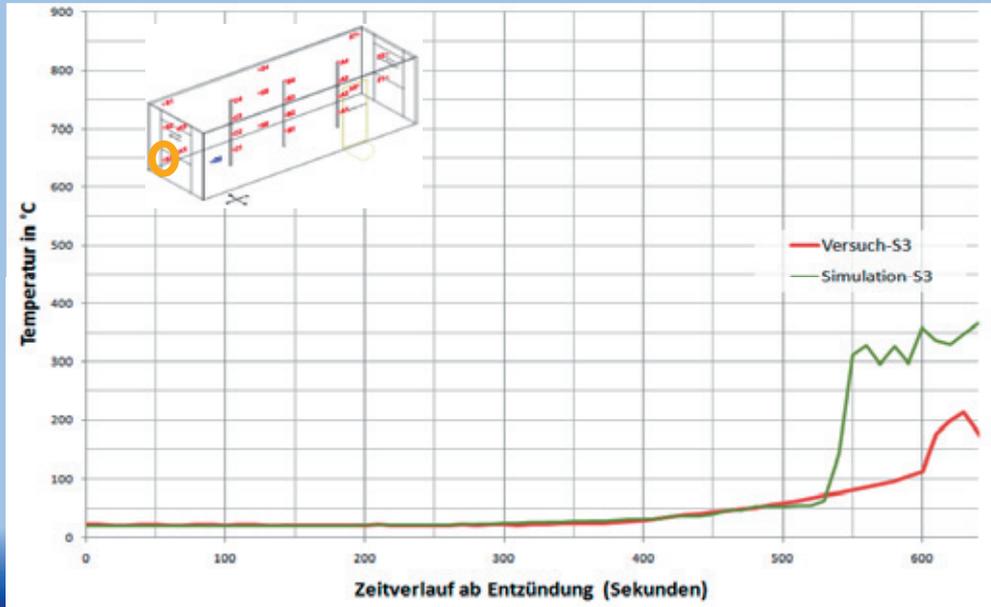
FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation Temperatursensor S3 (Brandherdfern – Bodenbereich)



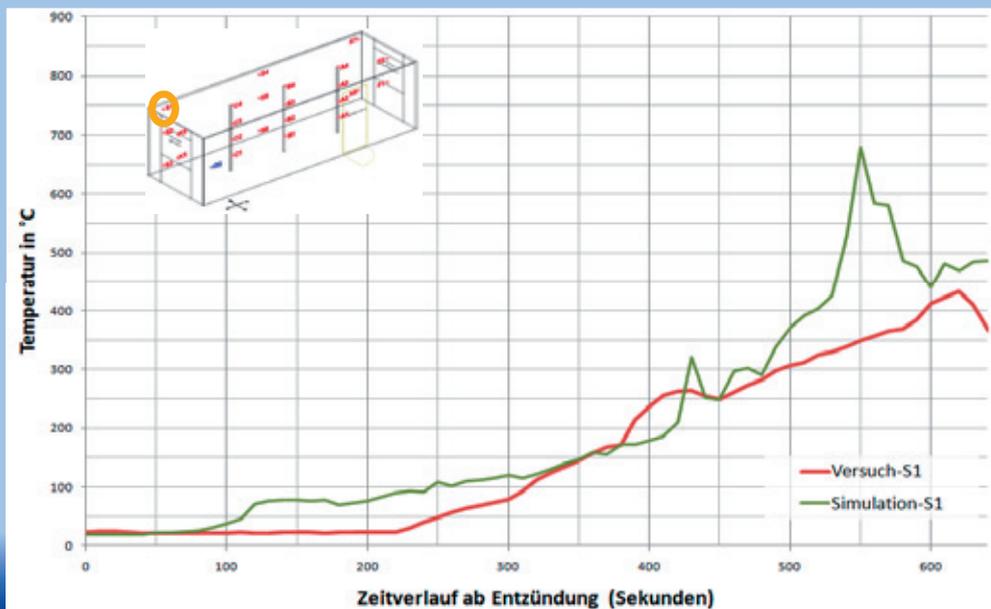
FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation Temperatursensor S1 (Brandherdfern – Deckenbereich)



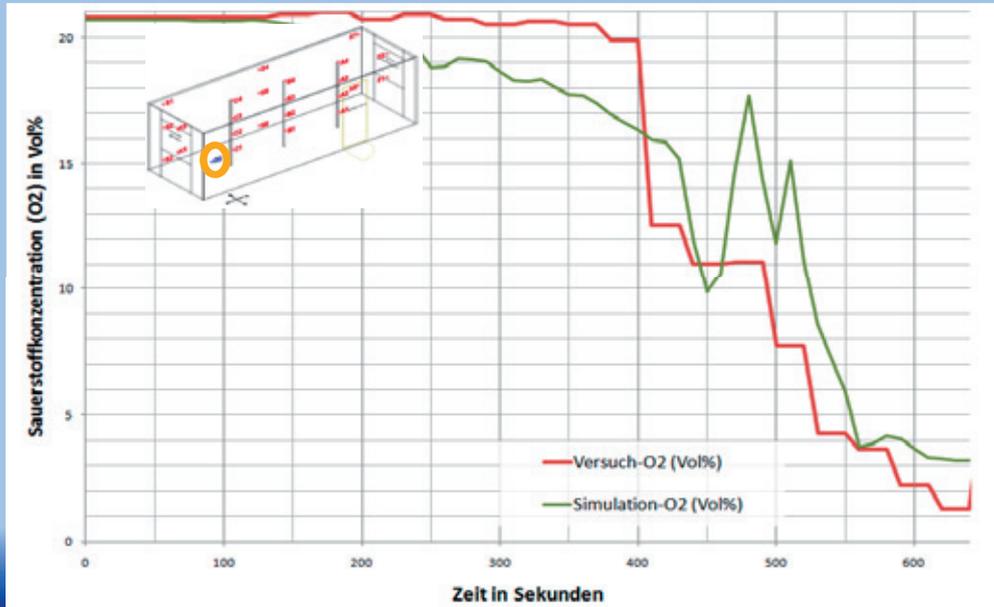
FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation Sauerstoffsensor



FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at

Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation Visueller Vergleich



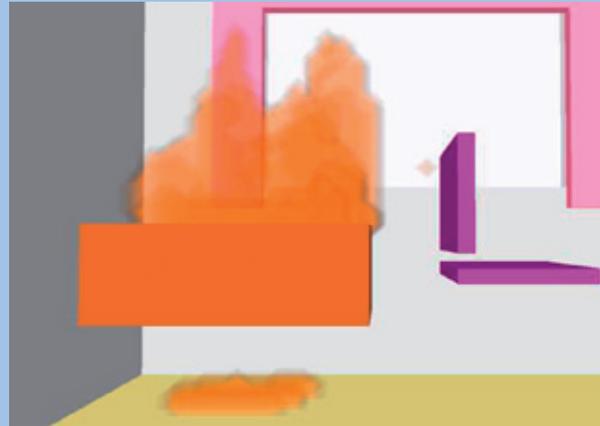
Verrauchung nach 3:10 Minuten

FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at

Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation Visueller Vergleich



Brandherd nach 5:00 Minuten

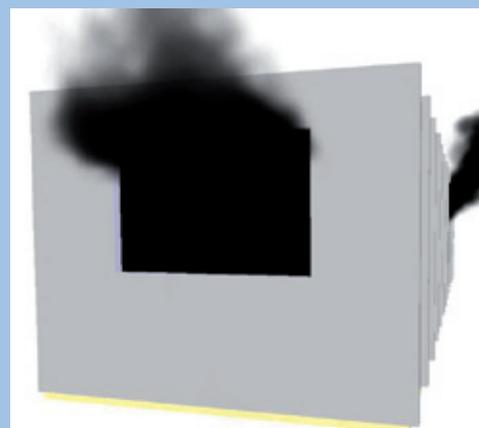
FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation Visueller Vergleich



Verrauchung im Freibereich nach 5:42 Minuten

FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

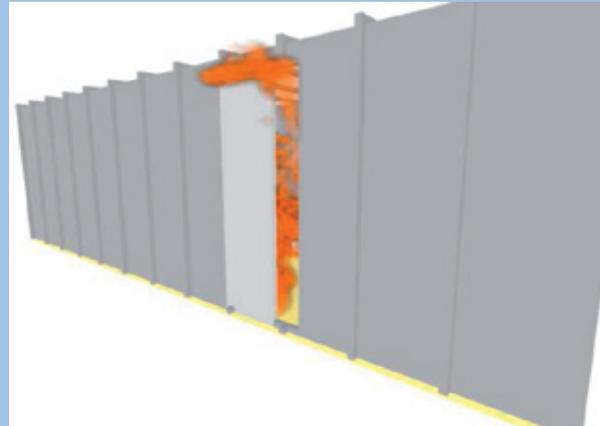
Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation

Visueller Vergleich



Flammenaustritt bei Zugangstüre nach 9:32 Minuten

FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Inhaltsübersicht

- Einleitung und Methodik der Arbeit
- Bisherige Anwendung von FDS zur Brandrekonstruktion
- Der Brandversuch
- Simulation des Brandversuches
- Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation
- Zusammenfassung und Resümee

FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Zusammenfassung und Resümee

- Modell muss für den Einsatzzweck geeignet sein
- Etwaige Durchführung von Validierungsversuchen
- Ventilationsbedingungen sehr wesentlich
 - Idealerweise als Eingangsparameter festlegen
- Initialbrand durch das Abbrandmodell meist nicht reproduzierbar
 - Initialbrand durch entsprechendes Design Fire ersetzen
 - Entsprechende Brandversuche durchführen
- Weiterer Brandverlauf durch Abbrandmodell reproduzierbar
- Trotz starker Vereinfachung gute Übereinstimmung
- Parameterstudien und Sensitivitätsanalyse jedenfalls erforderlich
- Umfassende Modellkenntnisse des Anwenders



Zusammenfassung

- Hypothese:
Brandsimulationsmodelle sind unter bestimmten Voraussetzungen geeignete Werkzeuge, um aufgrund der Brandspuren die entsprechenden Brandverläufe zu rekonstruieren.

Hypothese wird bestätigt



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!!

Gesamte Arbeit abrufbar unter:
www.fire-simulation.at

FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen

Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des
Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)



Master-Thesis zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science in Fire Safety Management
eingereicht am Zentrum für Praxisorientierte Informatik der Donau-Universität Krems

Michael Pulker, Krems, am 18.05.2010

FDS Usergroup Treffen
4. – 5. November 2010

Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen
Rekonstruktion eines Zimmerbrandes aufgrund des Spurenbildes unter Anwendung des Feldmodells „Fire Dynamics Simulator“ (FDS)

Ing. Michael Pulker, MSc
www.fire-simulation.at
www.fire-protection.at



Martin Steinert und Stefan Truthän:

Skalierbarkeit von Clustersystemen

Abstract:

Es wird am Beispiel der Möglichkeit der Nutzung mehrerer Rechnernetze in FDS vorgestellt, welche technischen Möglichkeiten zur Realisierung großer bzw. vieler Rechnungen bestehen. Gerade im Ausblick auf die in FDS6 voraussichtlich stark verbesserte Parallelisierung soll gezeigt werden, wie technisch auf die stets wachsenden Anforderungen reagiert werden kann. Hierbei wird neben den bereits bekannten und angewendeten Methoden der Blick auch auf die Herausforderungen bei der Nutzung von Cloud-Computing gerichtet.

Skalierbarkeit von Clustersystem

- Erfahrungsbericht
- Anwendungsmöglichkeiten
- Ausblick

Martin Steinert
Stefan Truthän

Agenda

- Ziele des Vortrags
- Die Clusterhistorie von hhpberlin – ein Erfahrungsbericht
- Was ist Microsoft Azure?
- Was ist HPC2008R2?
- bisheriger Ansatz von HPC und Azure
- Ausblick auf die kommende Version von HPC@Azure?
- Herausforderungen für FDS @AzureHPC
- Roadmap der hhpberlin
- kommerzielle Anwendungsgebiete

Brandschutz der nächsten Generation

hhpberlin
10 JAHRE

➤ Ziele des Vortrags

- Vorstellung der Erfahrungswerte der Clusternutzung bei hhpberlin
- Wissenstransfer in einem frühen Stadium der Entwicklung
- Inspiration der Teilnehmer
- Aufklärung zu den Pros & Cons
- Initiierung eines Dialogs



Brandschutz der nächsten Generation

hhpberlin
10 JAHRE

➤ Die Clusterhistorie von hhpberlin

- Überblick über die verschiedenen Generationen der Cluster bei hhpberlin
- Vorstellung des aktuellen Szenarios
- Qualitativer und Quantitativer Rückblick
- Progressbar als Produktivitätsmittel



Brandschutz der nächsten Generation

hhpberlin
10 JAHRE

Die Clusterhistorie von hhpberlin

Vernetzte Einzelrechner

2 Prozessorkerne je Rechner

Verbindung via LAN

Erste Versuche mit CCP

MPIRUN



Später durch Server ersetzt

Brandschutz der nächsten Generation

hhpberlin
10 JAHRE

Umstieg auf echte Cluster-Lösung

- Konkrete Zuordnung der Jobs zu Ressourcen
- Fernbedienbarkeit
- Übersicht über Jobs und Ressourcen

- Autark vom übrigen Firmennetz
- Erhöhte Ausfallsicherheit
- Erweiterbarkeit

- Administration der eigentlichen Berechnung belastet den Projektingenieur nicht



Brandschutz der nächsten Generation

hhpberlin
10 JAHRE

MS HPC 2008R2

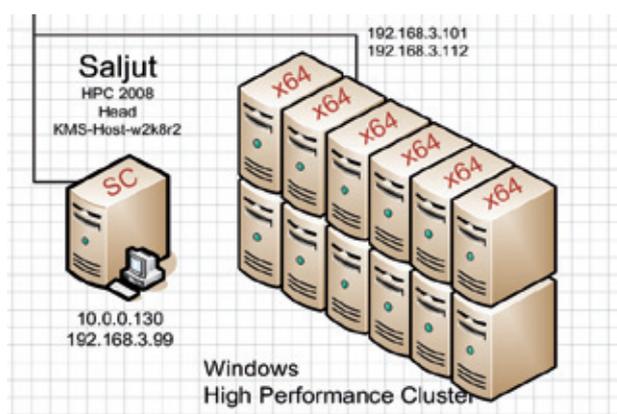
- MS Server 2008R2
- Einfache Administration vieler Prozessoren für mehrere Nutzer und verschiedene Programme
 - Auf welchem Stand sind die Simulationen
 - Wann werden sie fertig sein
- Zentrale Verwaltung und Datensicherung möglich

State	Owner	Elapsed Time	Progress	Requested I
Running	UNIVERSE\c.kinzmann	7 days 18:40:56	87%	
Running	UNIVERSE\b.kloss	5 days 18:30:37	13%	
Running	UNIVERSE\p.buetner	19 days 18:48:43	34%	HPCNODE\c
Running	UNIVERSE\p.buetner	29 days 00:13:21	86%	HPCNODE\c
Running	UNIVERSE\p.buetner	11:07:04	5%	HPCNODE\c
Running	UNIVERSE\p.buetner	20 days 22:18:14	66%	HPCNODE\c
Running	UNIVERSE\p.buetner	1 day 15:11:58	94%	HPCNODE\c

Brandschutz der nächsten Generation

hhpberlin
10 JAHRE

Einblick in die aktuelle Infrastruktur

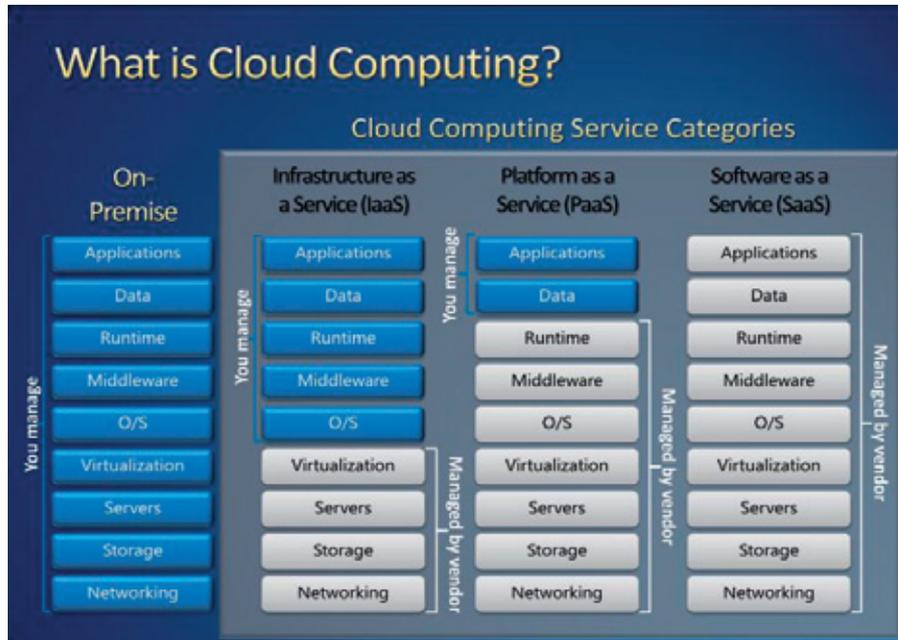


- Kopplung mit SCOM & SCCM
- Hardware des Clusters
 - 72 Kerne
 - 288 GB
- Software des Clusters
 - Server 2008 R2
 - HPC Pack 2008 R2
- Integration von Windows7 Workstations / Sojus
- Client Dev Maschine Visual Studio 2010

Brandschutz der nächsten Generation



Was ist Microsoft Azure?



Brandschutz der nächsten Generation



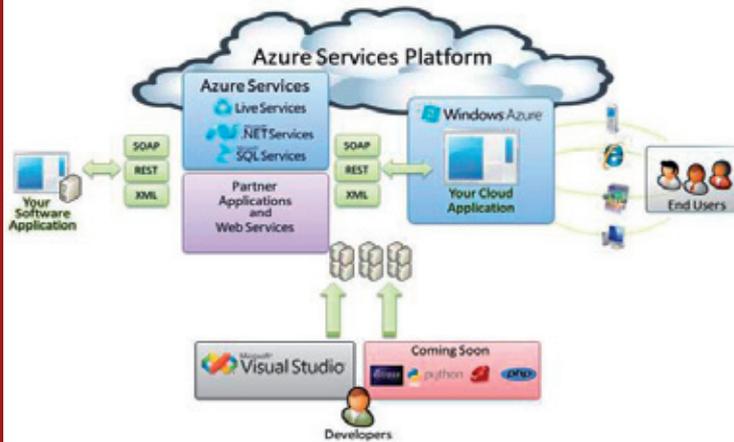
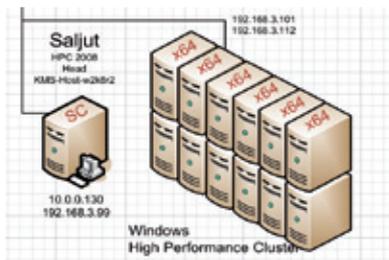
Was ist HPC2008R2?



Brandschutz der nächsten Generation



Bisheriger Ansatz von HPC@Azure



Brandschutz der nächsten Generation



Ausblick auf die kommende Version von HPC@Azure

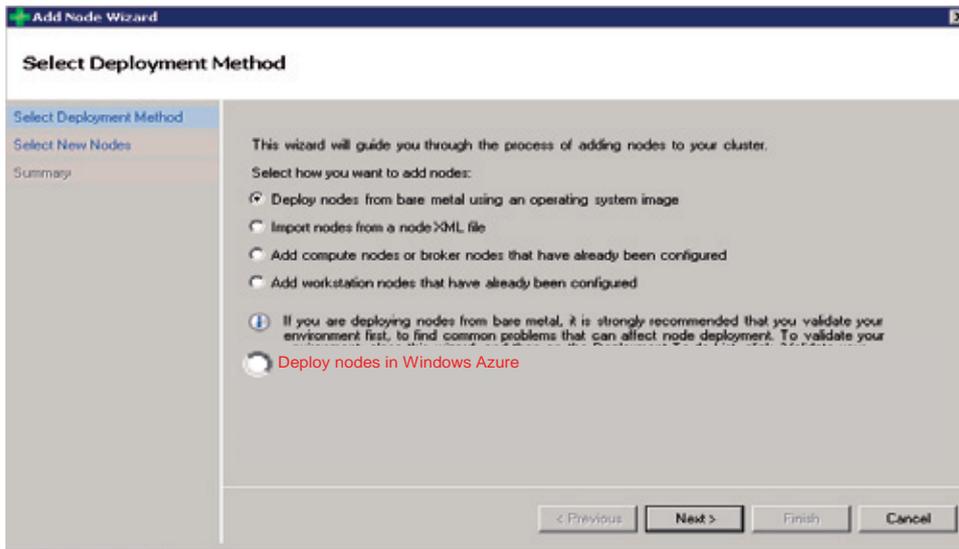
<http://research.microsoft.com/en-us/projects/azure/faq.aspx>

- After creating a node template (standard for HPC machine types) of type Windows Azure you can:
- specify new node additions (and size) by leveraging Windows Azure
- including standard HPC policies such as time windows
- self provision node by packaging, deploying Windows Azure Worker Roles

Brandschutz der nächsten Generation



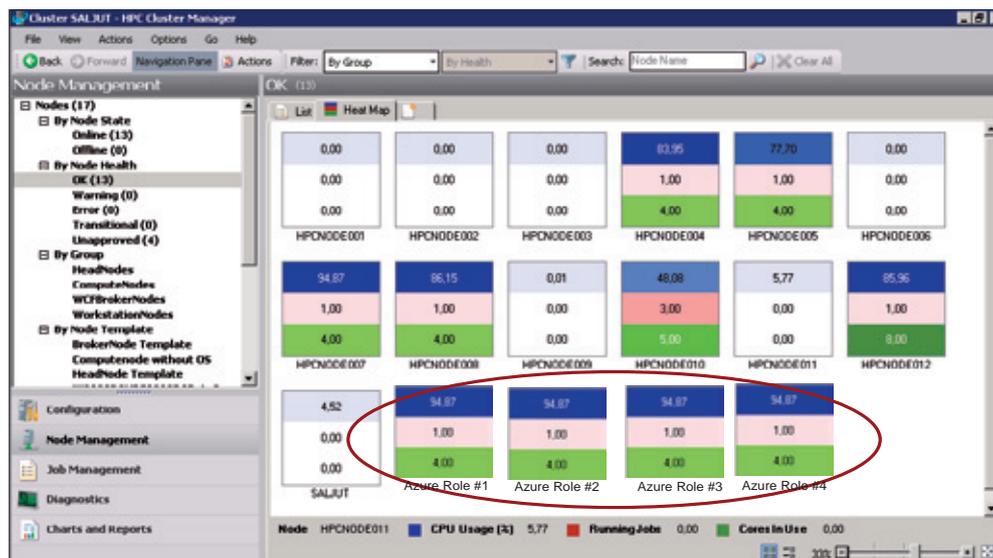
Ausblick auf die kommende Version von HPC@Azure



Brandschutz der nächsten Generation



Ausblick auf die kommende Version von HPC@Azure



Brandschutz der nächsten Generation

hhpberlin
10 JAHRE

Herausforderungen für FDS@HPCAzure

- Wie bekommt die Datenvolumen gemanagt?
- Welchen Zugriff hat man während der Simulation?
- Ist ein HybridBetrieb – Private/Public möglich?
- 100% Azure: kann man ausschließen, da immer mal Spezialfälle existieren – onPremise bleibt
- Welche Kosten entstehen?
- Wie funktioniert die Kommunikation zwischen den Nodes?

Brandschutz der nächsten Generation

hhpberlin
10 JAHRE

Roadmap der hhpberlin

1. Migration auf HPC 2008 R2 RTM
2. ggf. Teilnahme am Beta Programm für HPC@Azure
3. Verfügbarkeit von FDS6 ist notwendig!
4. Entwicklung einer Plattform zur Überwachung der Simulation und der Simulationsergebnisse
5. Durchführung von Lasttest & Prüfung auf praktische Anwendbarkeit

Brandschutz der nächsten Generation

hhpberlin
10 JAHRE

kommerzielle Anwendungsgebiete

- Neuauflage von PUPS - Pay per Use Portal – Skalierbar
- Rechenbeispiel Eigenbetrieb vs. PUPS

Kontaktinformationen

hhpberlin Ingenieure für Brandschutz GmbH

Rotherstraße 19
10245 Berlin

Rosental 5
80331 München

Kurze Mühren 20
20095 Hamburg

Wilhelm-Leuschner-Straße 41
60329 Frankfurt am Main

Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Margot Ehrlicher
Dipl.-Inf. BW (VWA) Stefan Truthän
Dipl.-Ing. Karsten Foth

Prokurist:
Dipl.-Ing. Harald Niemöller

Beirat:
Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hosser
Dr.-Ing. Karl-Heinz Schubert

Amtsgericht
Berlin Charlottenburg
HRB 78 927

Deutsche Bank P+G AG
BLZ 100 700 24
Konto-Nr. 1419100
IBAN-Nr. DE52100700240141910000
Swift-Code: DEUTDE33HAN
Ust-IdNr. DE217656065

Phone: +49 (30) 89 59 55-0
Fax: +49 (30) 89 59 55-9101

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.de

Christian Rogsch:**Rückblick zum 1. Workshop der FDS-Usergroup Arbeitsgruppe NRW vom 24.-25. Juni in Aachen****Abstract:**

Da regionale Arbeitsgruppen innerhalb der FDS-Usergroup besonders erwünscht sind, möchte die Arbeitsgruppe NRW in zwei Vorträgen Ergebnisse und eine Zusammenfassung des 1. Workshops der FDS Usergroup Arbeitsgruppe NRW vom 24. - 25. Juni 2010 in Aachen präsentieren. Rückblickend soll deshalb vor allem über die Ergebnisse des in Zusammenarbeit mit dem Institut für Industrieaerodynamik GmbH (I.F.I.) Aachen durchgeführten Modellversuchs diskutiert werden und welche Vorteile bzw. Lerneffekte dadurch erreicht wurden. Der erste Vortrag greift im Nachgang zum Workshop kurz die organisatorischen Randdaten auf und zeigt die wesentlichen Erfahrungen des Workshops auf. Zusätzlich soll dieser allgemeine Teil den Veranstaltungsort und den Ablauf der Veranstaltung beleuchten. Des Weiteren wird anhand einer Dokumentation (Bilder/Video) auf die durchgeführten Modellversuche beim Institut für Industrieaerodynamik GmbH näher eingegangen.

Rückblick zum 1. Workshop der FDS-Usergroup Arbeitsgruppe NRW vom 24. - 25. Juni 2010 in Aachen

Agenda:

- Allgemeines
- Zahlen / Fakten
- Ergebnisse der Modellversuche des I.F.I.
- Vergleichsrechnungen mit FDS und anderen Simulationsprogrammen
- Zusammenfassung / Ausblick

Christian Rogsch und Ralf Galster

Rückblick zum 1. Workshop der FDS-Usergroup Arbeitsgruppe NRW vom 24. - 25. Juni 2010 in Aachen

Der 1. Workshop der FDS-Usergroup Arbeitsgruppe NRW fand vom 24. - 25. Juni 2010 statt.

Hier wurden das I.F.I. (Institut für Industrieraerodynamik GmbH an der FH Aachen) besucht und gemeinsam ein Modellversuch zur Entrauchung an einem Industriebau durchgeführt.

In den Räumlichkeiten von BFT Cognos in Aachen konnten die Teilnehmer 10 Vorträge rund um die Anwendung des Fire Dynamics Simulator (FDS) verfolgen. Hier wurden erlangte Erkenntnisse und Grundlagen vorgetragen, angeregt und diskutiert.

Organisiert wurde die Veranstaltung von diversen Ingenieurbüros aus mittlerweile 4 Bundesländern (Nordrhein-Westfalen, Hessen, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz)

Rückblick zum 1. Workshop der FDS-Usergroup Arbeitsgruppe NRW vom 24. - 25. Juni 2010 in Aachen

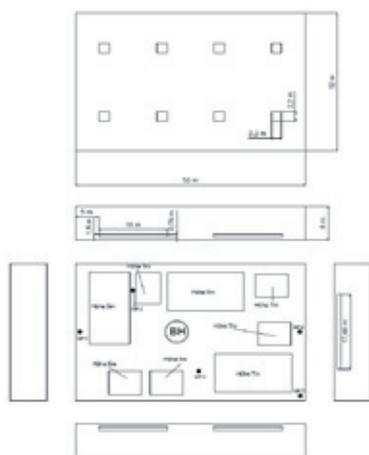
34 Teilnehmer durften an zwei Tagen

- interessante Fachvorträge,
 - praktische Modellversuche und
 - anregende Gespräche und Diskussionen
- in entspannter Atmosphäre in Aachen erleben.

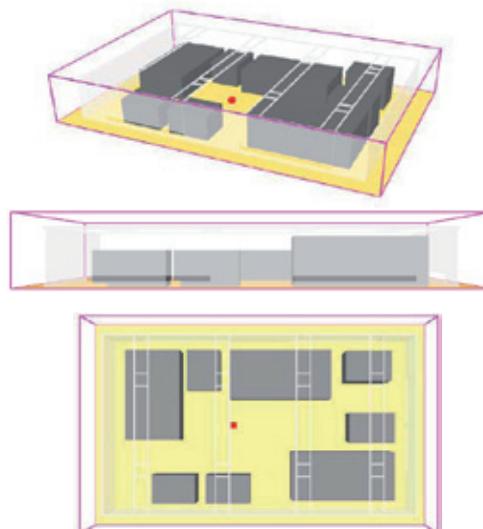
Vergleichsrechnung zum Modellversuch des I.F.I.

Grundparameter: Geometrie

Industriebau I.F.I.

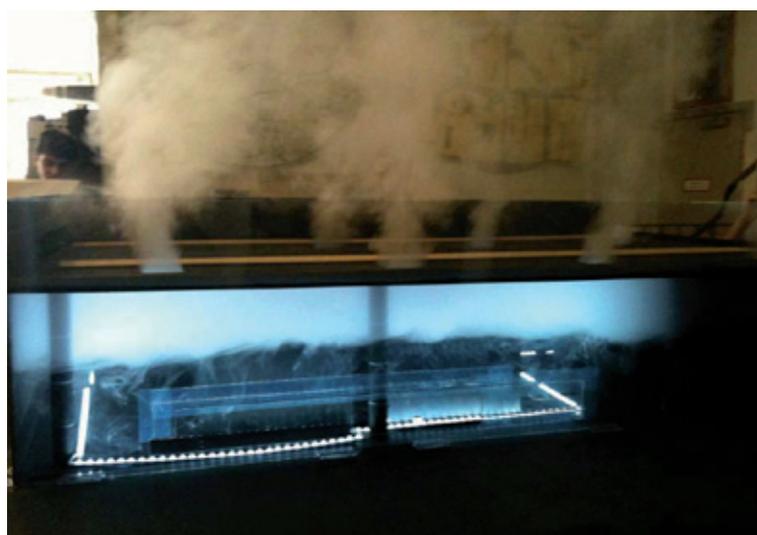


Model: unvollständiges
Grundrissdiagramm des I.F.I. (I.F.I. 1.0.0.0).
Die Abbildung zeigt die Umrisslinie des Gebäudes.
Die Abmessungen sind in Metern angegeben.
Die Abmessungen sind nicht maßstabgetreu.
Die Abbildung ist ein Entwurfsskizze der Lage der Räume
und der Türen im Gebäude.





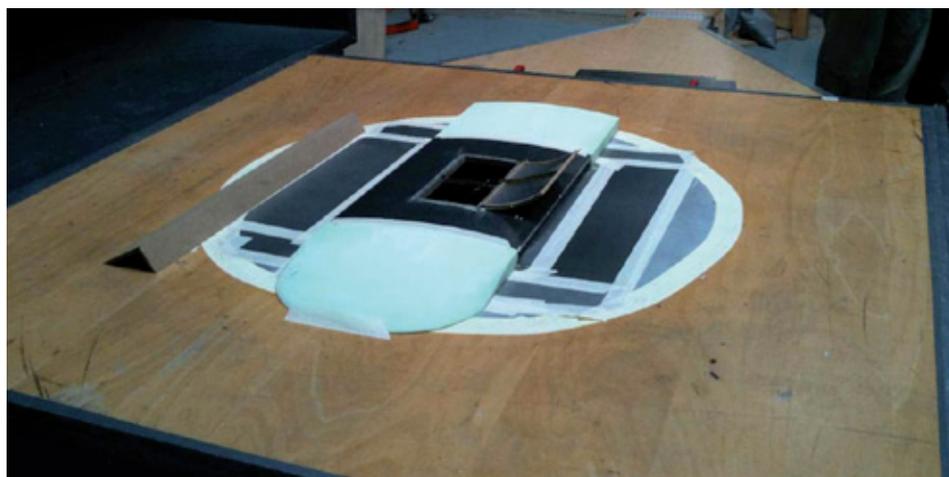
©Foto: Ralf Galster



©Foto: Ralf Galster



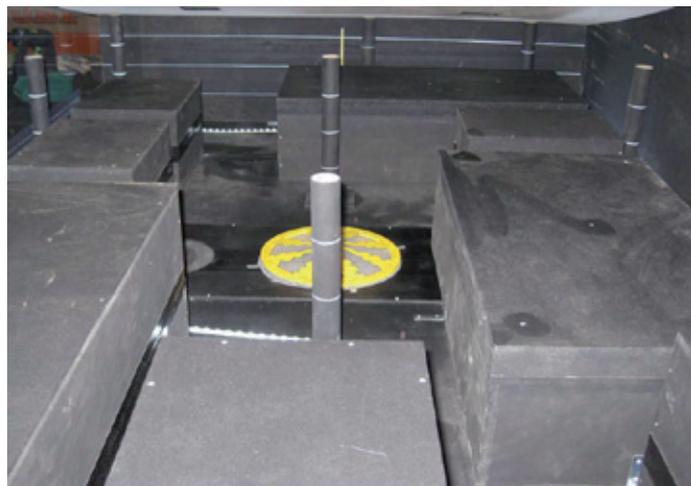
©Foto: Ralf Galster



©Foto: Ralf Galster



© Foto: Wilfried Mertens, I.F.I. GmbH



© Foto: Wilfried Mertens, I.F.I. GmbH



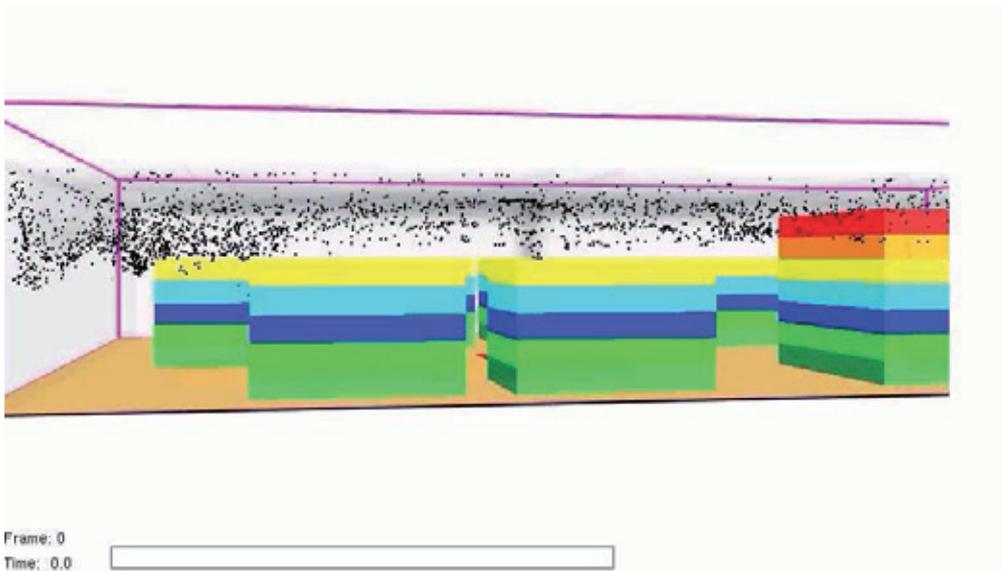
© Foto: Wilfried Mertens, I.F.I. GmbH



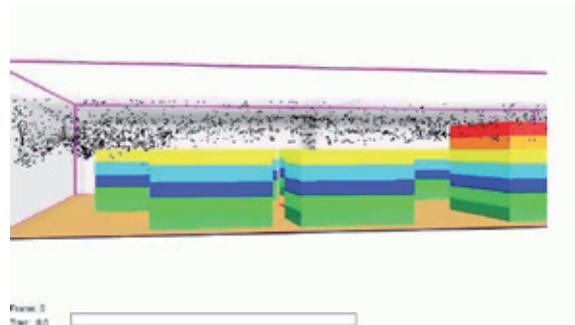
© Foto: Wilfried Mertens, I.F.I. GmbH



© Video: Ralf Galster



Vergleich Modellversuch - Simulation



Rückblick zum 1. Workshop der FDS-Usergroup Arbeitsgruppe NRW vom 24. - 25. Juni 2010 in Aachen

Zahlen / Fakten:

34 Teilnehmer

Beitrag: 119 € für beide Tage

Ermäßigter Beitrag für Studenten

Einnahmen: 3.937,75 €

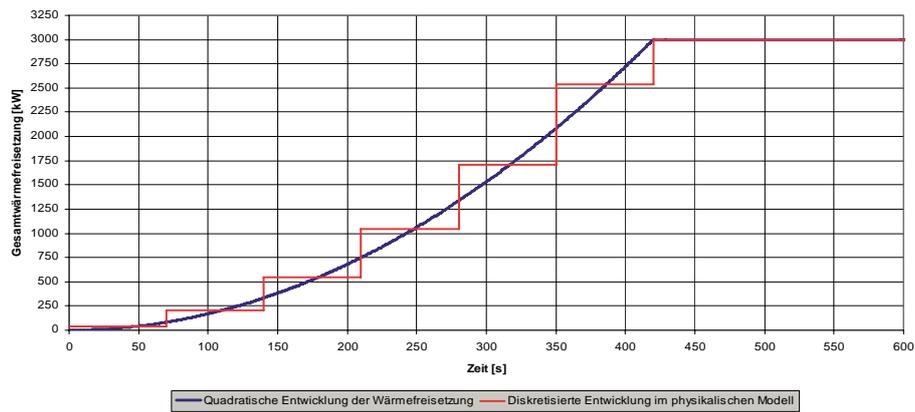
Ausgaben: 1.347,40 €

(alle Beträge inkl. MwSt.)

Vergleichsrechnung zum Modellversuch des I.F.I.

Grundparameter: Brandquelle

Brandentwicklung Vergleichsversuch
 Strahlungsanteil 25% - konstante Wärmefreisetzung nach 420s
 Versuchsdauer 1800s - flächenbezogene Wärmefreisetzung 150 kW/m²



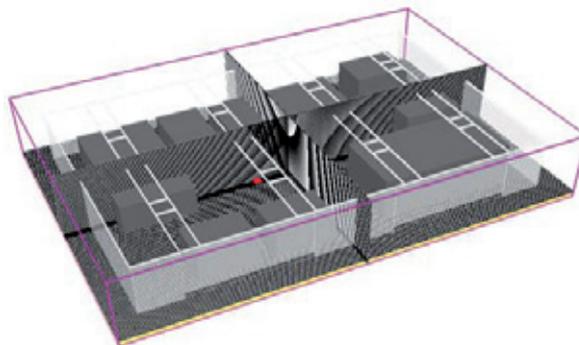
Vergleichsrechnung zum Modellversuch des I.F.I.

Grundparameter: Modelldaten

Zellengröße: 20x20x20

NRWG-Zuluft: nach 0 Sekunden geöffnet (Versuch I.F.I. NRWG nach 5 Minuten geöffnet)

Industriebau I.F.I.

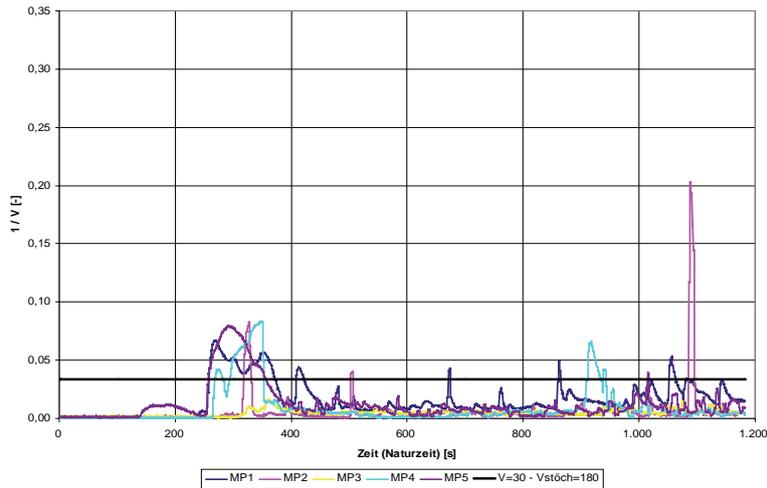


Industriebau I.F.I.

Messergebnisse zum Modellversuch des I.F.I.

Ausgewertete Messpunkte I.F.I.: Messpunkte 1-5 bei 4m

Kehrwert des Verdünnungsverhältnisses in Höhe 4 m

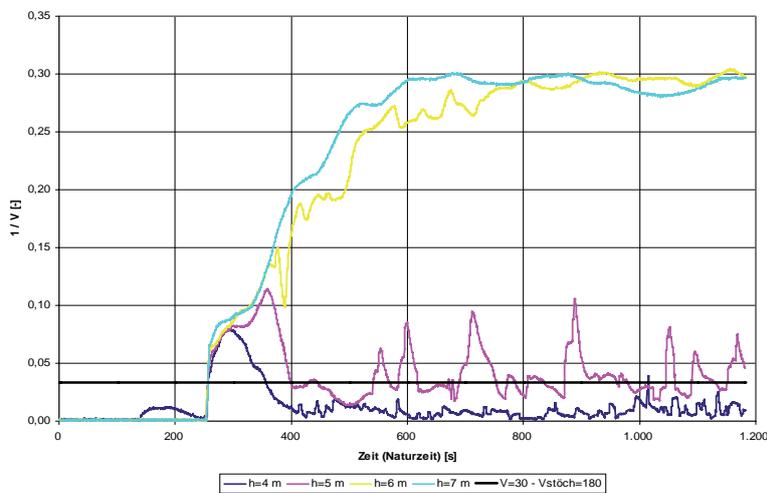


Industriebau I.F.I.

Messergebnisse zum Modellversuch des I.F.I.

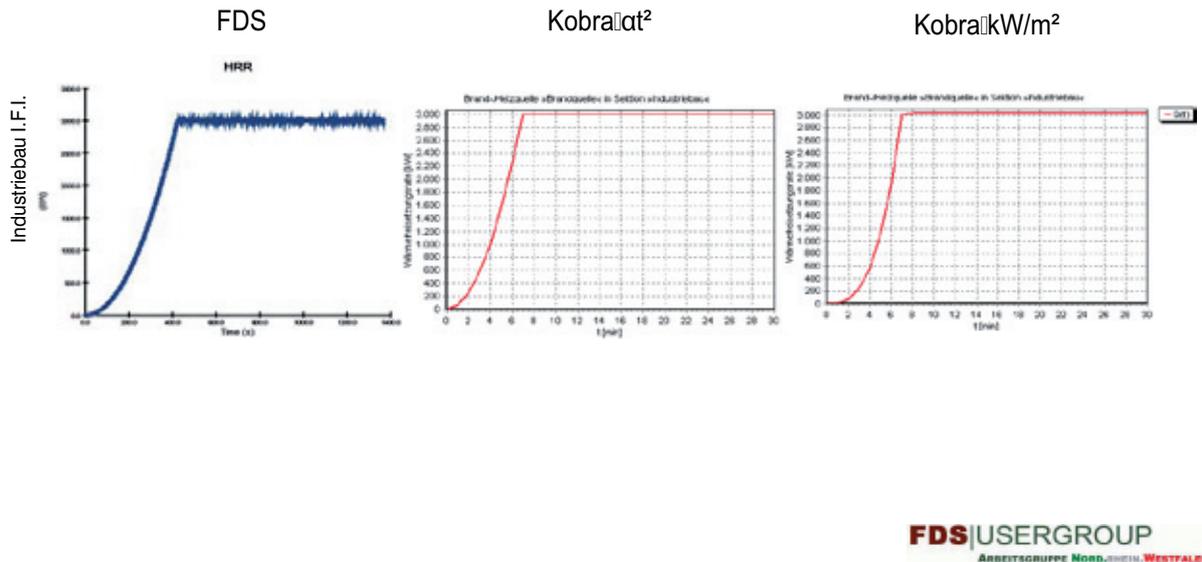
Ausgewertete Messpunkte I.F.I.: Messpunkte 5 bei 4-7m

Kehrwert des Verdünnungsverhältnisses am Messpunkt 5



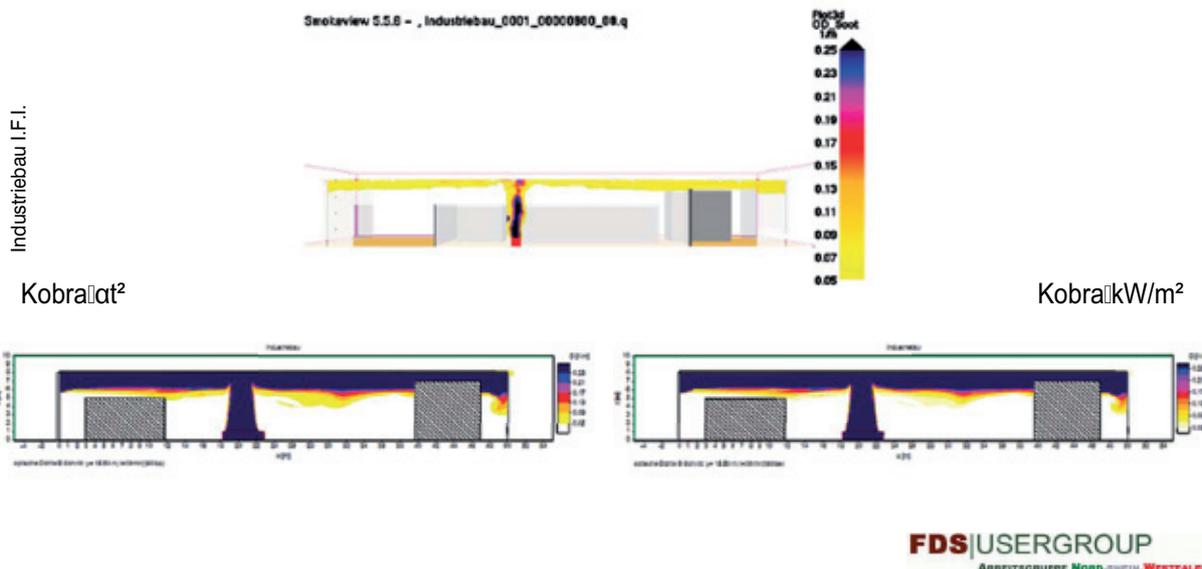
Vergleichsrechnung zum Modellversuch des I.F.I.

Gegenüberstellung der Vergleichsrechnung FDS vs. Kobra-3D:



Vergleichsrechnung zum Modellversuch des I.F.I.

Gegenüberstellung der Vergleichsrechnung FDS vs. Kobra-3D:



Vergleichsrechnung zum Modellversuch des I.F.I.

Gegenüberstellung der Vergleichsrechnung FDS vs. Kobra-3D:

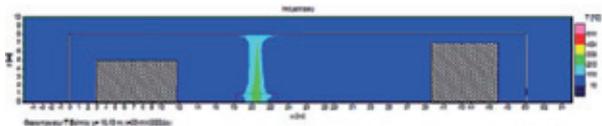
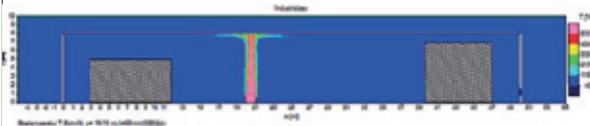
Industriebau I.F.I.

Snapshot 5.5.6 - , Industriebau_0801_00908800_08.q

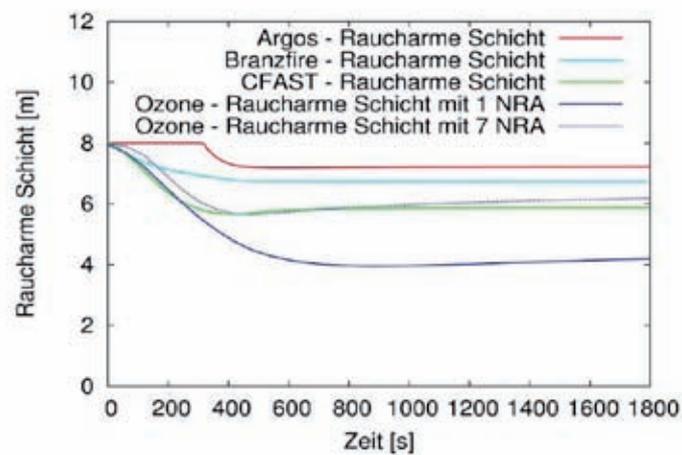


Kobra1t²

Kobra1kW/m²



Zonenmodelle...

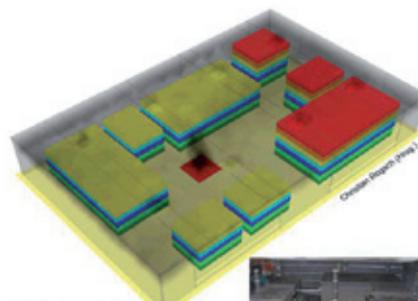


Zusammenfassung / Ausblick

- Positive Resonanz der Teilnehmer des Workshops
- Teilnahme an der FDS Usergroup, Arbeitsgruppe NRW für jeden jederzeit möglich
- Tagungsband (verfügbar) soll auf dem *öffentlichen* Download-Bereich der FDS-Usergroup-Homepage verfügbar sein
- Die Ergebnisse der Versuche und Vergleichsrechnungen werden qualitativ in einer Abschlussarbeit zusammengefasst
- Nächster Workshop der Arbeitsgruppe NRW bereits für das Jahr 2011 anvisiert und in Planung
- Zusätzliche Treffen der Arbeitsgruppe während des Jahres werden mit dem Überschuss der jährlichen Workshops finanziert
- Nächstes Treffen der Arbeitsgruppe am 18. Februar 2011 (die genauen Örtlichkeiten und Termine werden auf der Homepage der FDS Usergroup bekannt gegeben.)

1. Workshop der FDS Usergroup Arbeitsgruppe NRW Tagungsband - Zusammenstellung der Kurzreferate 24. - 25. Juni 2010, Aachen

FDS|USERGROUP
ARBEITSGRUPPE NORD, RHEIN, WESTFALEN



ISBN 978-3-00-032911-1

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Andreas Müller:**Vorstellung der durchgeführten Brandsimulation zur natürlichen Entrauchung einer Industriehalle mittels eines physikalischen Modells zur Vergleichsrechnung mit FDS****Abstract:**

Im Rahmen des 1. FDS-Workshop der FDS-Usergroup Arbeitsgruppe NRW am 24. und 25. Juni 2010 in Aachen wurde neben zahlreich gehaltenen Vorträgen zur Anwendung von FDS ein Modellversuch in Zusammenarbeit mit dem Institut für Industrieaerodynamik GmbH (I.F.I.) Aachen durchgeführt. Bei diesem Versuch wurde anhand eines physikalischen Modells die natürliche Entrauchung einer Industriehalle mit 1.600 qm untersucht. Ziel dieser Versuchsdurchführung war es, neben der Vorstellung eines weiteren Verfahrens zur Brandsimulation unter den Ingenieurmethoden im Brandschutz, die gewonnenen Ergebnisse dieses Modellversuchs zu Vergleichsrechnungen mit FDS zu nutzen. Die wesentlichen Randbedingungen des Modellversuchs wurden den Teilnehmern des Workshops vorab zur Verfügung gestellt, um im Sinne eines „round robin test“ Vorab-Berechnungen zu ermöglichen. Der Vortrag anlässlich des 4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup stellt zum einen den durchgeführten Modellversuch bezüglich der Randbedingungen, des Versuchsablaufs und der Ergebnisse vor, zum anderen werden erste Ergebnisse der Nachrechnungen mit FDS vergleichend gegenübergestellt. Dabei werden Schwerpunkte auf mögliche Modellierungsmöglichkeiten des Versuchsszenarios sowie unterschiedliche Auswertegröße in Bezug auf die Übereinstimmung der FDS-Ergebnisse untereinander als auch im Vergleich der FDS-Ergebnisse zu den Ergebnissen des physikalischen Modellversuchs gelegt. Hierzu wurden unter anderem Eingabeparameter und Berechnungsergebnisse ausgewertet, welche Teilnehmer des Workshops in Aachen zur Verfügung gestellt hatten.



Vergleich physikalischer (Modell) und rechnerischer (FDS) Simulationsergebnisse

Vorstellung der durchgeführten Brandsimulation zur natürlichen Entrauchung einer Industriehalle mittels eines physikalischen Modells zur Vergleichsrechnung mit FDS

4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010 Andreas Müller

FDS|USERGROUP
ARBEITSGRUPPE NORD, RHEIN, WESTFALEN

Sachverständigenpartnerschaft
Halfkann + Kirchner
Brandschutzingenieure



Vergleich physikalischer (Modell) und rechnerischer (FDS) Simulationsergebnisse

Inhalt

- 1.) Vergleich der I.F.I Modell-Ergebnisse mit CFD-Ergebnissen
- 2.) Vergleich der CFD-Ergebnisse untereinander
- 3.) Diskussion über das Kriterium für die raucharme Schicht

4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010 Andreas Müller

FDS|USERGROUP
ARBEITSGRUPPE NORD, RHEIN, WESTFALEN

2

Sachverständigenpartnerschaft
Halfkann + Kirchner
Brandschutzingenieure



Randbedingungen der zu vergleichenden Simulationsergebnisse

	physikalisches Modell		FDS	
Randbedingungen	DA-01	DA-02	DA-03	DA-06
Zellengröße/Gitter	-	20cm	20cm	25cm
FDS Version	-	5.5.1	5.5.2	5.5.2 OpenMP
HRRPUA	150 kW/m ²	150	3000	148,15
SPREAD_RATE	3MW in 420 S.	0,006	-/-	0,006137
TAU_Q	-	-/-	- 420	-/-
NRA öffnet in	5 Min.	5 Min.	5 Min.	5 Min.
Zuluft öffnet in	0	5 Min.	0	0
REAC ID	Heliumgemisch	Polyurethane	Propane	Propane
MAXIMUM_DROPLETS	-	-/-	-/-	5000
max. Gesamtwärmefreisetzung [kW]	3000	3000	3000	3000



1.1.) Vergleich der I.F.I Ergebnisse mit CFD (round_robin_DA_02)



	physikalisches Modell	FDS
Randbedingungen	DA-01	DA-02
Zellengröße/Gitter	-	20cm
FDS Version	-	5.5.1
HRRPUA	150 kW/m ²	150
SPREAD_RATE	3MW in 420 S.	0,006
TAU_Q	-	-/-
NRA öffnet in	5 Min.	5 Min.
Zuluft öffnet in	0	5 Min.
REAC ID	Heliumgemisch	Polyurethane
MAXIMUM_DROPLETS	-	-/-
max. Gesamtwärmefreisetzung [kW]	3000	3000

H Grafische Darstellung der Ergebnisse physikalisches Modell (I.F.I) und CFD

physikalisches Modell

Brandverlauf und Brandsimulationsverlauf

Brandentwicklung Vergleichsversuch
Strahlungsanteil 25%- konstante Wärmefreisetzung nach 420s
Versuchsdauer 1800s - flächenbezogene Wärmefreisetzung 150 kW/m²

FDS

HRR

4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010 Andreas Müller **FDS|USERGROUP** 5

Sachverständigenpartnerschaft **Halfkann + Kirchner** Brandschutzingenieure

H 1.1.) Vergleich der I.F.I Ergebnisse mit CFD (round_robin_DA_02)

Kehrwert des Verdünnungsverhältnisses im Modell in den Höhen 4/5/6 und 7 m

MIXTURE_FRACTION

	physikalisches Modell	FDS
Randbedingungen	DA-01	DA-02
Zellengröße/Gitter	-	20cm
FDS Version	-	5.5.1
HRRPUA	150 kW/m²	150
SPREAD_RATE	3MW in 420 S.	0,006
TAU_Q	-	-/-
NRA öffnet in	5 Min.	5 Min.
Zuluft öffnet in	0	5 Min.
REAC ID	Heliumgemisch	Polyurethane
MAXIMUM_DROPLETS	-	-/-
max. Gesamtwärmefreisetzung [kW]	3000	3000

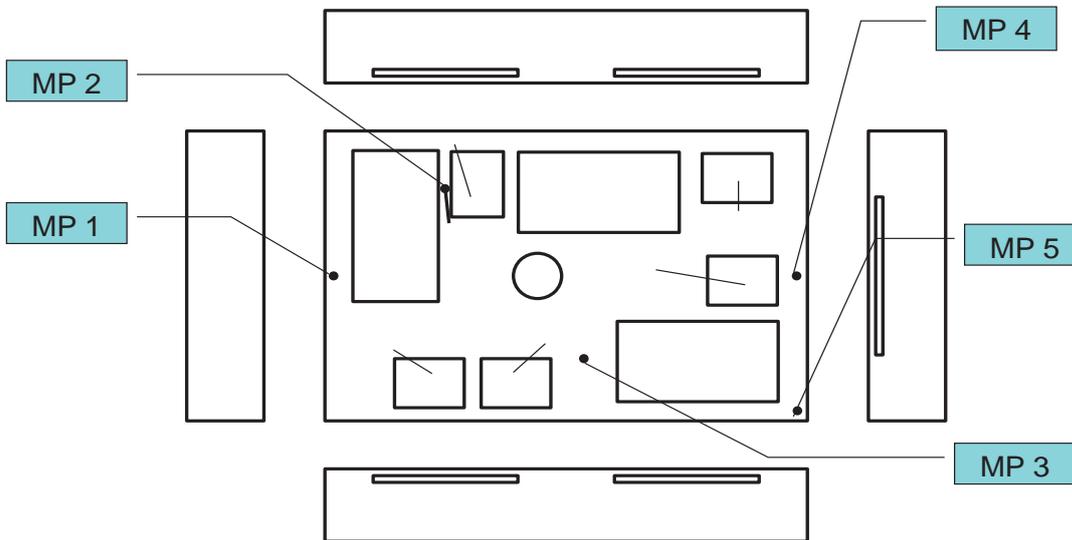
4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010 Andreas Müller **FDS|USERGROUP** 6

Sachverständigenpartnerschaft **Halfkann + Kirchner** Brandschutzingenieure



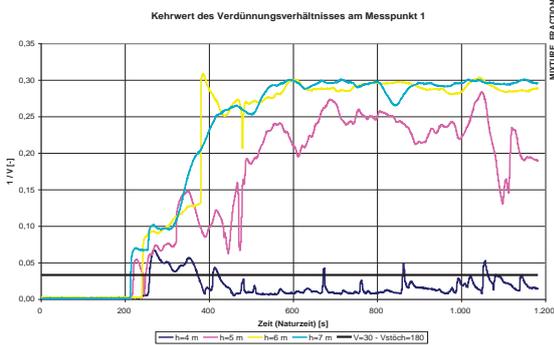
1.1.) Vergleich der I.F.I Ergebnisse mit CFD (round_robin_DA_02)

Lage und Bezeichnung der Messpunkte

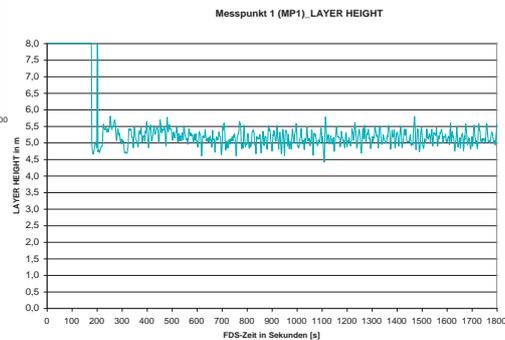
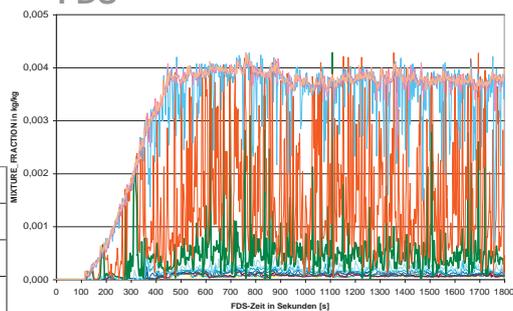


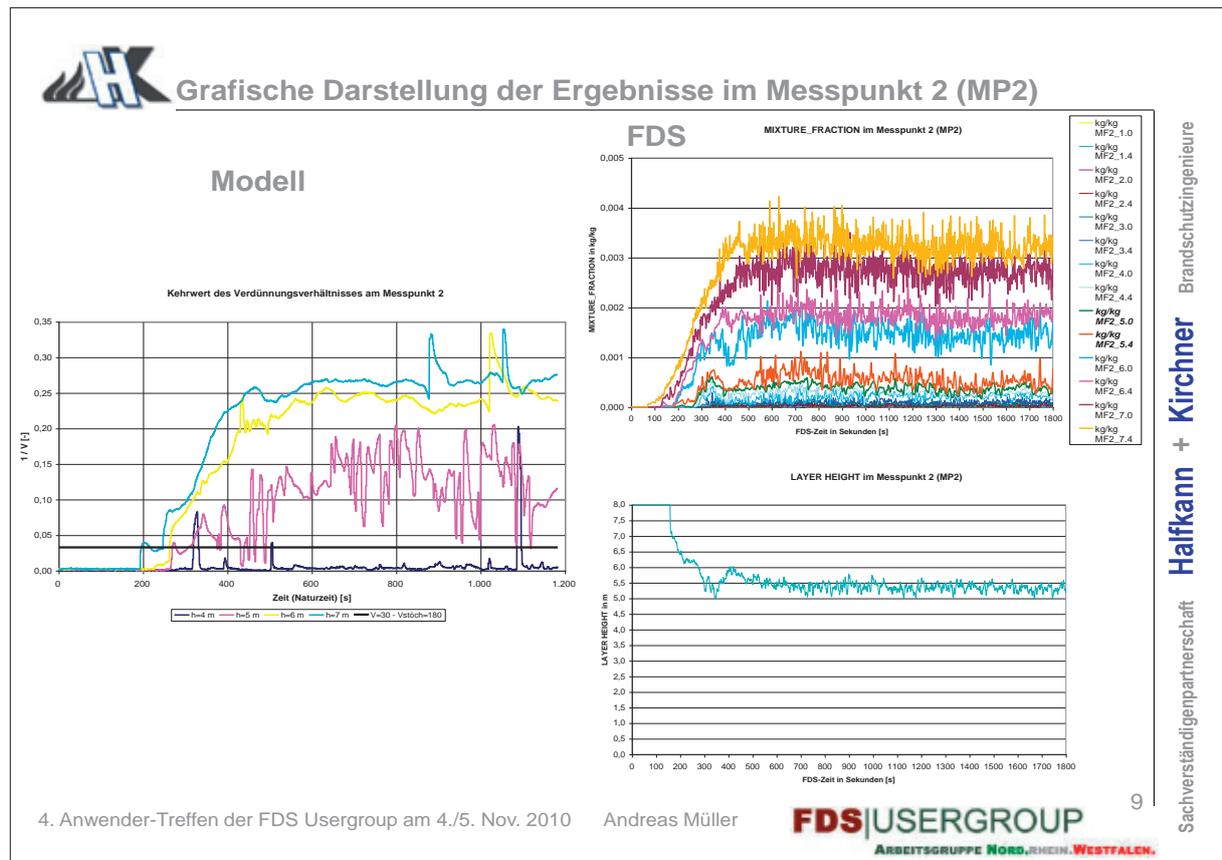
Grafische Darstellung der Ergebnisse im Messpunkt 1 (MP1)

Modell

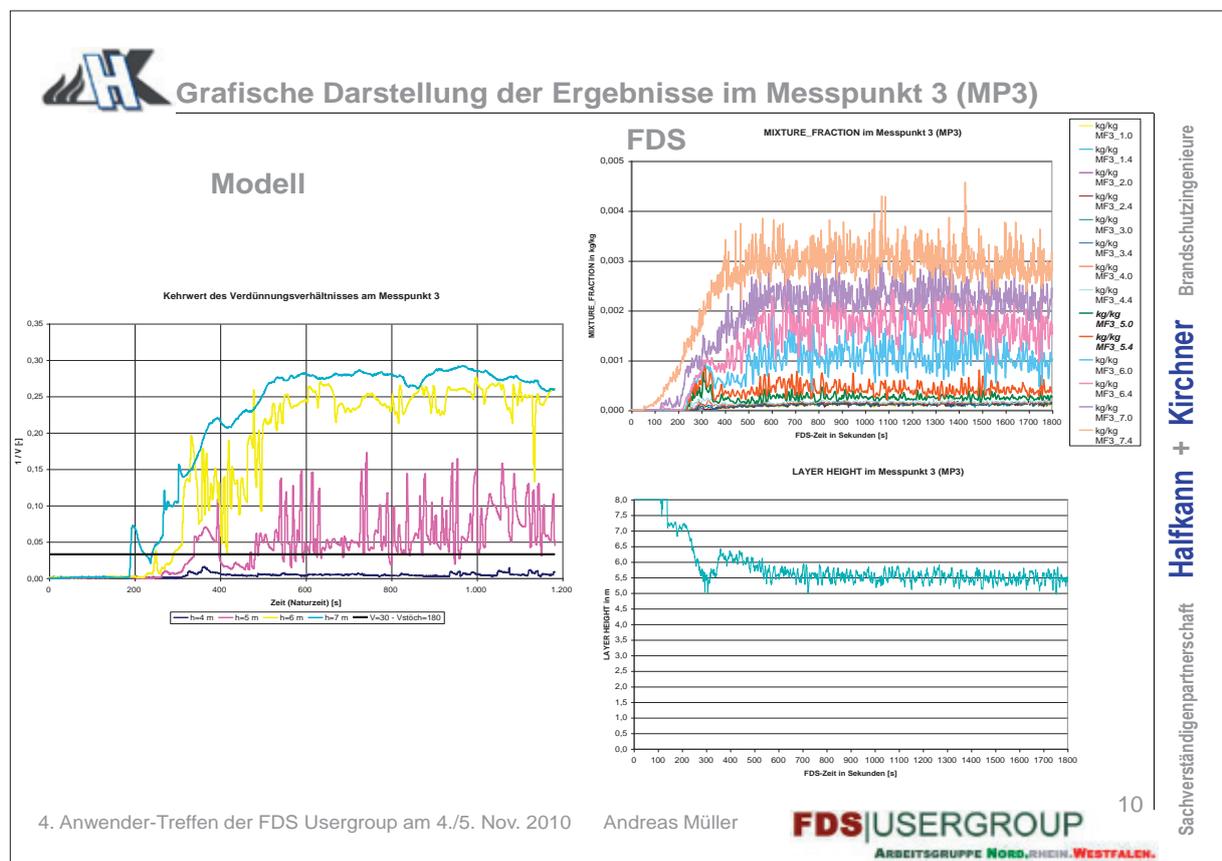


FDS MIXTURE_FRACTION im Messpunkt 1 (MP1)





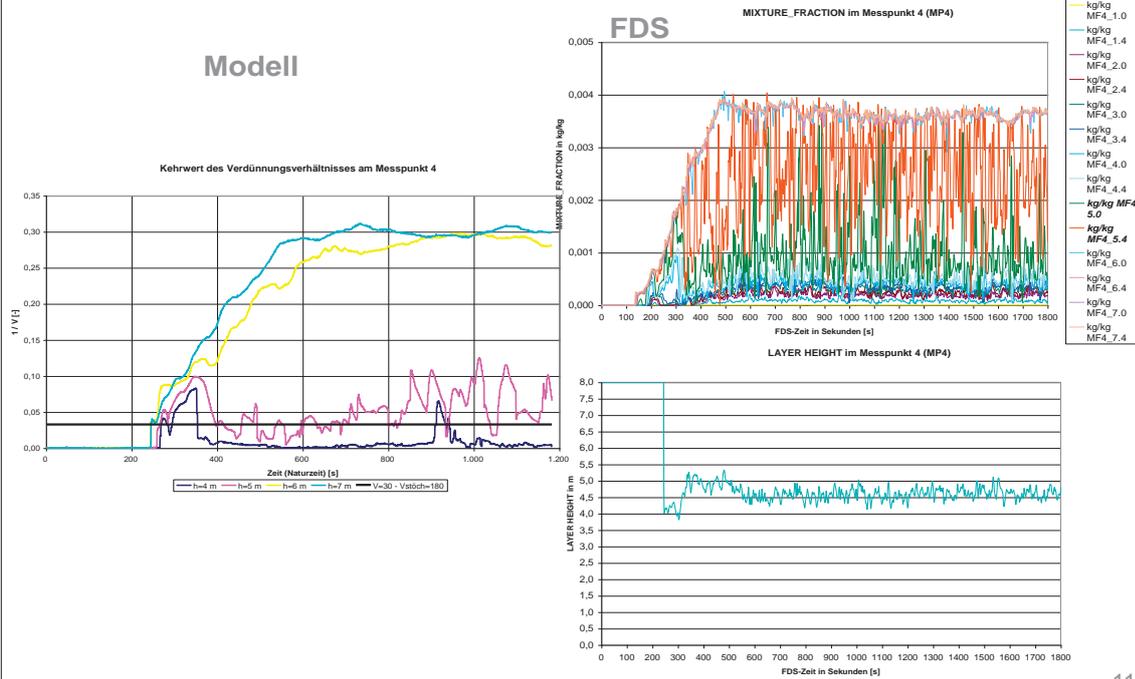
Sachverständigenpartnerschaft **Halfkann + Kirchner** Brandschutzingenieure



Sachverständigenpartnerschaft **Halfkann + Kirchner** Brandschutzingenieure



Grafische Darstellung der Ergebnisse im Messpunkt 4 (MP4)



4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010

Andreas Müller

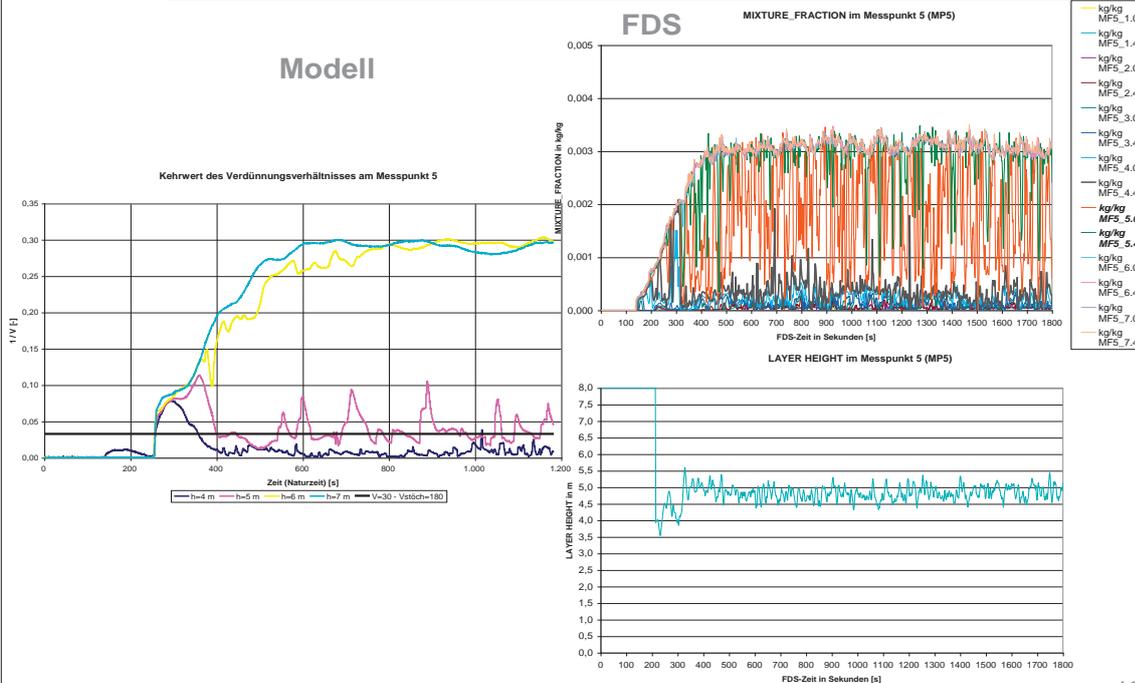


11

Sachverständigenpartnerschaft Halfkann + Kirchner Brandschutzingenieure



Grafische Darstellung der Ergebnisse im Messpunkt 5 (MP5)



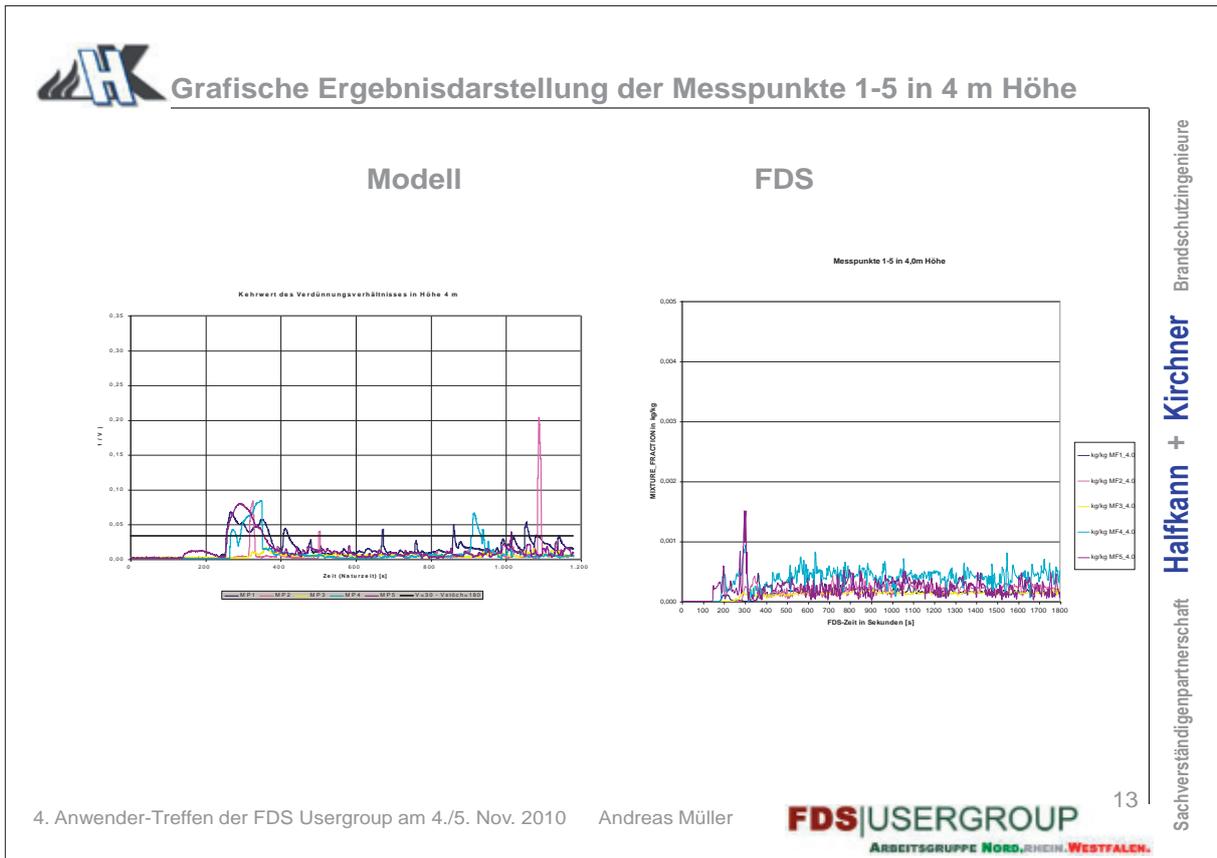
4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010

Andreas Müller

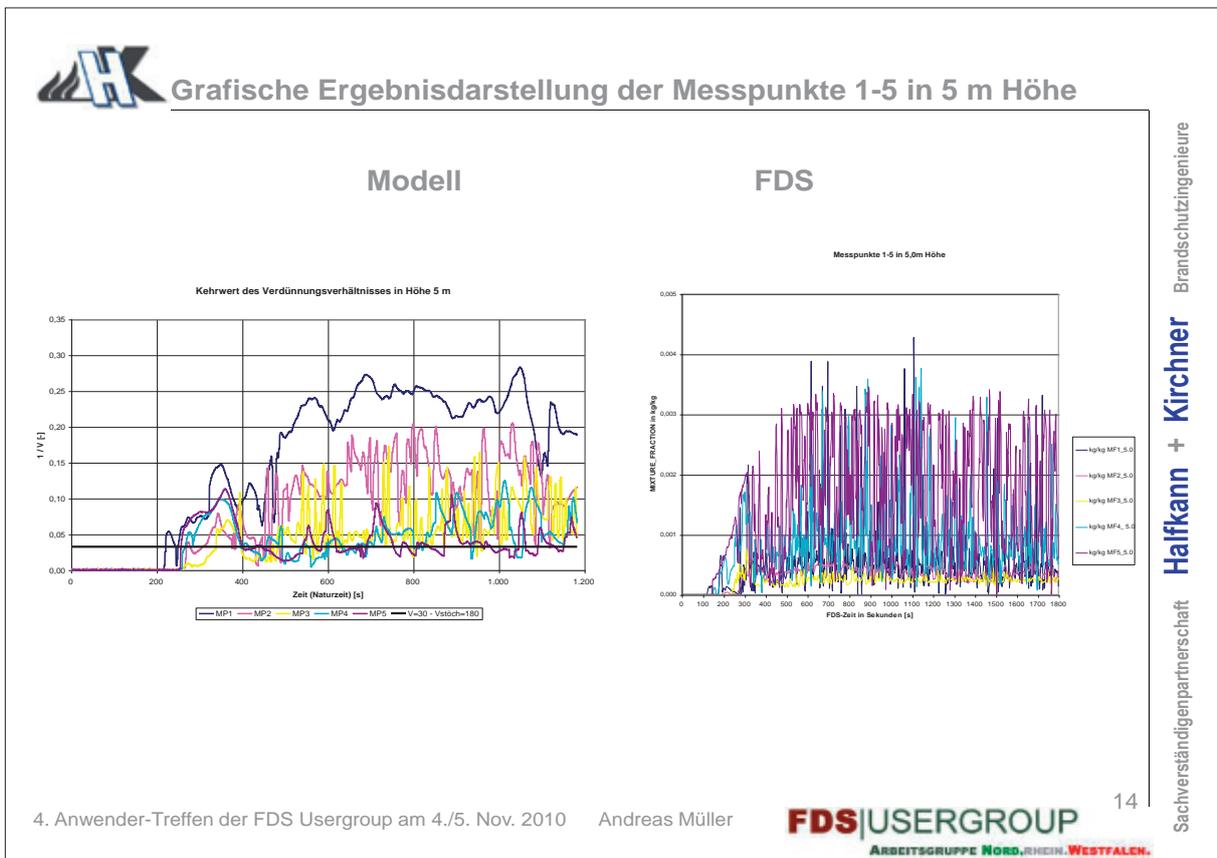


12

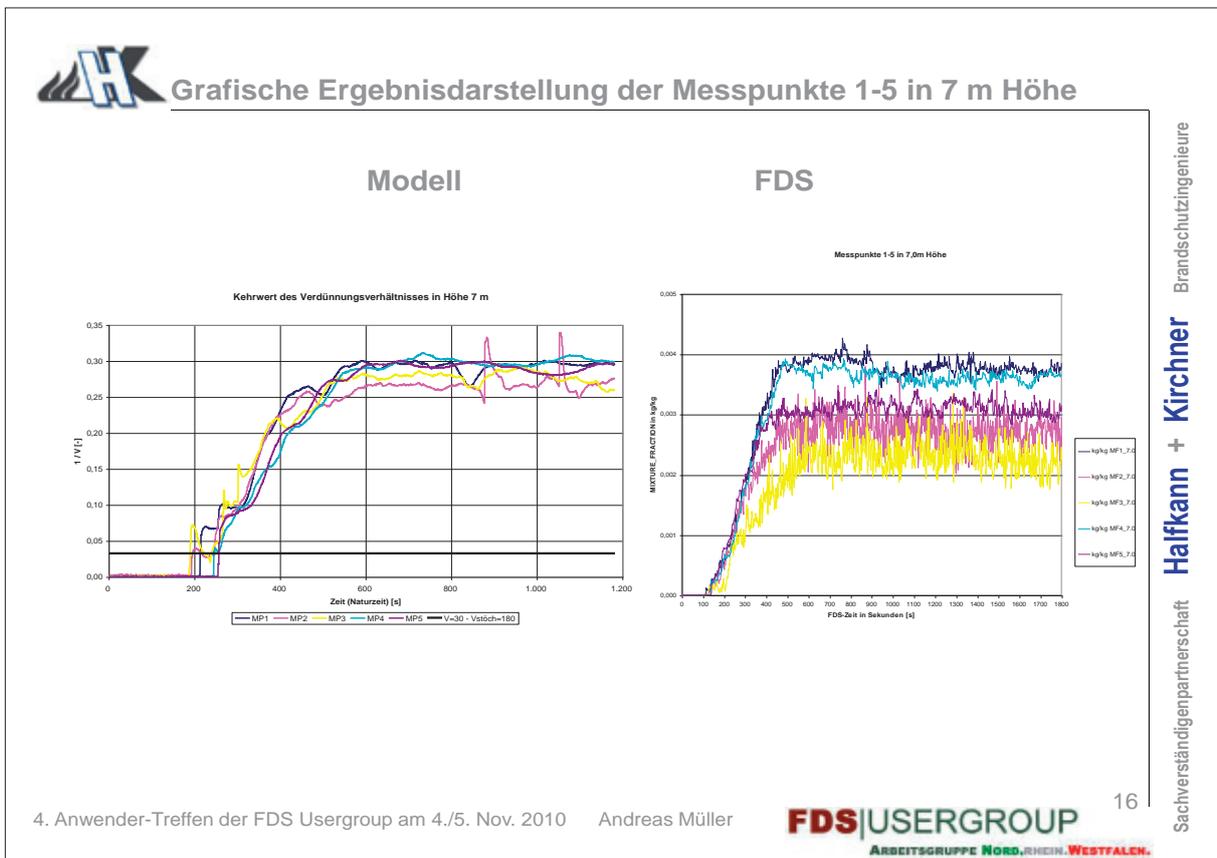
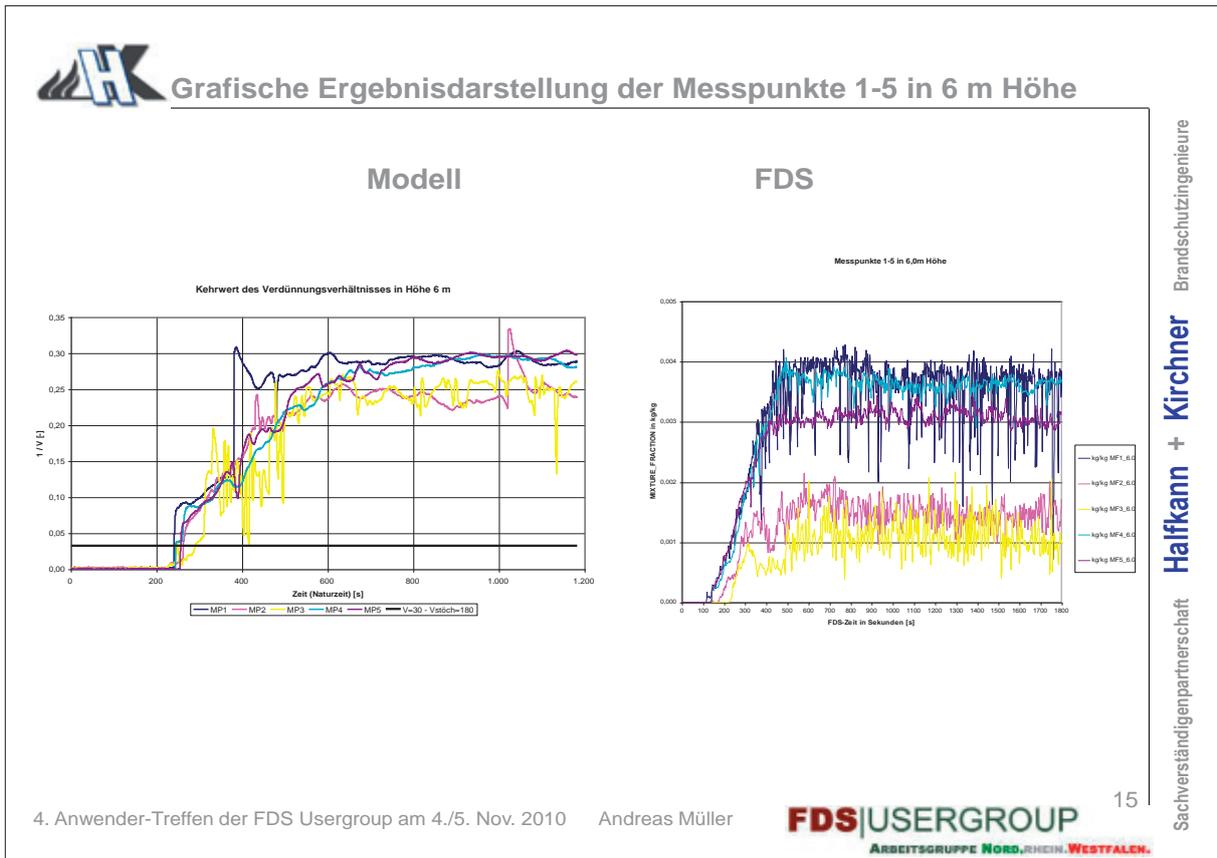
Sachverständigenpartnerschaft Halfkann + Kirchner Brandschutzingenieure



Sachverständigenpartnerschaft
Halfkann + Kirchner
Brandschutzingenieure

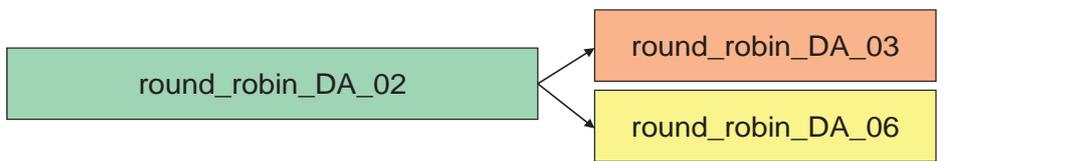


Sachverständigenpartnerschaft
Halfkann + Kirchner
Brandschutzingenieure





2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander

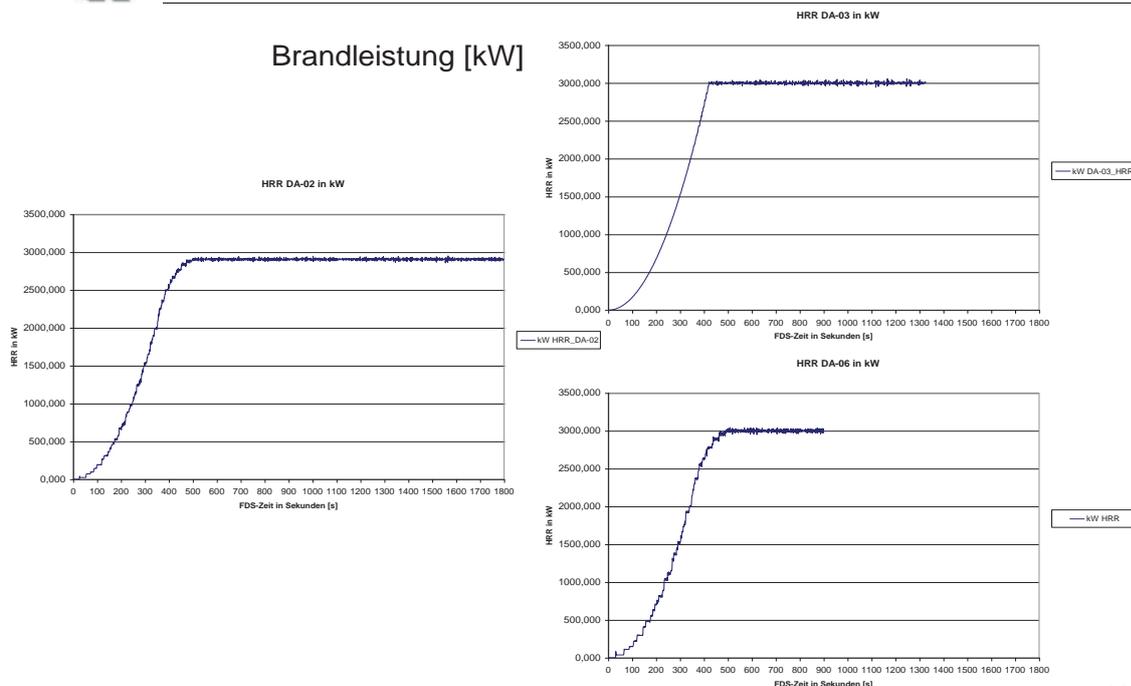


Randbedingungen	DA-02	DA-03	DA-06
Zellengröße/Gitter	20cm	20cm	25cm
FDS Version	5.5.1	5.5.2	5.5.2 OpenMP
HRRPUA	150	3000	148,15
SPREAD_RATE	0,006	-/-	0,006137
TAU_Q	-/-	- 420	-/-
NRA öffnet in	5 Min.	5 Min.	5 Min.
Zuluft öffnet in	5 Min.	0	0
REAC ID	Polyurethane	Propane	Propane
MAXIMUM_DROPLETS	-/-	-/-	5000
max. Gesamtwärmefreisetzung [kW]	3000	3000	3000

4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010 Andreas Müller



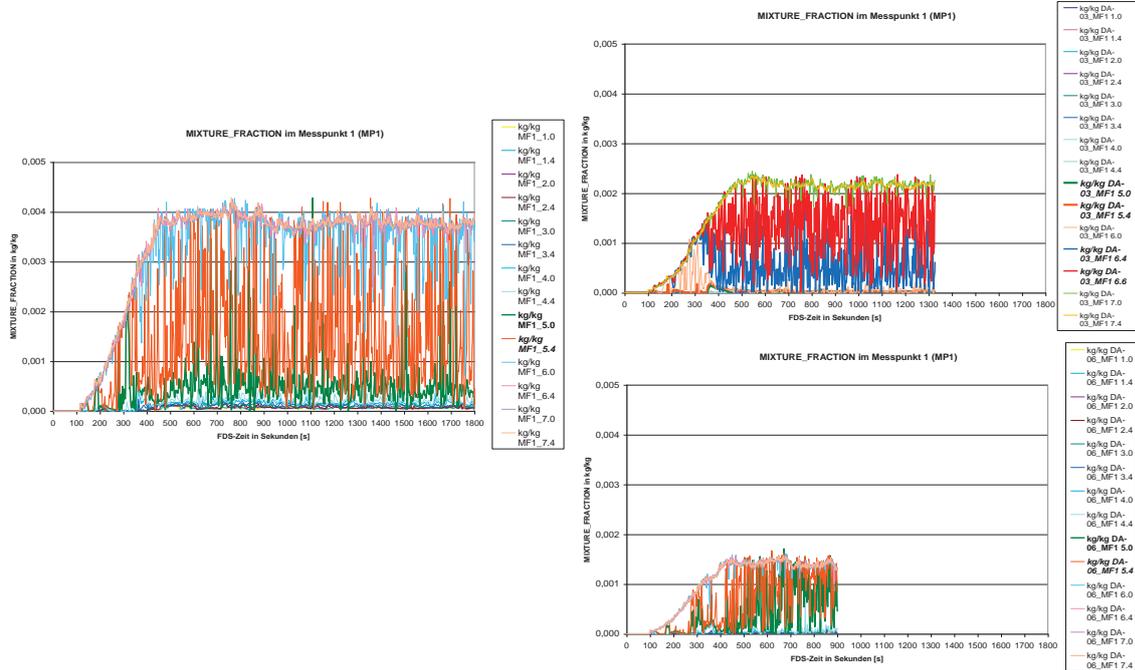
2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander (HRR)



4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010 Andreas Müller



2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander (MF_MP1)

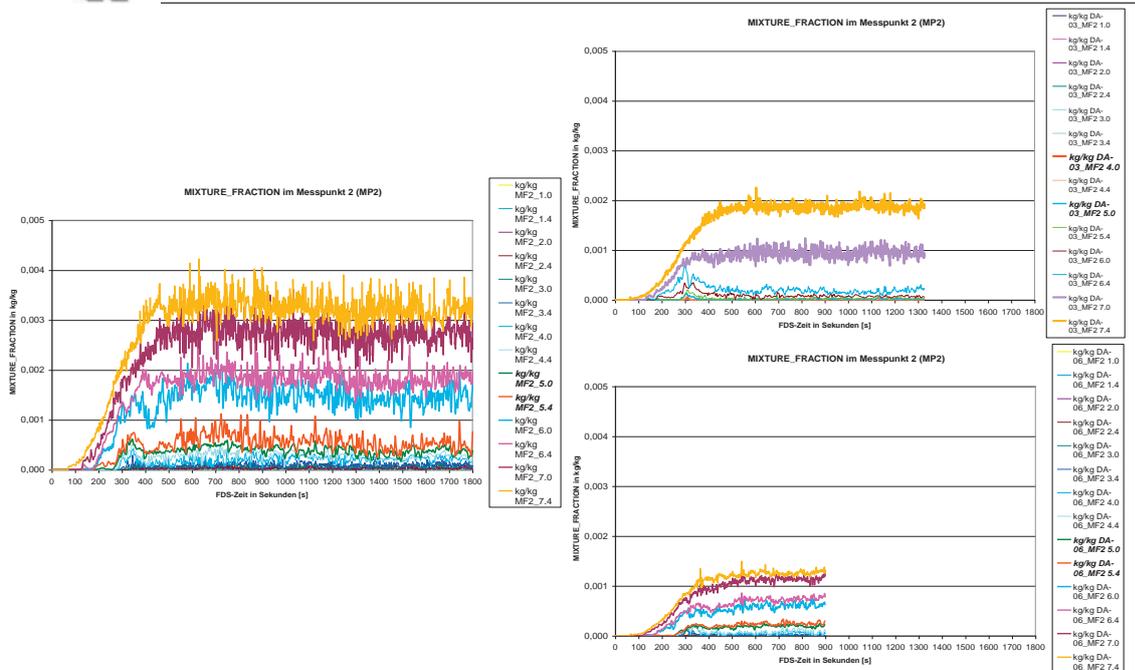


4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010

Andreas Müller



2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander (MF_MP2)

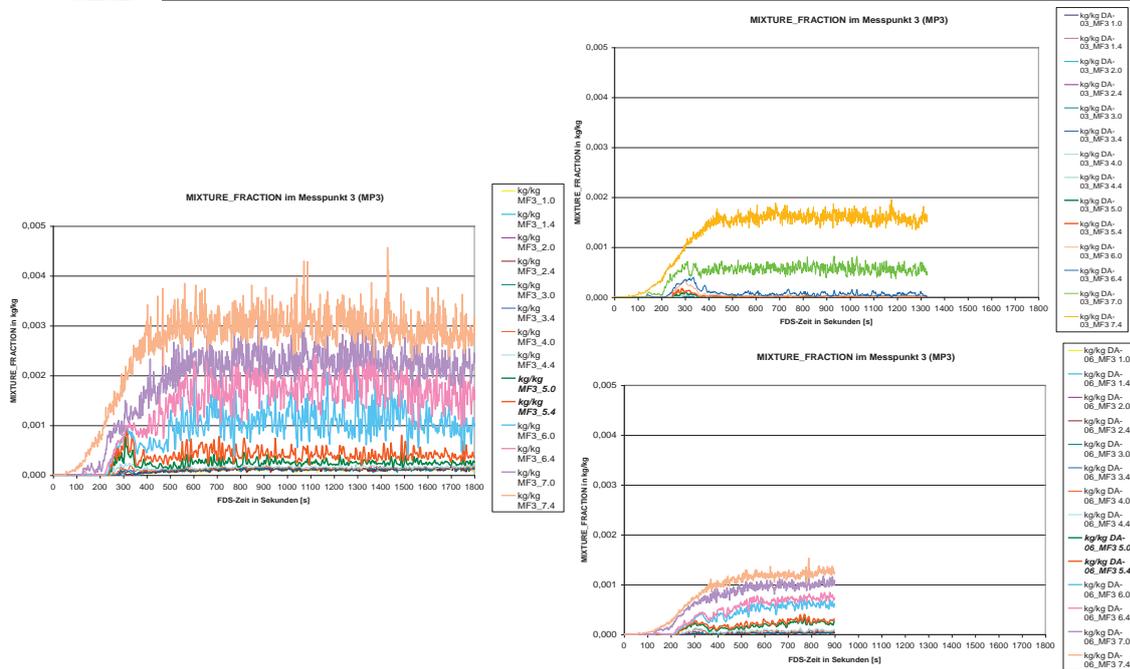


4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010

Andreas Müller



2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander (MF_MP3)

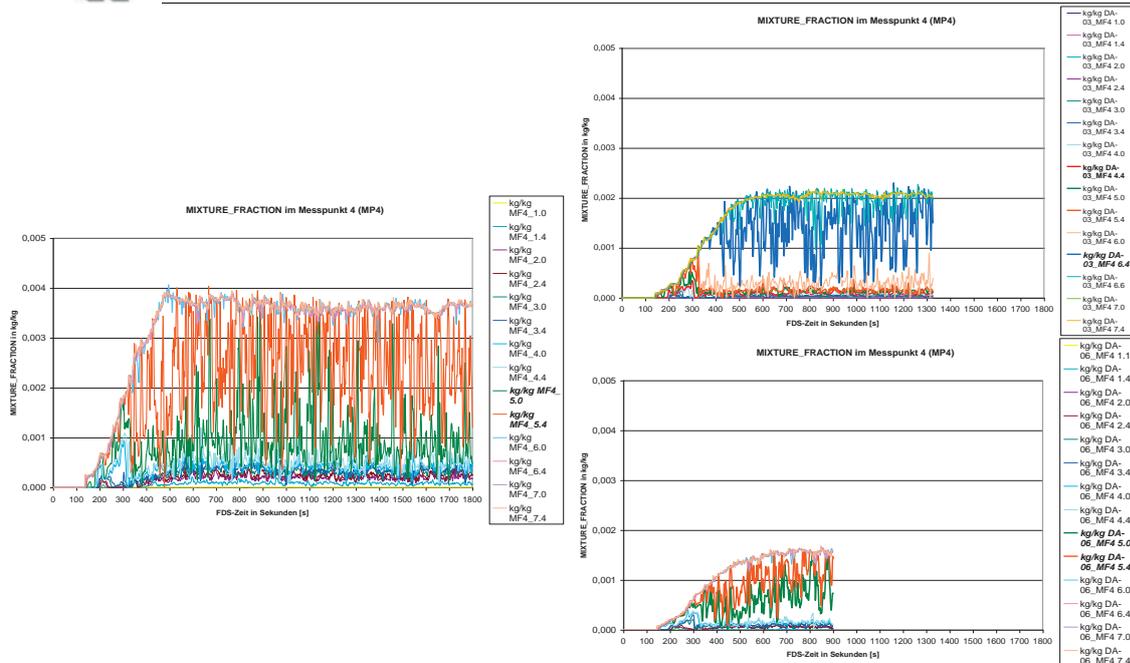


4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010

Andreas Müller



2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander (MF_MP4)

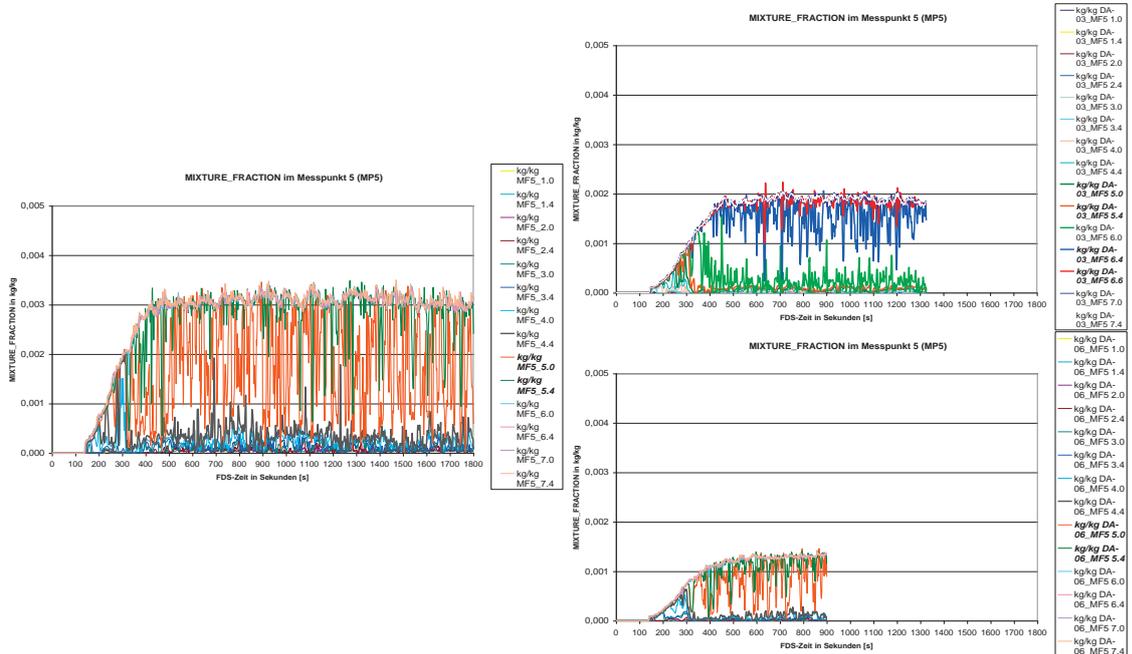


4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010

Andreas Müller



2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander (MF_MP5)

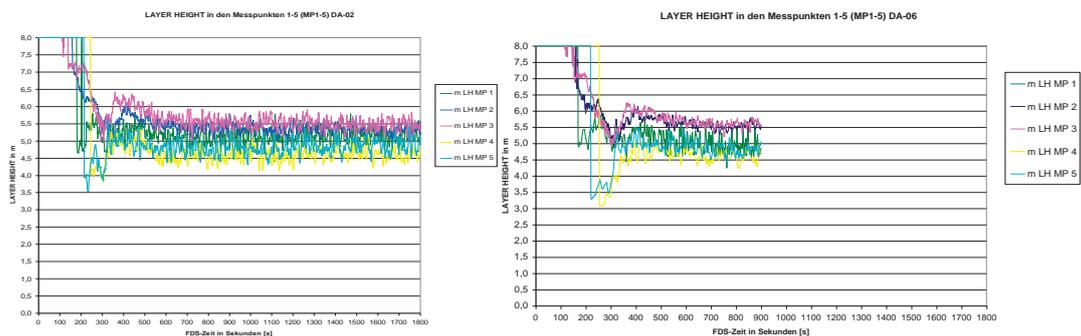


4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010

Andreas Müller



2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander (LH_MP1-5)

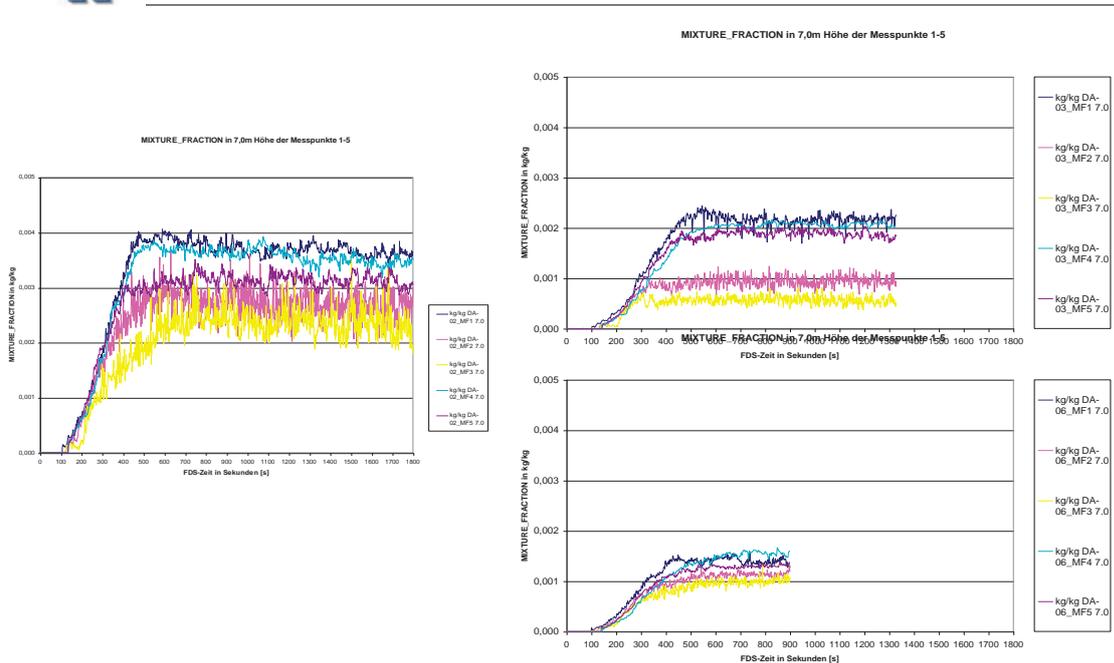


4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010

Andreas Müller



2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander (MF_MP1-5 in 7m)

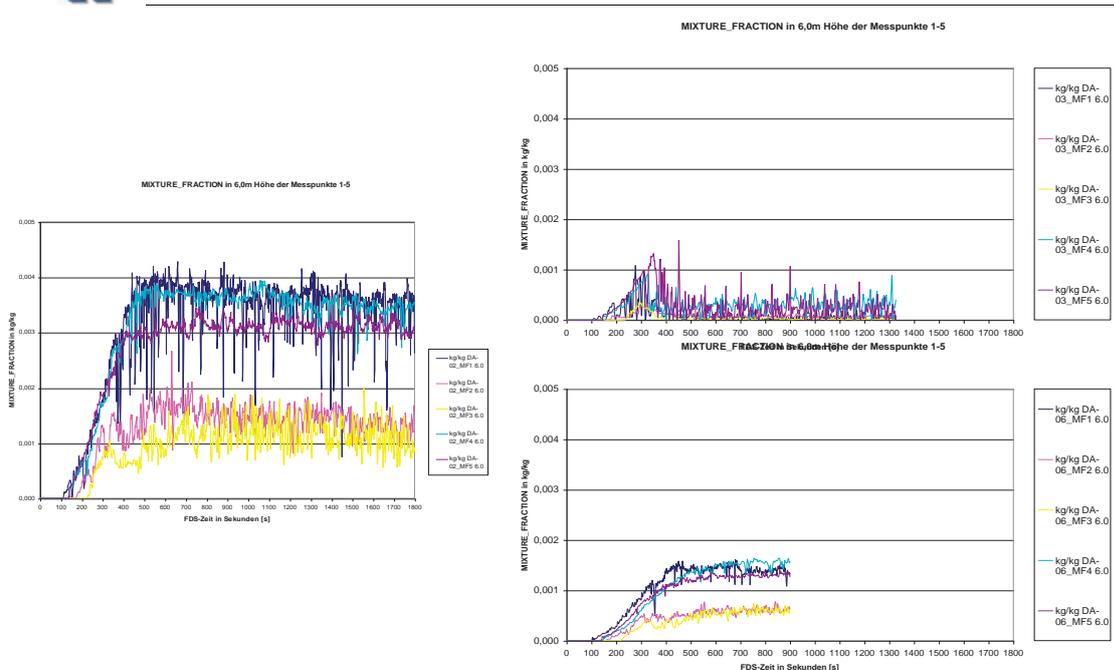


4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010

Andreas Müller



2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander (MF_MP1-5 in 6m)

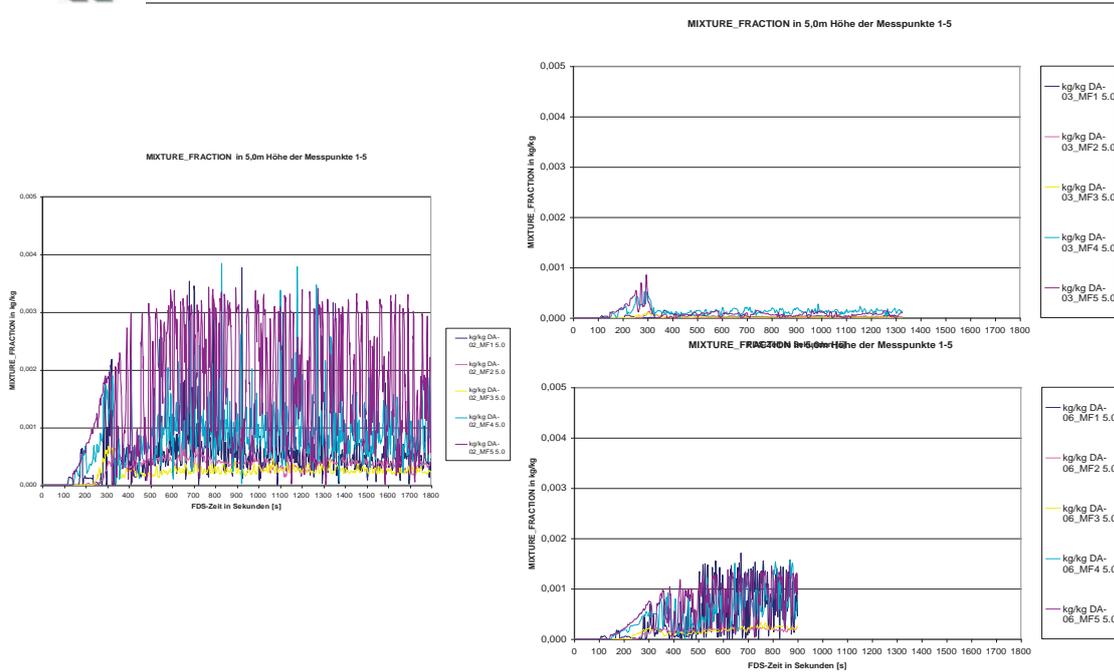


4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010

Andreas Müller



2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander (MF_MP1-5 in 5m)

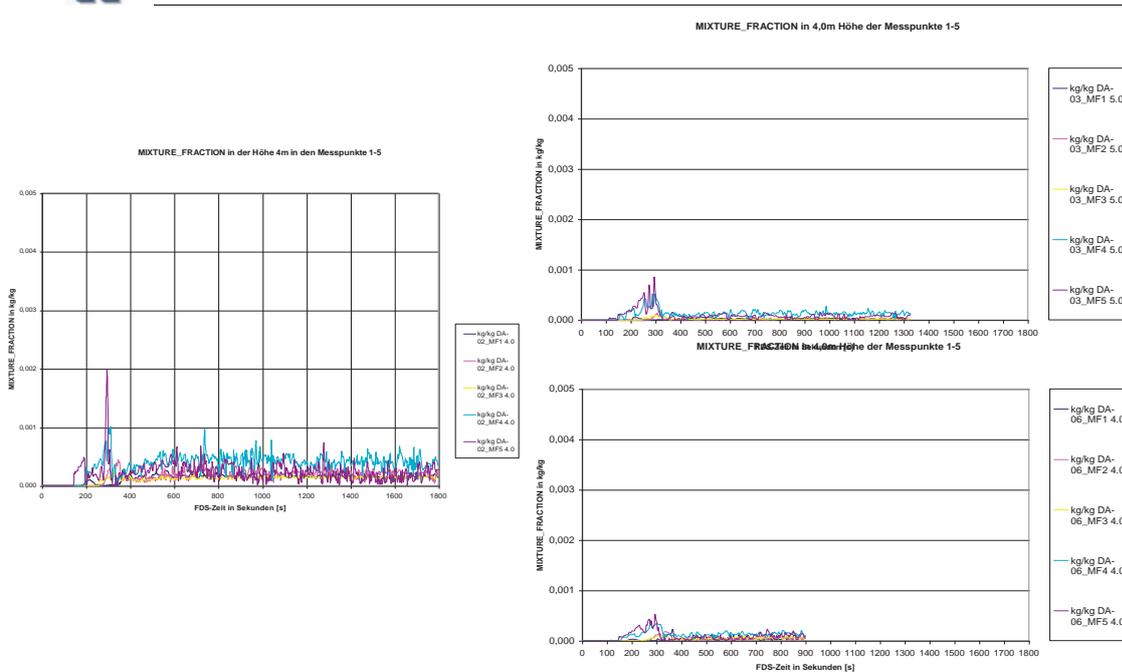


4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010

Andreas Müller

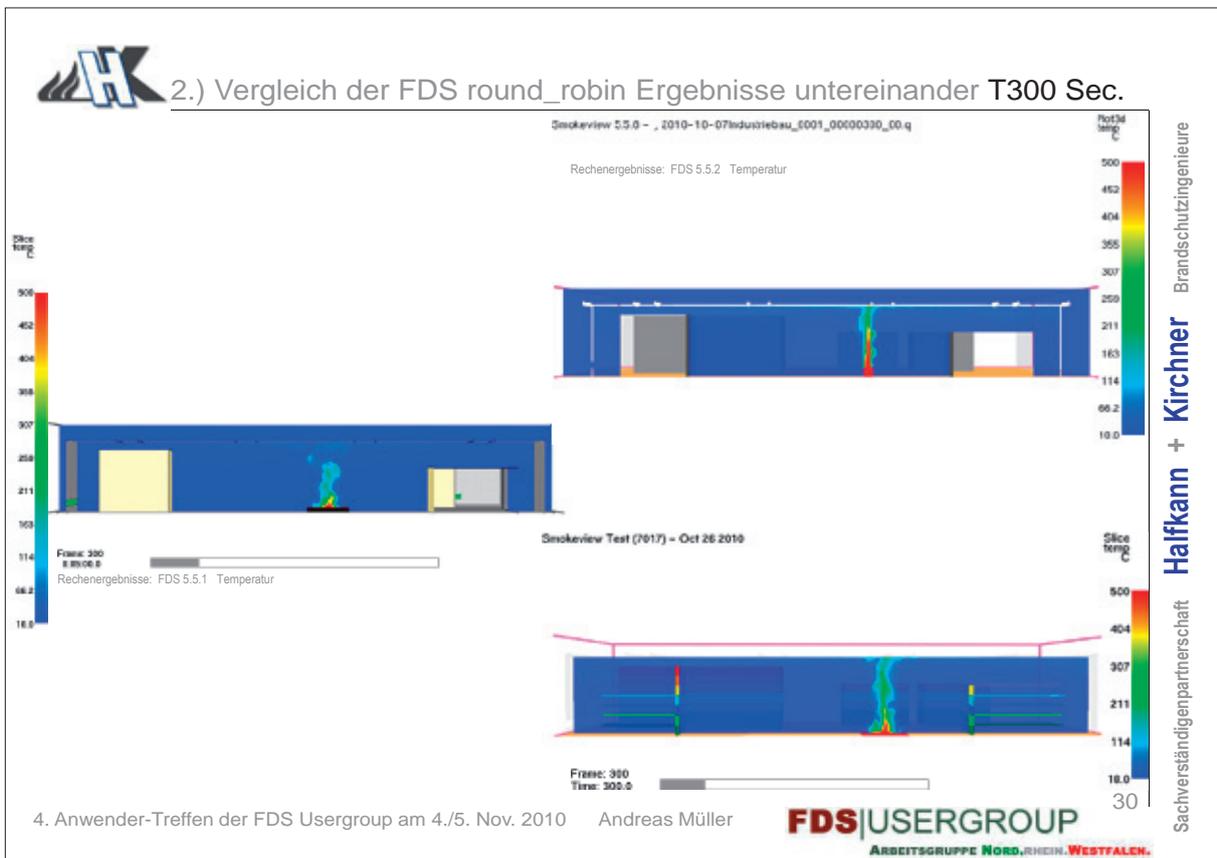
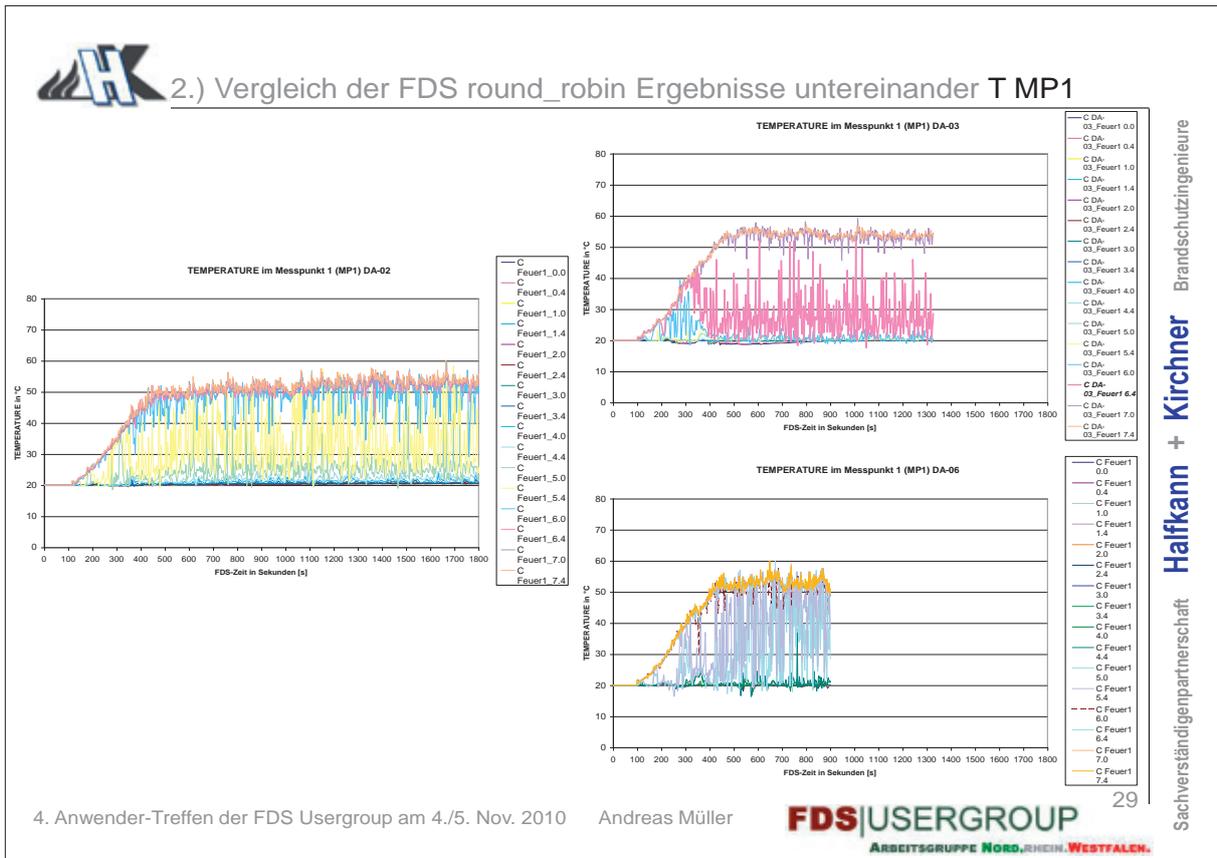


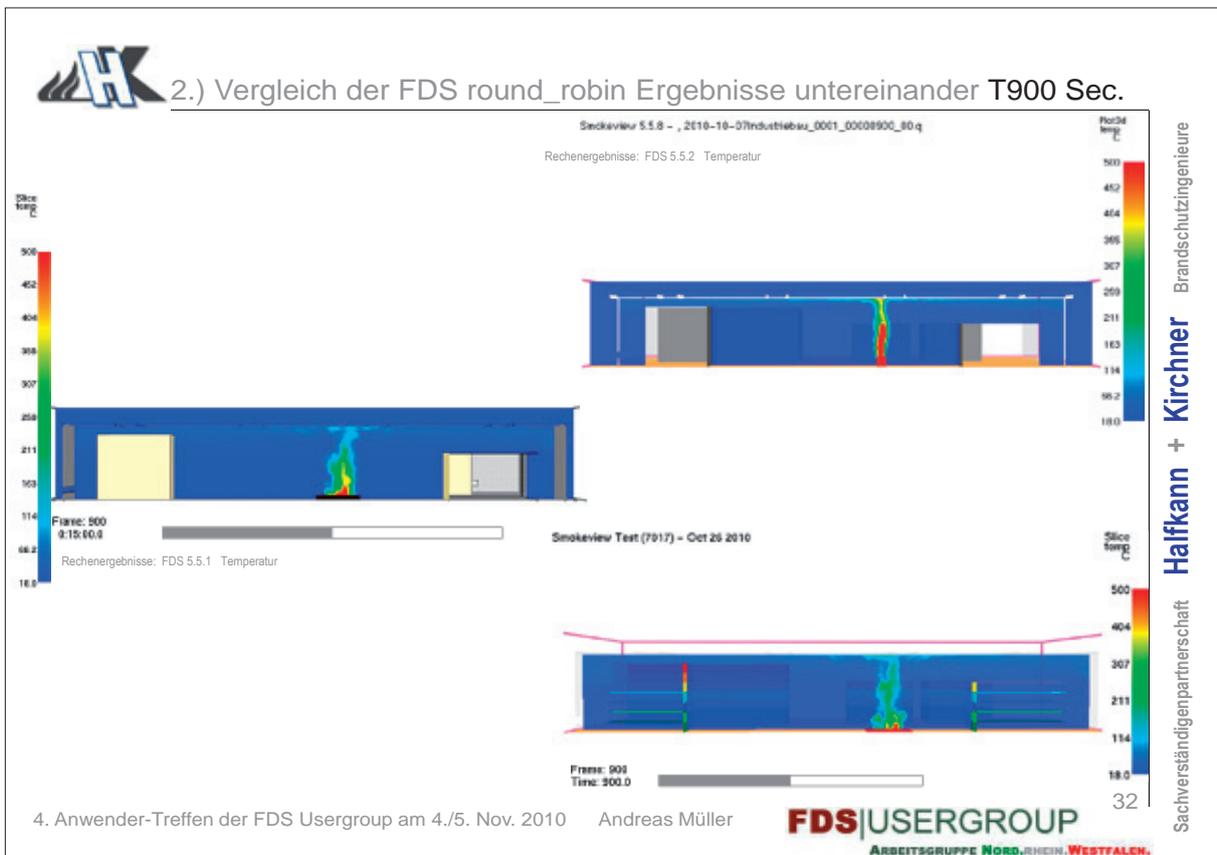
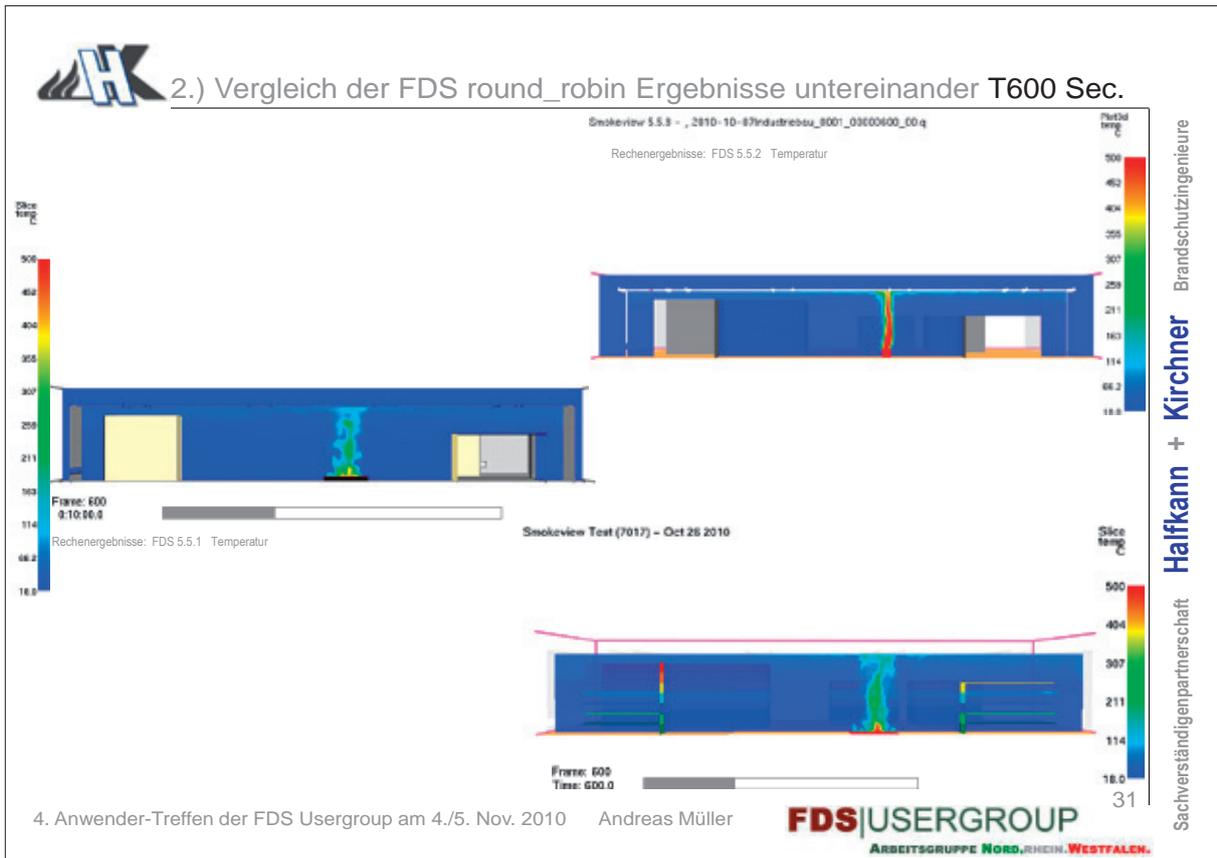
2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander (MF_MP1-5 in 4m)



4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010

Andreas Müller





H 2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander S3D300 Sec.

Smokeview 5.5.8 - Sep 7 2011
Rechnergebnisse: FDS 5.5.2 Soot Mass Fraction

Rechnergebnisse: FDS 5.5.1 Smoke 3d

Frame: 300
Time: 300.0

Frame: 187
Time: 300.0

Smokeview Test (7017) - Oct 26 2010

Frame: 300
Time: 300.0

4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010 Andreas Müller

FDS|USERGROUP
ARBEITSGRUPPE NORD, RHEIN, WESTFALEN.

33

Brandschutzingenieure
Halfkann + Kirchner
Sachverständigenpartnerschaft

H 2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander 600 Sec.

Smokeview 5.5.8 - Sep 7 2011
Rechnergebnisse: FDS 5.5.2 Soot Mass Fraction

Rechnergebnisse: FDS 5.5.1 Smoke 3d

Frame: 600
Time: 600.0

Frame: 334
Time: 601.2

Smokeview Test (7017) - Oct 26 2010

Frame: 600
Time: 600.0

4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010 Andreas Müller

FDS|USERGROUP
ARBEITSGRUPPE NORD, RHEIN, WESTFALEN.

34

Brandschutzingenieure
Halfkann + Kirchner
Sachverständigenpartnerschaft

H 2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander 900 Sec.

Smokeview 5.5.8 - Sep 7 2011
Rechenergebnisse: FDS 5.5.2 Soot Mass Fraction
Time: 900.0

Frame: 900
9:15:06.9
Rechenergebnisse: FDS 5.5.1 Smoke 3d
>80 (kW/m2)

Frame: 900
Time: 900.0
Smokeview Test (7017) - Oct 26 2010
>80 (kW/m2)

4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010 Andreas Müller

FDS|USERGROUP
ARBEITSGRUPPE NORD, RHEIN, WESTFALEN.

35

Brandschutzingenieure
Halfkann + Kirchner
Sachverständigenpartnerschaft

H 2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander MF_300 Sec.

Smokeview 5.5.8 - 2018-18-07Industriebau_0001_00008300_0f.q
Smokeview Test (7017) - Oct 26 2010
Frame: 300
Time: 300.0

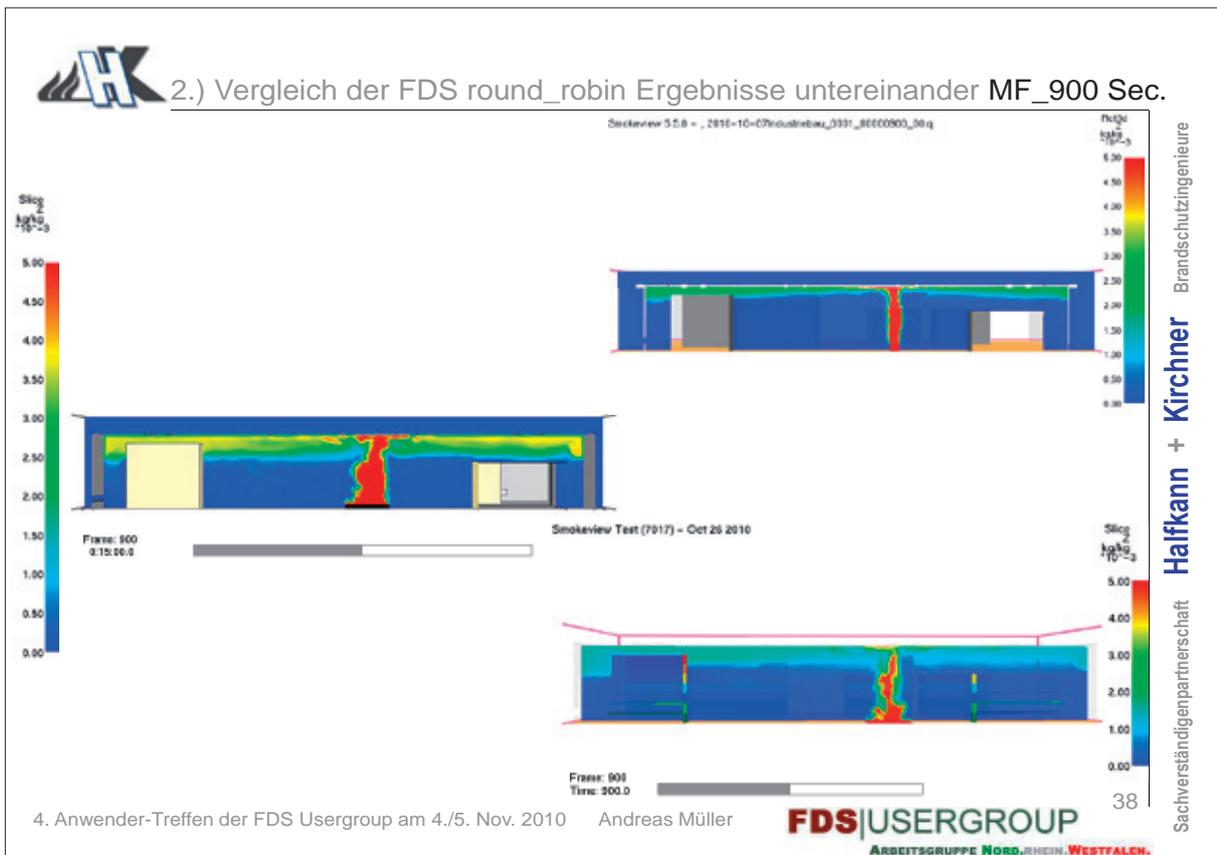
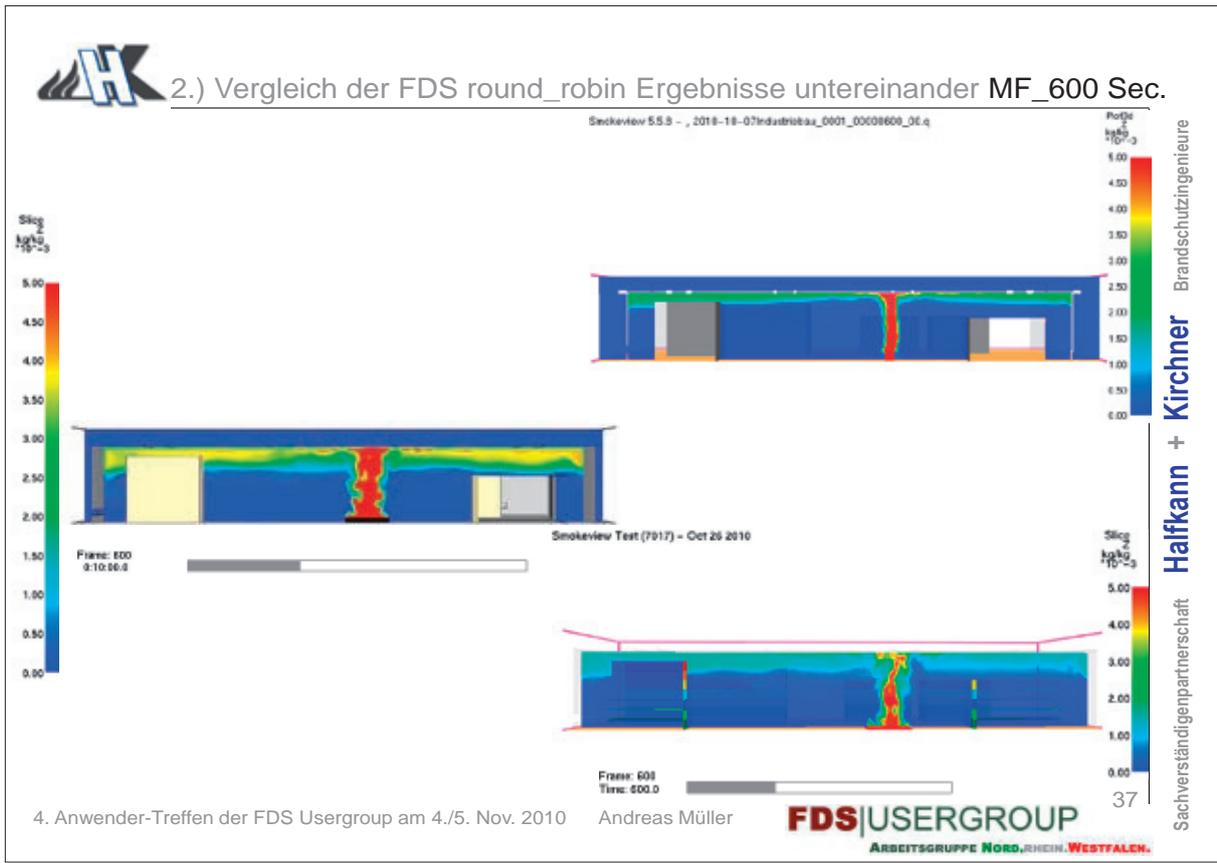
Smokeview Test (7017) - Oct 26 2010
Frame: 300
Time: 300.0

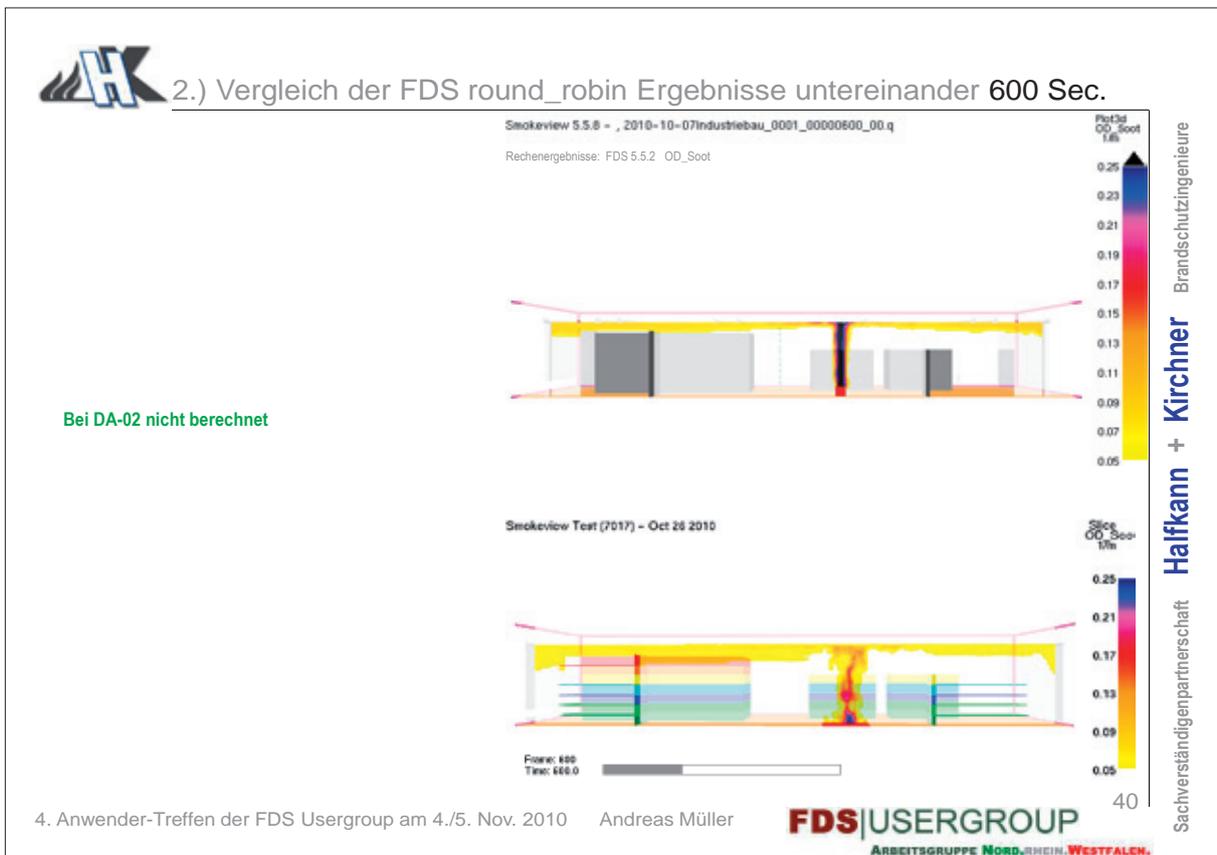
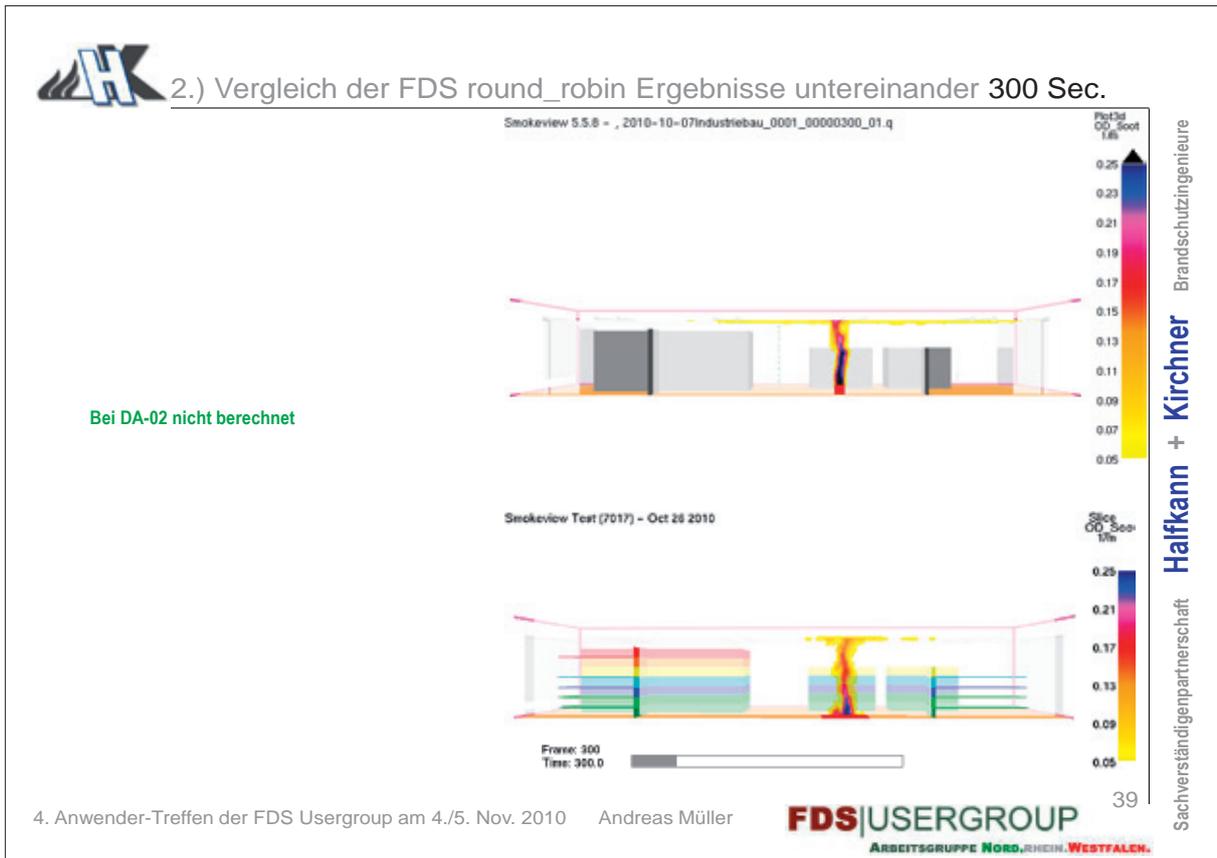
4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010 Andreas Müller

FDS|USERGROUP
ARBEITSGRUPPE NORD, RHEIN, WESTFALEN.

36

Brandschutzingenieure
Halfkann + Kirchner
Sachverständigenpartnerschaft





H 2.) Vergleich der FDS round_robin Ergebnisse untereinander 900 Sec.

Smokeview 5.5.8 - , 2010-10-07Industriebau_0001_00000900_00.q
 Rechnergebnisse: FDS 5.5.2 OD_Soot

Bei DA-02 nicht berechnet

4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010 Andreas Müller

FDS|USERGROUP
 ARBEITSGRUPPE NORD, RHEIN, WESTFALEN.

41

Brandschutzingenieure
 Halfkann + Kirchner
 Sachverständigenpartnerschaft

H 3.) Diskussion über das Kriterium für die „raucharme Schicht“

- Ergebniswerte von MIXTURE FRACTION abhängig von gewählter Verbrennungsreaktion -> kein universeller Grenzwert für raucharme Sicht
- LAYER HEIGHT wird über Temperaturdifferenzkriterium bestimmt -> universeller Grenzwert; nicht in Smokeview darstellbar
- Einbringen einer nicht reagierenden Stoffspezies mit dem Brennstoffmassenstrom -> Auswertung der Verdünnung zur Bestimmung der raucharmen Schicht ähnlich dem Ansatz des physikalischen Modells
- Ausgabe von Gradienten als Berechnungsergebnisse und Darstellungsmöglichkeit in Smokeview wünschenswert

4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup am 4./5. Nov. 2010 Andreas Müller

FDS|USERGROUP
 ARBEITSGRUPPE NORD, RHEIN, WESTFALEN.

42

Brandschutzingenieure
 Halfkann + Kirchner
 Sachverständigenpartnerschaft



Zusammenfassung und Ausblick

- Zusammenfassung

-> Vergleich der Ergebnisse des Versuchs am physikalischen Modell des I.F.I. und der Ergebnisse aus den FDS-Berechnungen zeigen im Wesentlichen gute Übereinstimmungen in Bezug auf die Verrauchung

-> Geeignetes Kriterium für die raucharme Schicht in FDS ist für den jeweiligen Einzelfall der Berechnung zu wählen. LAYER HEIGHT (LH) zeigte gute Übereinstimmungen mit Ergebnissen des Modellversuchs; LH ist aber nicht in Smokeview darstellbar. MIXTURE FRACTION und OPTICAL DENSITY sind von den gewählten Verbrennungsparametern abhängig.

- Ausblick:

-> Definition eines brennstoffunabhängigen Verdünnungswerts als Grenzwert für die Festlegung der Höhe der raucharmen Schicht

-> Wünschenswert für künftige FDS-Versionen: Ausgabe von Gradienten als Berechnungsergebnisse von FDS als Tabellenwerte und in Smokeview darstellbar



**Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!**

Fragen?

Gregor Jäger:

Qualitätssichernde Kriterien bei der Anwendung von FDS: Ein Kurzbericht zum aktuellen Stand der Simulation isothermer Freistrahle

Abstract:

Im Rahmen der FDS-Usergroup wurde durch die Autoren in der Vergangenheit eine Sensitivitätsuntersuchung zur FDS-Validierung anhand einfacher strömungstechnischer Standardfälle am Beispiel des isothermen Freistrahls präsentiert. Die bisherigen Ergebnisse zeigten, dass FDS in der Version 5.x erst bei sehr hohem Diskretisierungsgrad in der Lage war, das charakteristische Geschwindigkeitsprofil in der Achse eines isothermen Freistrahls qualitativ wie quantitativ annähernd genau abzubilden. Der physikalische Effekt „Freistrah“ tritt in der Praxis beispielsweise bei der Simulation von Strahlventilatoren oder maschineller Zuluftführung auf und kann hinsichtlich der Wurfweite und des bewegten Volumenstromes einen signifikanten Einfluss auf die Qualität und Richtigkeit der Ergebnisse haben. Zwischenzeitlich wurden durch die Entwickler neue Modelle implementiert. Beispielsweise sei hier auf ein Modell zur dynamischen Bestimmung der (bisher konstanten) Smagorinsky-Zahl oder auf turbulente Randbedingungen hingewiesen.



Qualitätssichernde Kriterien bei der Anwendung von FDS

Ein Kurzbericht zum aktuellen Stand der Simulation isothermer Freistrahle



Boris Stock



Gregor Jäger



Karl Wallasch

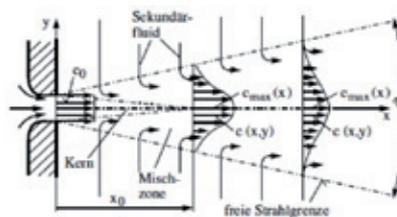


4. FDS-Usergroup Anwendertreffen 4./ 5. November 2010, Berlin

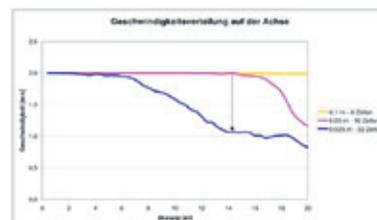
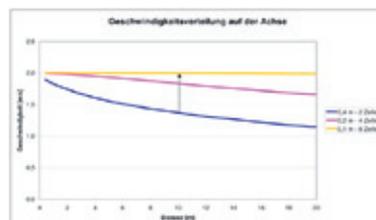


- Ausgangssituation
- Motivation
- Entwicklung
- Stand
- Ausblick

Isothermer Freistrahle



Quelle: Kümmel, W.: Techn. Strömungsmechanik, S. 253, Teubner, 2007.



Quelle: Stock, Wallasch: FDS-Usergroup, 2. Anwendertreffen, 2008

FDS 5.2.5





Ausgangssituation
Motivation
 Entwicklung
 Stand
 Ausblick

Motivation

Sensitivitätsanalyse Isothermer Freistrah

Ziel:
Definition von qualitätssichernden Kriterien

Praxis:
 - Strahlventilatoren
 - maschinelle Zuluft

Relevante Größen:
 - Geschwindigkeit
 - Volumenstrom



Ausgangssituation
 Motivation
Entwicklung
 Stand
 Ausblick

Entwicklung

Turbulenzmodellierung Large Eddy Simulation (LES)

energy equation

dissipation rate ϵ $\epsilon = \tau_{ij} \nabla u = \mu \left(2S_{ij} : S_{ij} - \frac{2}{3} (\nabla \cdot u)^2 \right)$

viscosity μ $\mu_{LES} = \rho (C_S \Delta)^2 \left(2\bar{S}_{ij} : \bar{S}_{ij} - \frac{2}{3} (\nabla \cdot u)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$

Smagorinsky Konstante C_S : CSMAG = 0.2

seit FDS 5.3 möglich: DYNMAG = .TRUE.



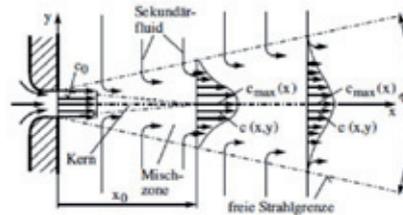


Ausgangssituation
 Motivation
 Entwicklung
 Stand
 Ausblick

Entwicklung

Turbulente Einstrahlung synthetic eddy method

laminar/
 turbulent



Jarrin, N.: reconstruction of turbulent fluctuations for hybrid RANS/LES simulation using synthetic-eddy-method, 2006

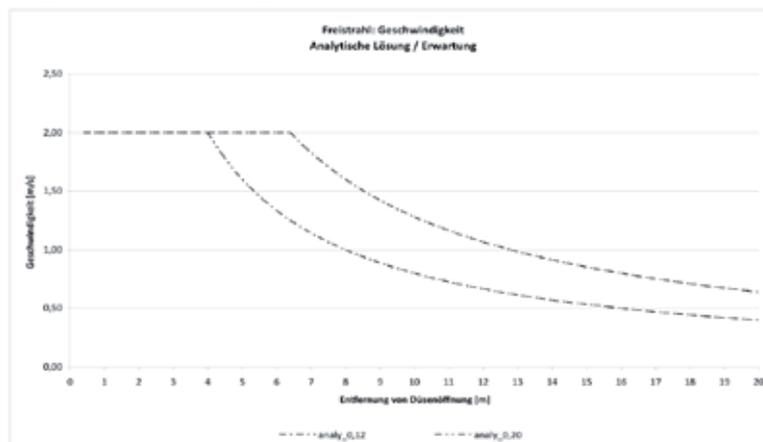
implementiert seit FDS 5.5.X - SVN 6444 (Juli 2010)



Ausgangssituation
 Motivation
 Entwicklung
 Stand
 Ausblick

Stand

Analytische Lösung



nach: Kümmel, W.: Techn. Strömungsmechanik. S. 253 ff., Teubner, Wiesbaden, 2007.

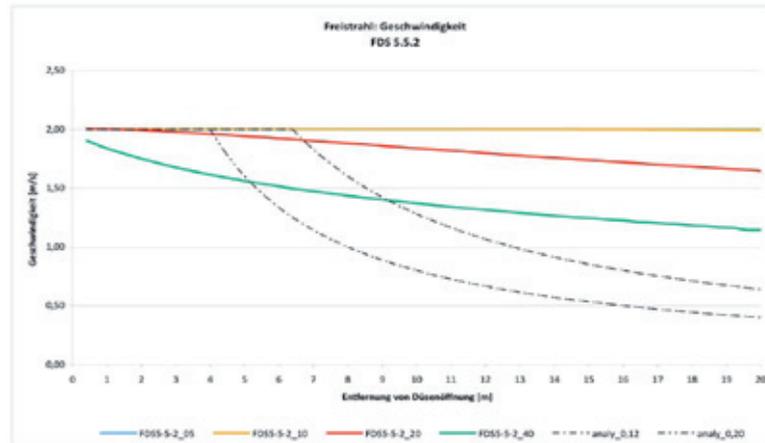




Ausgangssituation
 Motivation
 Entwicklung
Stand
 Ausblick

Stand

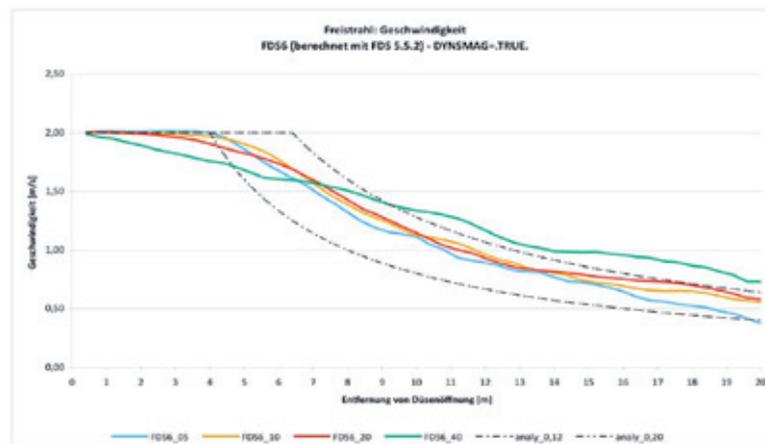
FDS 5.5.2



Ausgangssituation
 Motivation
 Entwicklung
Stand
 Ausblick

Stand

Large Eddy Simulation (LES) - DYNMAG

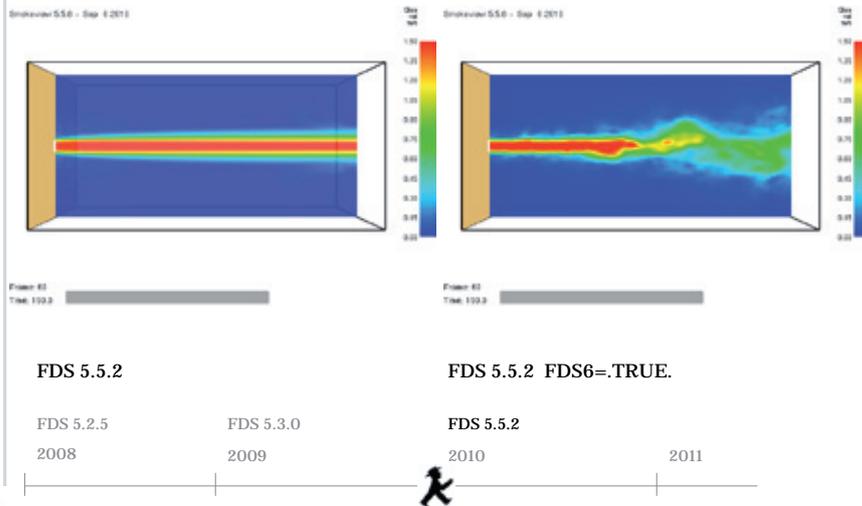




Ausgangssituation
 Motivation
 Entwicklung
Stand
 Ausblick

Stand

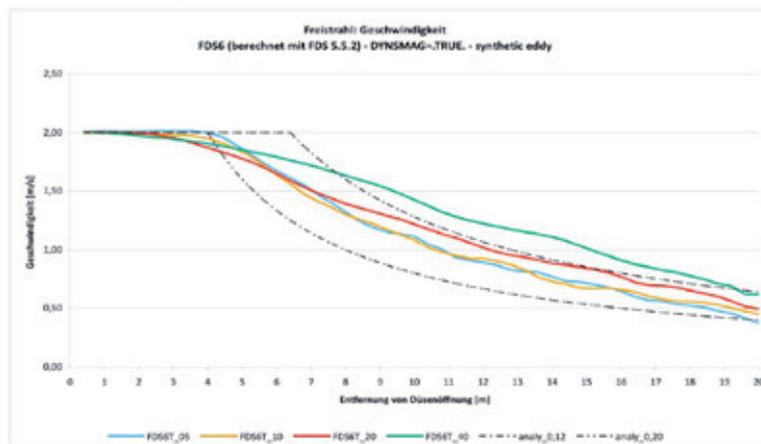
Large Eddy Simulation (LES) - DYNMAG



Ausgangssituation
 Motivation
 Entwicklung
Stand
 Ausblick

Stand

synthetic eddy method

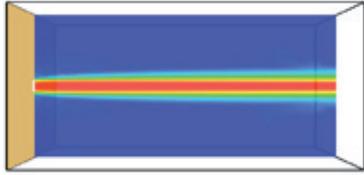




Ausgangssituation
Motivation
Entwicklung
Stand
Ausblick

Stand

synthetic eddy method



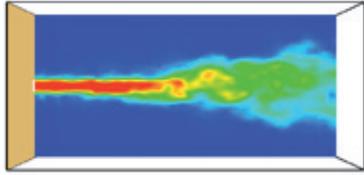
Smoke:556 - Sep 1 2011

Flow: 61
Time: 100.0

FDS 5.5.2

FDS 5.2.5 FDS 5.3.0

2008 2009



Smoke:556 - Sep 1 2011

Flow: 61
Time: 100.0

FDS 5.5.2 FDS6=.TRUE., SEM

FDS 5.5.2

2010 2011







Ausgangssituation
Motivation
Entwicklung
Stand
Ausblick

Ausblick

Qualität

„Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt“

Fehler

„Nichterfüllung von Anforderungen“

Anforderung bei Anwendung von FDS?

Anforderung:

- *geeignet*
- *nachvollziehbar*
- *Realität abbilden*

Realität

↓

Computerprogramm

↑

Simulations-
rechnung

↓

Modellvalidierung

Modellierungskonzept

↗ **Validierung: Experimente**

Validation Guide (Kap. 4):
Quantifying Model Uncertainty



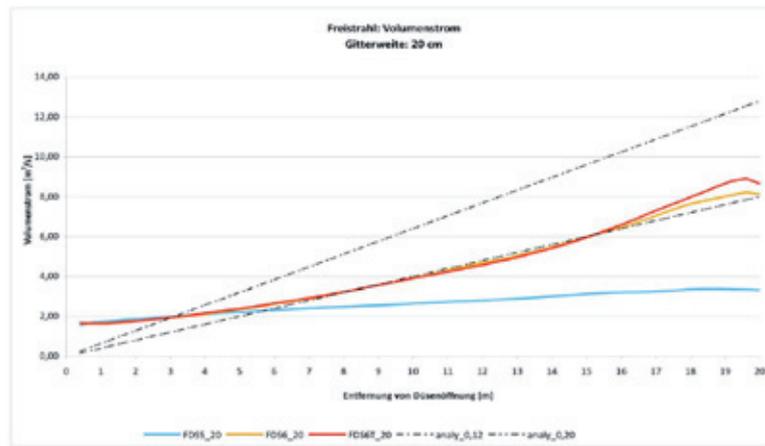




Ausgangssituation
Motivation
Entwicklung
Stand
Ausblick

Stand

Volumenstrom



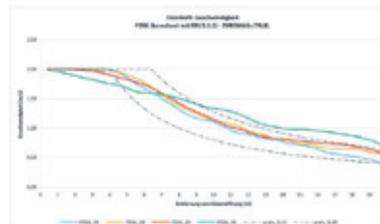
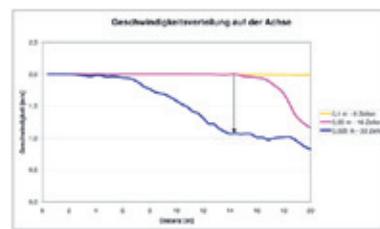
FDS 5.2.5 FDS 5.3.0 FDS 5.5.2
2008 2009 2010 2011



Ausgangssituation
Motivation
Entwicklung
Stand
Ausblick

Ausblick

- FDS 5.0.0 02.10.2007
- FDS 5.1.0 08.01.2008
- FDS 5.2.0 01.08.2008 → 😊
- FDS 5.3.0 30.01.2009
- FDS 5.4.0 01.09.2009
- FDS 5.5.0 06.04.2010
- FDS 5.5.3 29.10.2010
- FDS 6.0.0 ??? → 😊



FDS 5.2.5 FDS 5.3.0 FDS 5.5.2 FDS 6.X
2008 2009 2010 2011



Boris Stock:**Qualitätssichernde Kriterien bei der Anwendung von FDS: Untersuchungen zum Einfluss diverser Parameter bei der Strömungssimulation in einem „Annex 20 Raum“****Abstract:**

Im Rahmen der FDS-Usergroup wurden durch die Autoren in der Vergangenheit Sensitivitätsuntersuchungen zur FDS-Validierung anhand einfacher strömungstechnischer Standardfälle präsentiert. Hinsichtlich der Verbesserungen am Strömungsmodell von FDS im Zuge der Entwicklung der kommenden Version 6 wird anhand des gut dokumentierten „Annex 20 Raumes“ untersucht, inwiefern neue Funktionen oder Modellverbesserungen genauere Ergebnisse ermöglichen.



Qualitätssichernde Kriterien bei der Anwendung von FDS:

Untersuchungen zum Einfluss diverser Parameter bei der Strömungssimulation in einem „Annex 20 Raum“



Boris Stock, BFT Cognos GmbH, Aachen

Gregor Jäger, Ingenieurbüro Huber, Weiler

Karl Wallasch, Hoare Lea Fire Engineering, London

Berlin, 4. - 5. November 2010

FDS|USERGROUP

Fragestellung



Welche Qualität kann man mit FDS bei der Simulation von Raumströmungen bei „gut untersuchten“ Szenarien erreichen?

FDS|USERGROUP

Beispiel:



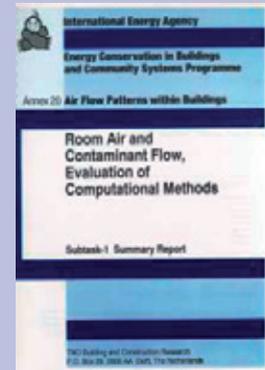
Energy Conservation in Buildings & Community Systems (ECBS):

Annex 20 Air Flow Patterns within Buildings

Status: Completed (1988-1991)

Operating Agent: Dr A Moser, ETH-Zentrum, Switzerland

Accurate prediction of air flow patterns within rooms and through buildings



Modellbeschreibung

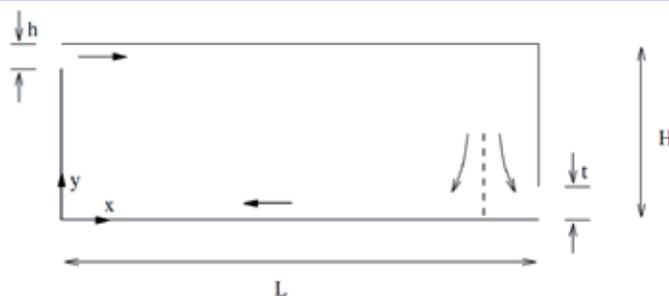
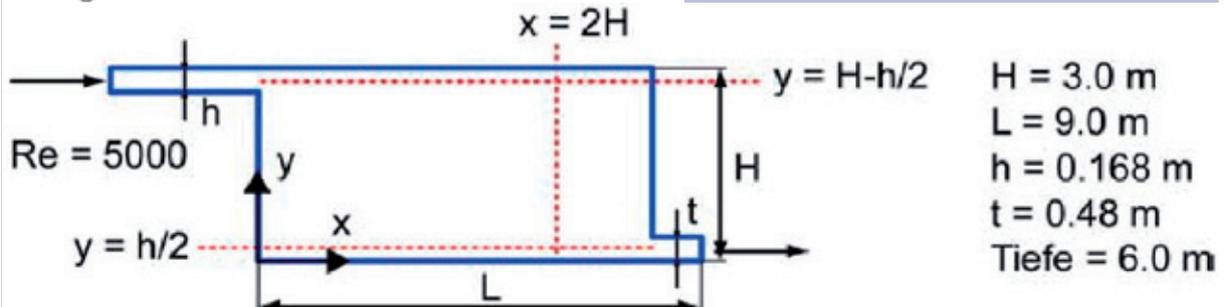
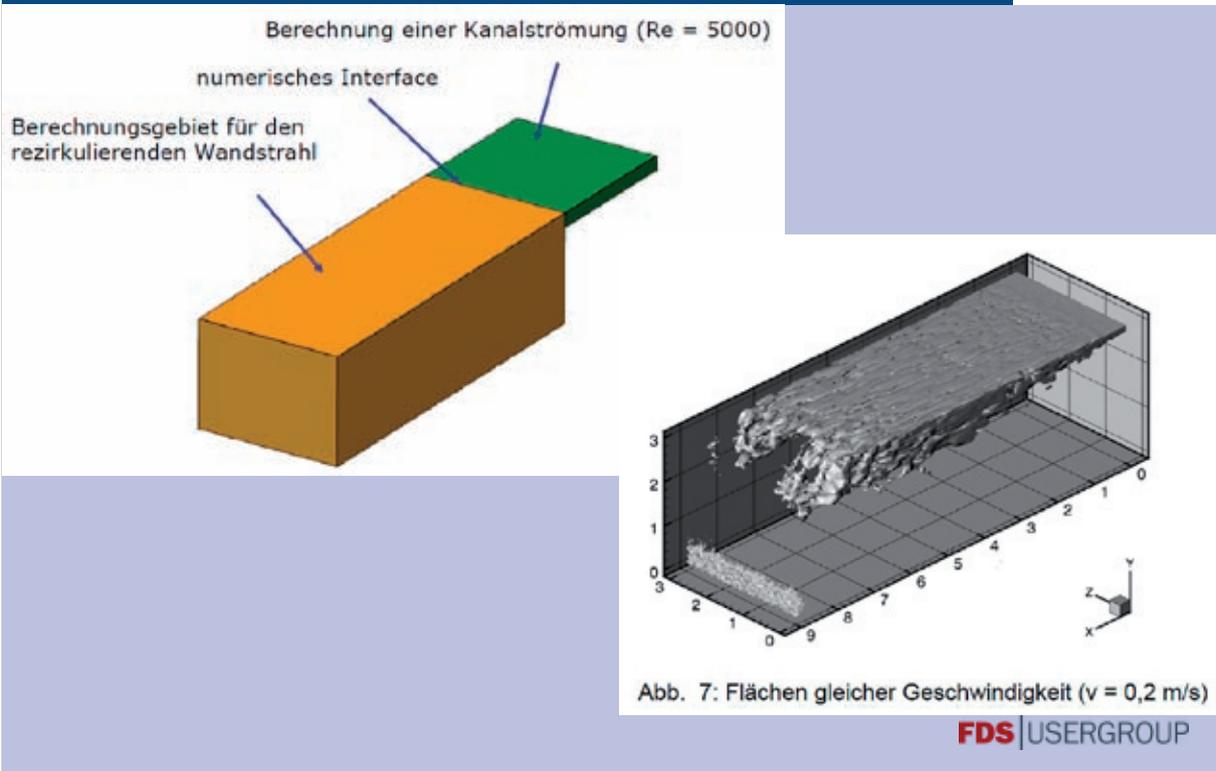


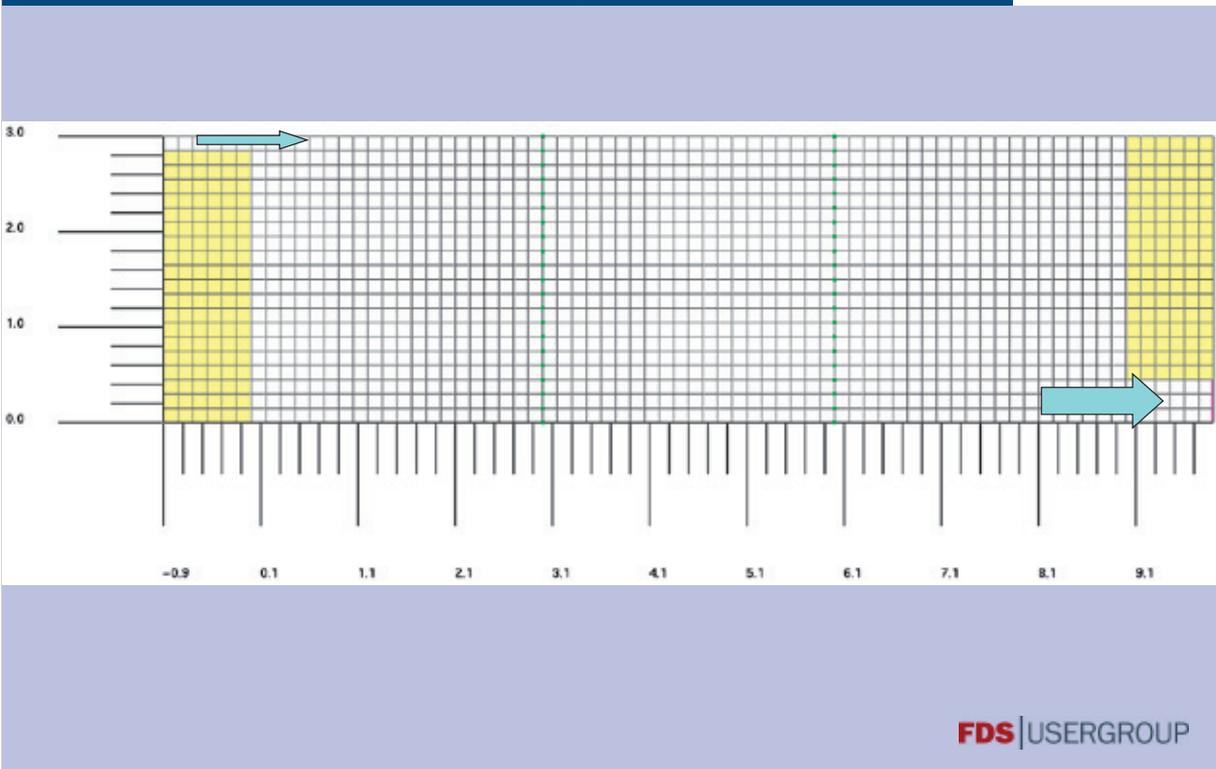
Figure 2.1: The annex 20 2-D isothermal test case.



Modellbeschreibung



Modellbeschreibung

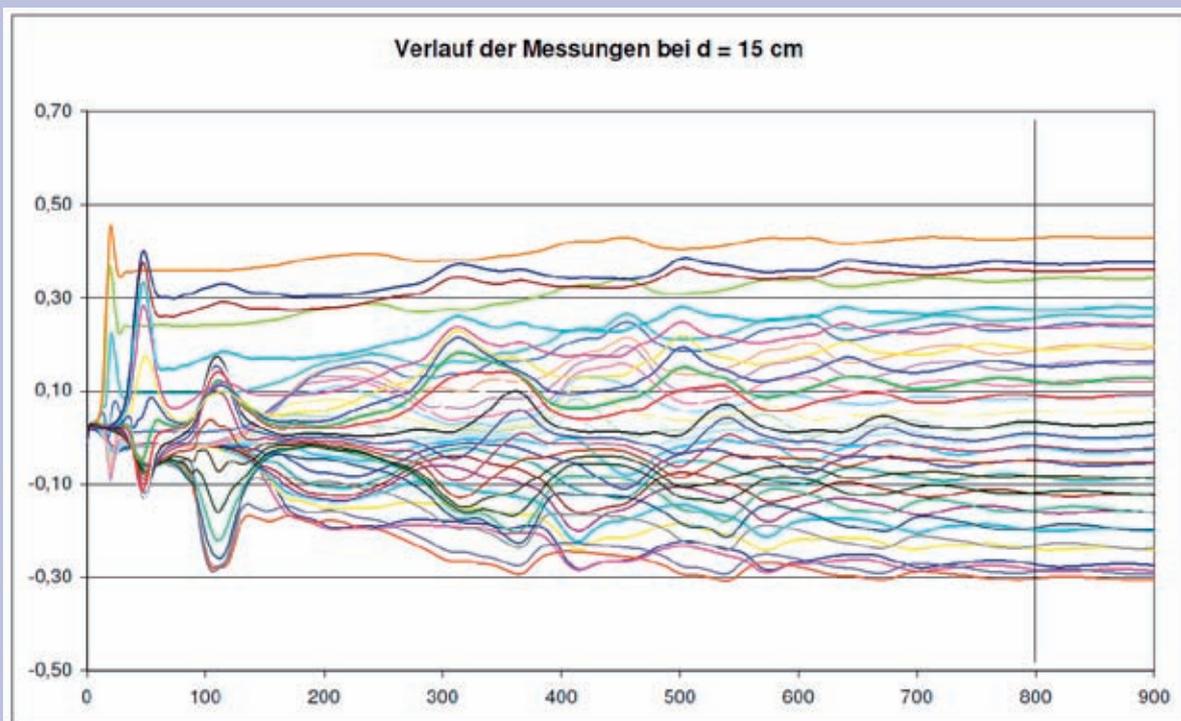


Parameter

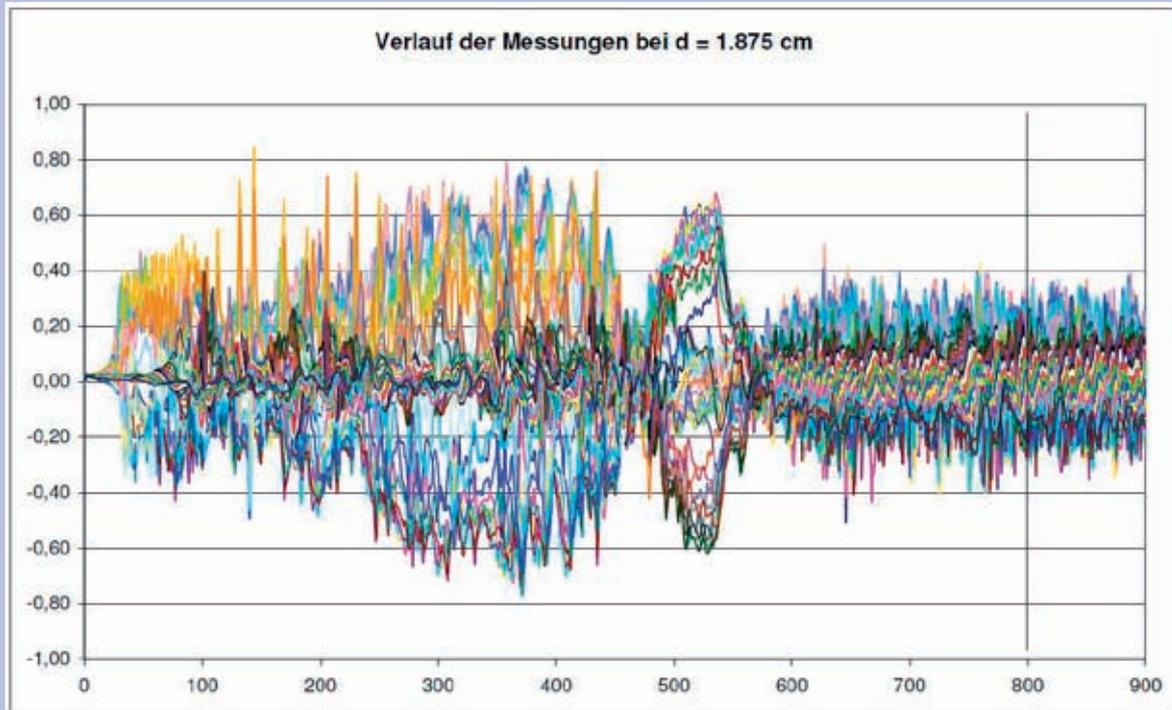


- FDS 5 und FDS 6
- Wall Modell
- Auflösung 15, 7.5, 3.75 und 1.875 cm
- Barokline-Effekt

Zeitliche Mittelung



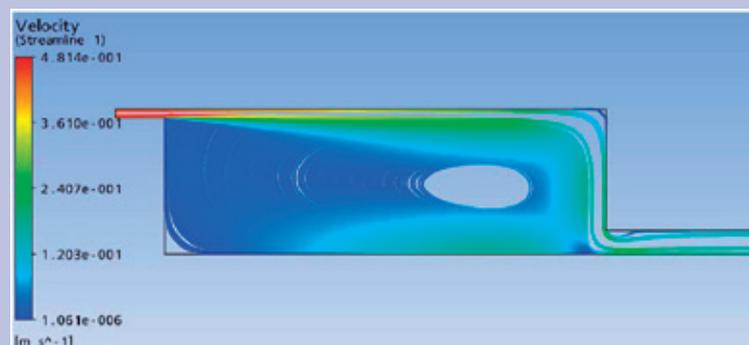
Zeitliche Mittelung



Versuch

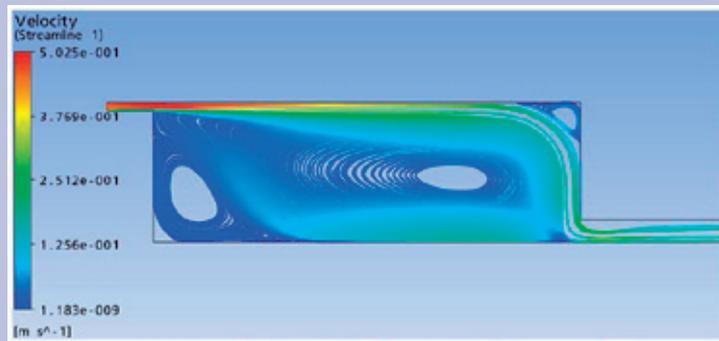


Figure 3 streamline in experiment (Peter V. Nielsen PhD thesis, 1974)

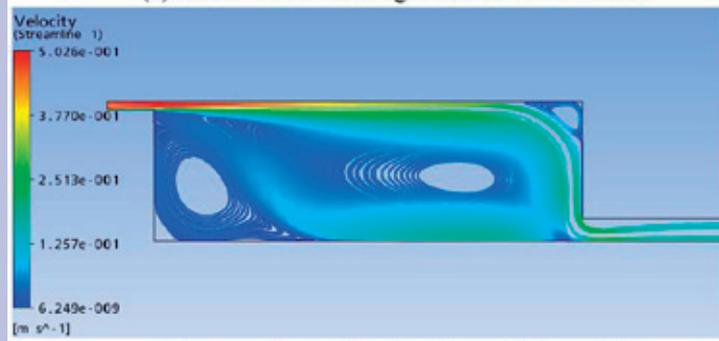


(a) streamline with using standard $k - \epsilon$ model

Versuch

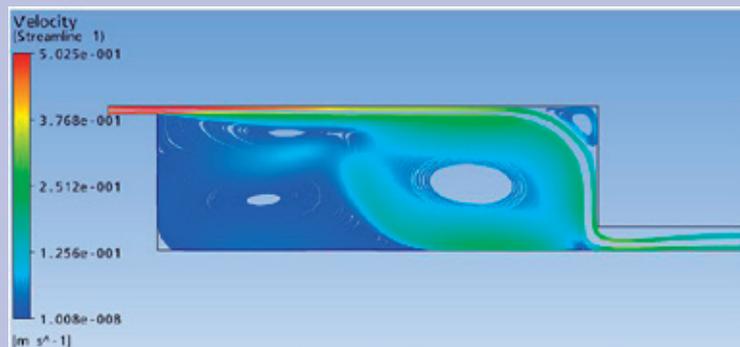


(b) streamline with using standard $k-w$ model



(c) streamline with using $k-w$ BSL model

Versuch



(d) streamline with using $k-w$ SST model

Quelle: Ansys CFX 11, Li Rong, Peter V. Nielsen

Das Testszenario

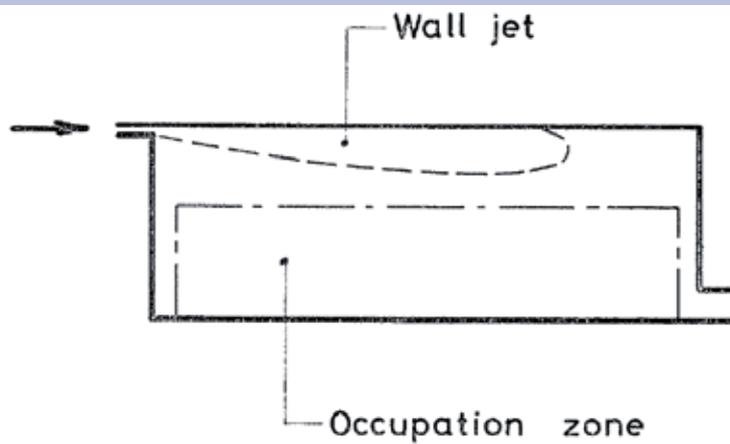
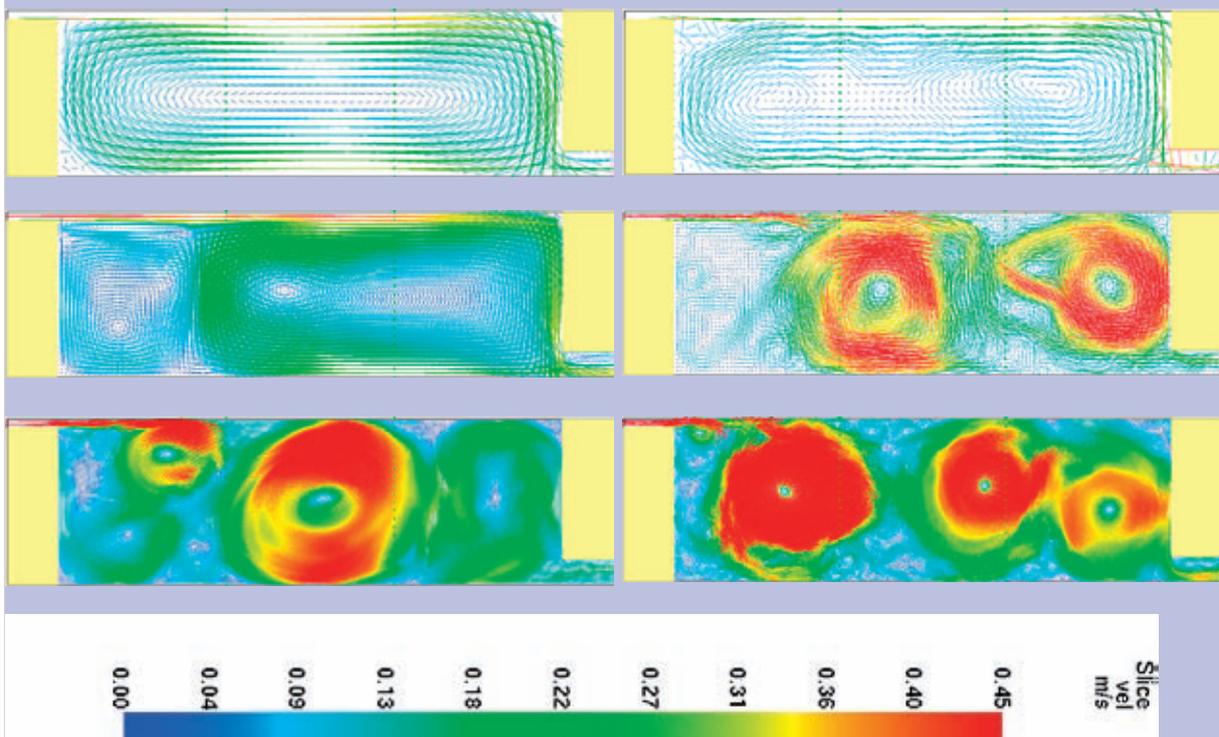


Fig. 1. The section under study in an air conditioned room.

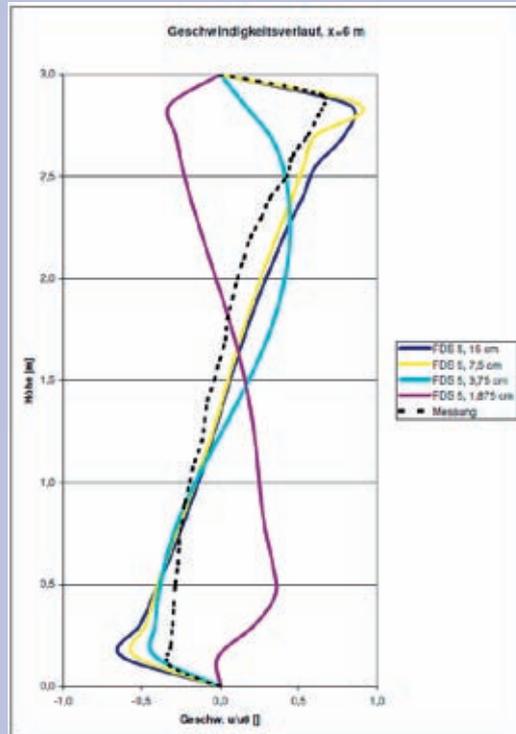
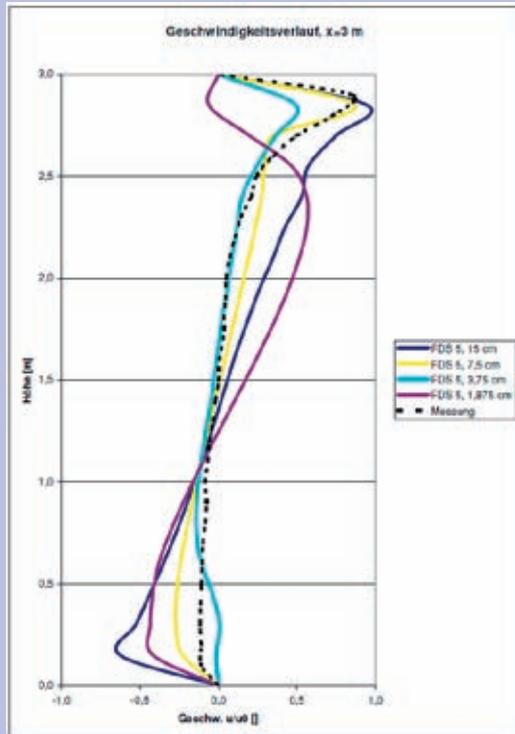
Peter V. Nielsen., "Flow in Air Conditioned Rooms: Model experiments and numerical solution of the flow equations"
Phd. 1974

FDS 5

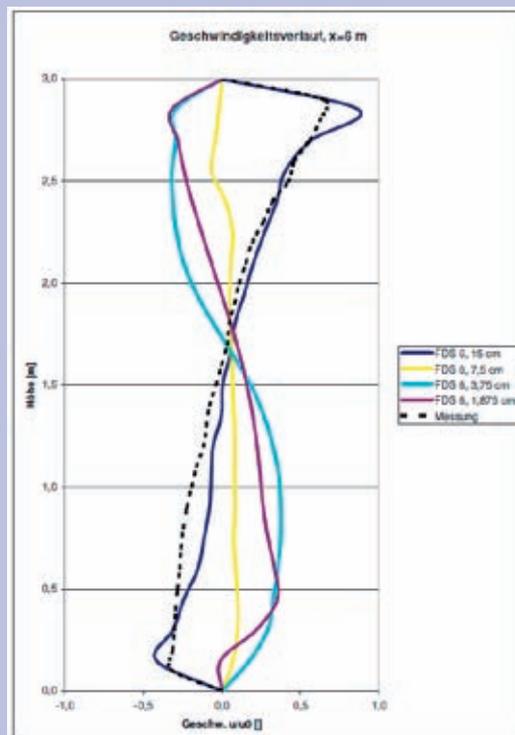
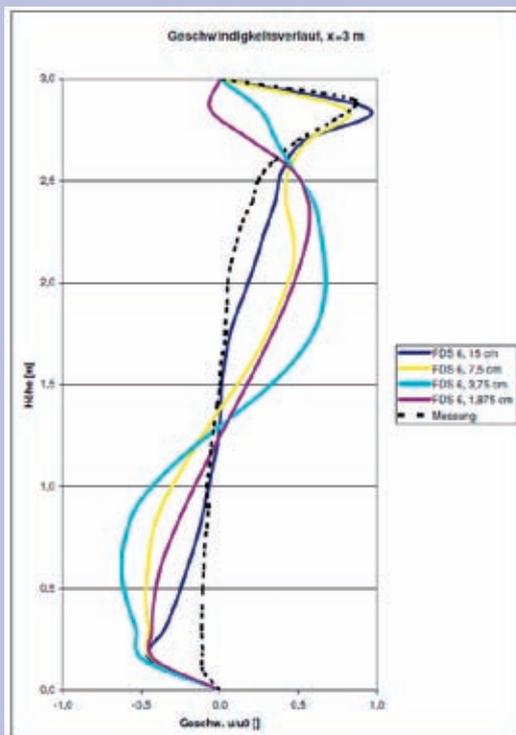
FDS 6



FDS 5



FDS 6



Fazit



- 1 Testszenario <-> dutzende unterschiedliche Auslegungen und Auswertungen: mehrere Meshes, 2d, 3d, turbulente Einströmung in Vorlaufphase oder in numerischer Schnittstelle.
- Ungenaue Angaben zu Parametern wie der Diskretisierung, Mittelungen, Randbedingungen etc.
- Teilweise andere Parameter als FDS (turbulente Einströmung).
- Auch scheinbar einfache Untersuchungen können schnell komplex werden.
- Das Spektrum der Qualität der Ergebnisse reicht daraus resultierend von sehr gut bis sehr schlecht.

FDS|USERGROUP



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

FDS|USERGROUP

Dr. Andreas Vischer:

Wärmeübertragung auf und in Bauteilen - neue Modelle in FDS

Abstract:

Zunächst werden die Grundlagen der Wärmeübertragung zwischen Fluid und Festkörper erläutert. Es werden die Grundzüge der Wärmestrahlung, der Wärmekonvektion und der Wärmeleitung vorgestellt. Dabei wird insbesondere auf die in FDS verwendeten Modelle eingegangen und die unterschiedlichen vorhandenen und neuen Modelle der Wärmeübertragung erörtert. Darauf aufbauend erfolgt eine kurze Diskussion der Unterschiede zwischen den bisherigen und den geänderten Modellen. Ergänzend werden die verwendeten Modelle der Wärmeübertragung beim neuen von mir entwickelten Sub-Modell zur Berechnung der 3D-Wärmeübertragung in Bauteilen vorgestellt und auf Unterschiede eingegangen. Als Nächstes werden die möglichen Eingabeparameter und Steuerungsparameter der unterschiedlichen Eingabemethoden von Einbauten sowie der Berechnungsmodelle in FDS erläutert. Besonders wird dabei auf die Möglichkeiten der Modellierung von Wänden und deren Oberflächen eingegangen. Die Ergebnisausgaben von Temperaturen und Wärmeströmen auf der Oberfläche und innerhalb von Bauteilen werden erörtert und auf Besonderheiten und mögliche Fehlerquellen hingewiesen. Im Anschluss erfolgt eine Analyse der Ergebnisse unterschiedlicher Modelle anhand von Beispielrechnungen. Abschließend werden die Modelle der Wärmeübertragung noch einmal zusammengefasst sowie ein Ausblick für mögliche zukünftige Entwicklungen hinsichtlich der Wärmeübertragung in Bauteilen gegeben.

4. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

Wärmeübertragung auf und in Bauteilen – neue Modelle in FDS

Dr.-Ing. Andreas Vischer
- Abteilungsleiter Brandschutz -
Lindschulte Ingenieurgesellschaft mbH
Nordhorn



RWTH Aachen



Lehrstuhl für Mechanik und Baukonstruktionen



1



Gliederung des Vortrages

-  1. Einführung – Grundlagen der Wärmeübertragung
-  2. Modelle in FDS
-  3. Eigenes entwickeltes neues 3-D Modell für Bauteile
-  4. Eingabeparameter der Wärmeübertragung
-  5. Ergebnisausgaben
-  6. Zusammenfassung und Fazit

1. Wärmeübertragung - Wärmeleitung



- Definition: Energietransport zwischen Molekülen aufgrund eines Temperaturgradienten



- Temperaturgradient: $\text{grad } \vartheta = \nabla \vartheta = e_1 \frac{\partial \vartheta}{\partial x_1} + e_2 \frac{\partial \vartheta}{\partial x_2} + e_3 \frac{\partial \vartheta}{\partial x_3}$



- Gesetz von Fourier: $\dot{q}(x,t) = -\lambda \text{ grad } \vartheta(x,t)$



- Energieerhaltung: $\frac{dU}{dt} = \dot{Q}(t) + P(t)$

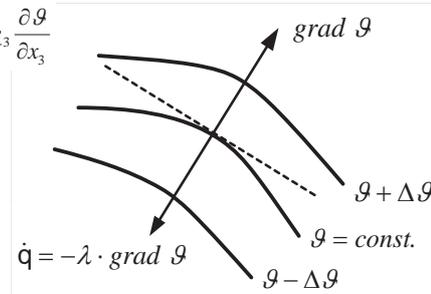
→ Allgemeine Wärmeleitungsgleichung:

$$c(\vartheta) \rho \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \lambda(\vartheta) \nabla^2 \vartheta + \frac{d\lambda}{d\vartheta} \text{grad}^2 \vartheta + \dot{W}$$



→ bei kartesischen Koordinaten und ohne innere Wärmequellen

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} \right) \quad \text{mit } a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$$



1. Wärmeübertragung – Wärmestrahlung und Wärmekonvektion



- Definition: Übertragung von Wärmeenergie durch elektromagnetische Wellen

- Einfallender Energiestrom teilt sich auf in Reflexion, Absorption und Transmission



- Spezifische Ausstrahlung: $M(T) = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \int_{\varphi} L_{\lambda}(\lambda, \beta, \varphi, T) \cdot \cos \beta \, d\varpi \, d\lambda$



- Gesetz von Stefan und Boltzman; Ausstrahlung des schwarzen Körpers:

$$M_S(T) = \sigma \cdot T^4 \quad \sigma = 5,6704 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$$



- Gesetz von Kirchhoff (spektr. Strahldichte):

$$L_{\lambda}(\lambda, \beta, \varphi, T) = \alpha_{\lambda}(\lambda, \beta, \varphi, T) \cdot L_{\lambda S}(\lambda, T)$$

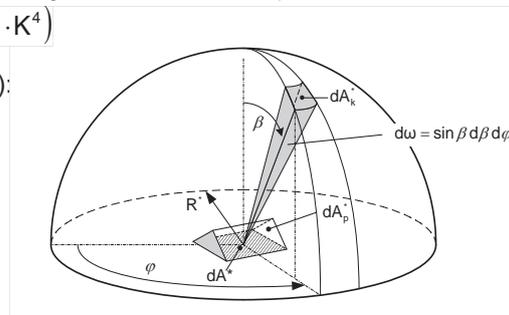


→ spez. Ausstrahlung „realer“ Körper:

$$M(T) = \varepsilon(T) \cdot M_S(T) = \varepsilon(T) \cdot \sigma \cdot T^4$$



- Emissionsgrade lassen sich in Abhängigkeit von der Temperatur bestimmen



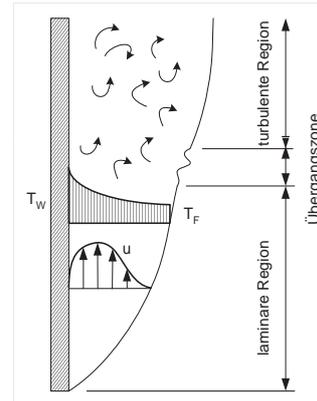
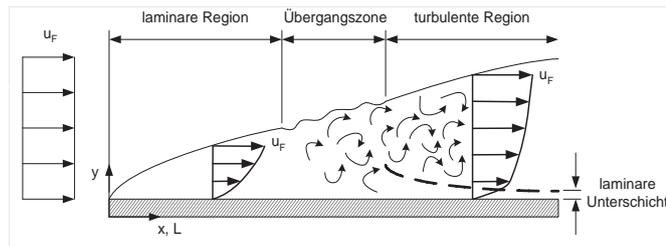
1. Grundlagen Wärmeübertragung –Wärmekonvektion



- Definition: Übertragung der Wärmeenergie durch Strömung
- abhängig von z. B. Strömungsart- und Geschwindigkeit, Medium, Temperatur etc.



erzwungene Strömung, Ausbildung der Grenzschicht:



freie, natürliche Strömung, Ausbildung der Grenzschicht:



→ Beschreibung der Eigenschaften durch die Ähnlichkeitstheorie von Nusselt (1910)

2. Modelle in FDS



- Wärmeleitung in Bauteilen wird 1-D berechnet
- Wärmeübertragung auf Bauteile erfolgt über Wärmestrahlung und Wärmekonvektion



- Wärmestrahlung (Vereinfachungen in FDS):



- Linearisierung des Strahlungsstroms zum Bauteil:

$$\varepsilon \cdot \sigma \cdot T_{n+1}^4 = \varepsilon \cdot \sigma \cdot \left(T_n^4 + 4 \cdot T_n^3 (T_{n+1} - T_n) \right)$$

n: alter
n+1: neuer Zeitschritt



- Berechnung der Strahlung durch:



- Grauer Körper Modell (1 Wellenbereich) oder Wide Band (6 oder 9 Wellenlängenbänder) Modell → mehr Rechenkapazität

- mit 100 Raumwinkeln (NUMBER_RADIATION_ANGLES)



- Eingabe des Emissionsgrades (EMISSIVITY) über SURF-Befehl

2. Modelle in FDS



- Wärme konvektion (Vereinfachungen in FDS):



- empirische Formeln für den **Wärmeübergangskoeffizienten α**
- freie Konvektion (nach Holman bei moderaten Temperaturen):

Vertikale Oberfläche: $\alpha = 1,31 \cdot (\Delta T)^{1/3}$

Horizontale Oberfläche: $\alpha = 1,52 \cdot (\Delta T)^{1/3}$



- Erzwungene Konvektion (üblich mehrere Literaturquellen):



$$\alpha_{\text{erzwungen}} = \frac{\lambda}{L} \cdot 0,037 \cdot \text{Re}^{4/5} \cdot \text{Pr}^{1/3}$$

- Maximum aus beiden Werten!



- Eingabe von CONVECTIVE_HEAT_FLUX und H_FIXED (MISC) möglich



2. Modelle in FDS



- Wärme konvektion (neue Modelle in FDS):



- Eingabe von C_FORCED, C_HORIZONTAL und C_VERTICAL über MISC-Befehl
- Eingabe von H_FIXED und ROUGHNESS über SURF-Befehl
- Weitere neue Parameter:



- FREE_SLIP
- NO_SLIP
- GEOMETRY
- (LENGTH und WIDTH)



- Neue Modelle für erzwungene Konvektion (noch keine Beschreibung bisher nur Geschwindigkeitsrandbedingung):



- WERNER WENGLER Modell (glatte Wände)
- LOG LAW Modell (rauhe Wände)
- Weitere Testmodelle im Code (H_EDDY, CHILTON_COLBURN)



2. Werner und Wengle Modell (glatte Wände)



- Berechnung der Geschwindigkeitsrandbedingungen mit
 - Reibungsgeschwindigkeit als Skalierungsgröße $u^* \equiv \sqrt{\tau_w / \rho}$
 - dimensionsloser Geschwindigkeit $u^+ \equiv u / u^*$
 - dimensionslosem Abstand $z^+ \equiv z / l$
 - charakteristischen Länge l (GEOMETRY) $l = \mu / (\rho u^*)$
 - Kartesisch: 1,0 bzw. Länge wenn Länge > 0 bzw. $(\text{Länge}^2 + \text{Breite}^2)^{0,5}$ wenn Breite > 0
 - Zylindrisch: $\pi \times$ Radius
 - Sphärisch: $2 \times$ Radius
- Gesetz nach Pope u.a.:

$u^+ = z^+$	für $z^+ < 5$
$u^+ = 2,4 \cdot \ln z^+ + 5,2$	für $z^+ > 30$
- für $5 < z^+ < 30$ sowohl die Reibungskräfte als auch die Trägheitskräfte wichtig
- für $z^+ > 30$ wird die Reynoldszahl entscheidend

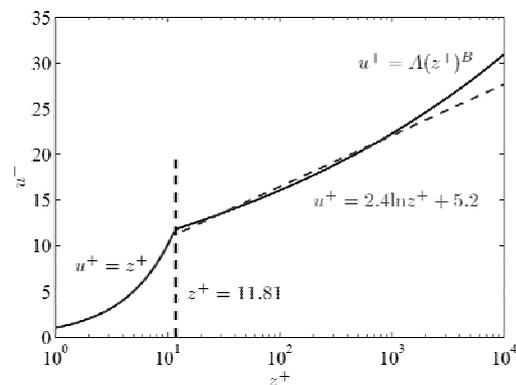
2. Werner und Wengle Modell (glatte Wände)



- Vereinfachungen für die Übergangsregion (Spannungen aus Reibung und Trägheit):

$u^+ = z^+$	für $z^+ \leq 11,81$
$u^+ = A(z^+)^B$	für $z^+ > 11,81$, $A = 8,3$ und $B = 1/7$

- Vergleich Gesetz von Pope mit Vereinfachung nach Werner und Wengle: (FDS Technical Reference)



2. Werner und Wengle Modell (glatte Wände)



Umsetzung in FDS:



$$|\tau_w| = \frac{2\bar{\mu}|u|}{\delta z} \quad \text{for } z^+ \leq 11.81$$

$$|\tau_w| = \bar{\rho} \left[\alpha \left(\frac{\bar{\mu}}{\bar{\rho}\delta z} \right)^\beta + \eta \left(\frac{\bar{\mu}}{\bar{\rho}\delta z} \right)^B |u| \right]^\gamma \quad \text{for } z^+ > 11.81$$



3D



XYZ



T Q v

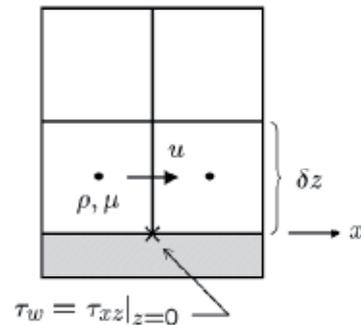


$$\alpha = \frac{1-B}{2} A^{\frac{1+B}{1-B}}$$

$$\beta = 1+B$$

$$\eta = \frac{1+B}{A}$$

$$\gamma = \frac{2}{1+B}$$



Wärmeübertragung auf und in Bauteilen – neue Modelle in FDS
Dr.-Ing. Andreas Vischer

Folie 11

2. Raue Wände



- Log-Gesetz für raue Wände nach Pope:

$$u^+ = \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) + \tilde{B}$$



- Kappa = 0,41 (Kármán Konstante)



3D

- z_0 =Rauigkeit (ROUGHNESS), z =halbe Zellgröße der 1. Gaszelle

- $B = 7,44$ (konstant gesetzt, gemäß FDS Verifikation)



XYZ

- Reibungsspannung:

$$\tau_w = \bar{\rho} \left(\frac{u}{2.44 \ln(0.5 \delta z / z_0) + 7.44} \right)^2$$



T Q v



- Im Übergangsbereich zwischen glatten und rauen Wänden wird das Maximum der Spannungen bei glatten und rauen Wänden ermittelt!

Wärmeübertragung auf und in Bauteilen – neue Modelle in FDS
Dr.-Ing. Andreas Vischer

Folie 12

2. neue Modelle - Einstellungen



- DNS Berechnungen:

Grenzschicht wird aufgelöst und Geschwindigkeitsgradient wird direkt bestimmt (NO_SLIP=.TRUE.)



- LES Berechnungen:



- Voreinstellung: altes Modell



- Werner und Wengle Modell bzw. Log Modell (Maximum) für Geschwindigkeits-RB
- ROUGHNESS für Rauigkeit



- NO_SLIP für Tangentialgeschwindigkeit an der Oberfläche $u=0$
- FREE_SLIP freie Strömung (Geschwindigkeit) an der Oberfläche



- Ist Werner und Wengle Modell aktiviert, so wird der Wärmeübergangskoeffizient für die natürliche Konvektion zu Null gesetzt!

3. Eigenes entwickeltes neues 3-D Modell für Bauteile



- Wärmeleitung:

- wird 3-dimensional berechnet
- Berechnung von Temperaturen in kritischen Punkten (Rahmenecken) möglich
- Berechnung von Einbauten als ganze Objekte (nicht schichtweise)
- wird auch zwischen 2 Bauteilen berechnet
- Verbesserung der Berücksichtigung nichtlinearer temperaturabhängiger Parameter (Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität)
- Zeitschritt zur Berechnung der Wärmeleitung kann größer gewählt werden



- Wärmestrahlung:

- Linearisierung wird beibehalten
- allerdings wird Fehler bei der Linearisierung der Wärmestrahlungsgleichung deutlich reduziert



3. Eigenes entwickeltes neues 3-D Modell für Bauteile



- Wärmekonvektion:

- Gebräuchliche empirische Formeln bei freier Konvektion:



$$\alpha_{\text{frei}} = \begin{cases} \frac{\lambda}{L} \cdot 0,13 \cdot (\text{Gr} \cdot \text{Pr})^{1/3} & (1) \text{ vertikale Oberflächen} \\ \frac{\lambda}{L} \cdot 0,15 \cdot (\text{Gr} \cdot \text{Pr})^{1/3} & (2) \text{ horizontal warme Oberfläche zeigt nach oben bzw. kalte nach unten} \\ \frac{\lambda}{L} \cdot 0,27 \cdot (\text{Gr} \cdot \text{Pr})^{1/4} & (3) \text{ horizontal warme Oberfläche zeigt nach unten bzw. kalte nach oben} \end{cases}$$



- Grashof-Zahl:

$$\text{Gr} := \frac{g \cdot \beta \cdot (T_w - T_f) \cdot L^3}{\nu^2}$$

- Prandtl-Zahl:

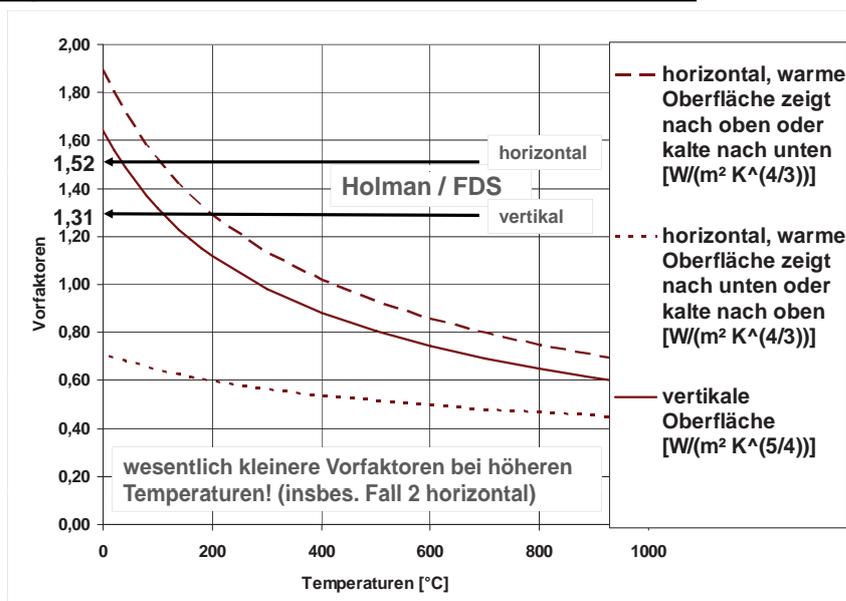
ca. 0,7 für Luft über einen großen Temperaturbereich



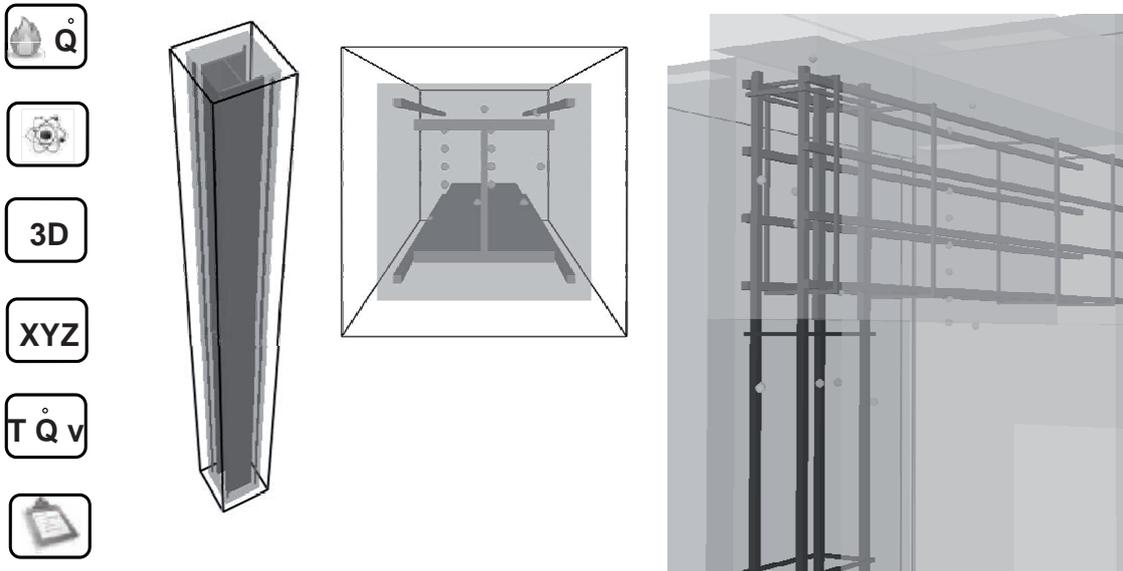
→ dadurch genauere Berücksichtigung der Richtung des Wärmestromes



3. Vergleich Vorfaktoren 3D-Modell und FDS



3. neues 3-D Modell für Bauteile– Beispiele 3-D Eingabe



Wärmeübertragung auf und in Bauteilen – neue Modelle in FDS
Dr.-Ing. Andreas Vischer

Folie 17

4. Eingabeparameter der Wärmeübertragung

- Aktivierung des 3-D Modells über OBST-Line: D3HT=.TRUE.
- Weitere Parameter in Anleitungen
- Einbauten (OBSTructions):
 - SURF_ID, SURF_IDS (top,side,bottom), SURF_ID6
 - **Unterschiede ob Dicke < oder = oder > 1 Gitterzelle:**
 - Für Jet-Fans < 1 Zelle dick und POROUS=.TRUE. (VEL, VOLUME_FLUX)
 - Bei 3-D Objekten:

3D

|

1D

o.k.

> 1 Zelle dick

~~3D~~

|

~~1D~~
- Berechnung der Wärmedurchleitung durch Objekte
- BACKING='EXPOSED' < oder = 1 Zelle dick
-

Wärmeübertragung auf und in Bauteilen – neue Modelle in FDS
Dr.-Ing. Andreas Vischer

Folie 18

4. Eingabeparameter der Wärmeübertragung



SURF-Parameter:

- Aufbau in Schichten von außen nach innen
- Jede Schicht kann aus mehreren Materialien bestehen
- Wärmeleitfähigkeit, Dichte und spez. Wärme einer Schicht werden entsprechend ihren Anteilen bestimmt



3D

Spezial SURF-Parameter:



- BURN_AWAY Oberfläche verschwindet, wenn Masse verbrannt
- Berechnung der Masse Masse = Summe (Layer-Dichten x Layerdicken)



- SURFACE_DENSITY Masse = SURFACE_DENSITY x Oberfläche
- BULK_DENSITY (OBST) Masse = BULK_DENSITY x Abmessungen



- IGNITION_TEMPERATURE Entzündungstemperatur
- LAYER_DIVIDE zur Identifizierung undurchlässiger Layer für Brennstofffreigabe

4. Eingabeparameter der Wärmeübertragung



- Randbedingungen für Oberflächen:

- ADIABATIC: kein Wärmestrom in Richtung Festkörper
- BACKING: EXPOSED (Wärmedurchleitung)
INSULATED (keine Wärmeverluste auf der „Rückseite“)
VOID („Rückseite“ hat 20° bzw. TMP_BACK)



3D

- Anfangstemperatur: TMP_INNER bzw. TMPA
- Konvektiver Wärmeübergangskoeffizient: H_FIXED
- Emissionsgrad der Oberfläche: EMISSIVITY



- Wärmeströme:
CONVECTIVE_HEAT_FLUX, EXTERNAL_HEAT_FLUX, NET_HEAT_FLUX,
HRRPUA, TAU_Q, RAMP_Q



- Massenströme:
MASS_FLUX(I), MASS_FLUX_TOTAL, MLRPUA, TAU_MF(I), RAMP_MF(I)



- Geschwindigkeitsrandbedingungen:
VEL, VEL_T, VOLUME_FLUX, TAU_V, RAMP_V, PROFILE

5. Ergebnisausgaben



- Neues 3-D Modell:
 - Messketteneingabe möglich mit IOR und PATH



- Temperaturen in Mittelpunkten der 3-D Zellen
- Geometrie bzw. Lage der Mittelpunkte wird im .out-File ausgegeben



- Parameter für Ergebnisausgaben in Bauteilen:



- Temperaturen im Inneren werden in den Mittelachsen der Layer bestimmt
- STRETCH_FACTOR = 2 (Standard), =1 bedeutet gleiche Zellgrößen



- CELL_SIZE_FACTOR = 1

$$\text{Anfangsschichtdicke} = \text{CELL_SIZE_FACTOR} \cdot \sqrt{\lambda/c \cdot \rho}$$

- Achtung bei Benutzung von: INSIDE WALL TEMPERATURE (IOR, DEPTH)



5. Ergebnisausgaben – Wärmeströme und Temperaturen



- Wärmeströme
 - Konvektiver Wärmestrom: CONVECTIVE HEAT FLUX



- Strahlungswärmestrom: RADIATIVE HEAT FLUX
- Konv. Wärmestrom + Strahlungswärmestrom = NET HEAT FLUX



- GAUGE HEAT FLUX (z.B. für Messgeräte, Sensoren)



- Temperaturen:
 - ADIABATIC SURFACE TEMPERATURE (evtl. für weitere Berechnungen)

- WALL TEMPERATURE



- INSIDE WALL TEMPERATURE
- BACK WALL TEMPERATURE (BACKING='EXPOSED')



- GAS TEMPERATURE

5. Ergebnisausgaben – Wärmeströme und Temperaturen



- Geschwindigkeiten
- NORMAL VELOCITY



- für Option der Verbrennung (reagierende Oberfläche)



- WALL THICKNESS
- SURFACE DENSITY



- SOLID DENSITY



- Weitere Ausgaben
- HEAT TRANSFER COEFFICIENT



- EMISSIVITY (konst.)

6. Zusammenfassung und Fazit



- Grundlagen der Wärmeleitung, Wärmekonvektion und Wärmestrahlung



- Neue und alte Modelle der Wärmeübertragung auf und in Bauteilen
- Vorteile des neuen 3-D Modells



- Wichtige Eingabeparameter für die Wärmeübertragung
- Hinweis auf wesentliche Probleme und Fehler



- Weitere Forschung:
 - Vergleich zwischen alten und neuen Modellen



- temperaturabhängige Emissionsgrade



- Kontakt mit Haupt-Entwicklern vom NIST besteht und das 3-D Modell wird derzeit implementiert!



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.brandschutz.lindschulte.de

Dr. Christoph Klinzmann:

Berücksichtigung von abwehrenden und anlagentechnischen Maßnahmen in Bemessungsbränden

Abstract:

Im Rahmen von schutzzielorientierten Brandschutzkonzepten werden immer häufiger auch Ingenieurmethoden, d.h. vor allem auch Rauchgassimulation z. B. mit FDS für den Nachweis bestimmter Fragestellungen - etwa für Nachweise einer ausreichenden Rauchableitung oder für die Bauteilbemessung - eingesetzt. Dies hat den Vorteil, dass realistische Naturbrandszenarien und die individuellen Randbedingungen des jeweiligen Gebäudes vor allem hinsichtlich Geometrie und Ventilation berücksichtigt werden können.

In Sonderbauten werden neben baulichen Brandschutzmaßnahmen auch vermehrt anlagentechnische Installationen vorgesehen, die Schutzziele gewährleisten und besondere Risiken oder Abweichungen gegenüber baurechtlichen Vorschriften kompensieren. Darüber hinaus hat auch die Feuerwehr, sobald sie den Brandherd erreicht hat und mit den Löschmaßnahmen beginnen kann, einen erheblichen Einfluss auf das Brandereignis. Abwehrende und anlagentechnische Maßnahmen können daher zweifelsohne einen erheblichen Einfluss auf das Sicherheitsniveau haben. Die direkte Berücksichtigung der Wirkung beider Arten von Schutzmaßnahmen im Bemessungsbrand ist für den Nachweis mit Ingenieurmethoden problematisch. Dies liegt einerseits an der Tatsache, dass es sich bei anlagentechnischen Maßnahmen um technische Systeme handelt, die nie hundertprozentig ausfallsicher sein können, andererseits kann aber auch die Feuerwehr nicht jeden Brand so beherrschen, dass er sich nicht ausbreitet.

Im Vortrag soll beleuchtet werden wie und bei welchen Schutzzielen abwehrende und anlagentechnische Schutzmaßnahmen bei Bemessungsbränden berücksichtigt werden können.

Berücksichtigung von abwehrenden und anlagentechnischen Maßnahmen in Bemessungsbränden

Dr. Christoph Klinzmann
Geschäftsbereich Ingenieurmethoden
hhpberlin Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hamburg

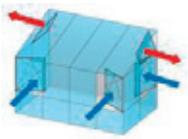
Überblick

- Wie und wann können abwehrende und anlagentechnische Schutzmaßnahmen in Bemessungsbränden berücksichtigt werden? Wo liegen Probleme?
 - Auswirkungen von Schutzmaßnahmen auf Naturbrände
 - Nachzuweisende Schutzziele
 - Quantifizierung des Sicherheitsniveaus für die brandschutztechnische Bemessung (Heißbemessung)
 - Rückschlüsse auf andere Schutzziele

Einleitung

Der „Bemessungsbrand“ muss die wesentlichen Randbedingungen eines möglichen Feuers abbilden.

Ventilation



Brandlast



Geometrie



Anlagentechnische
und abwehrende
Brandschutz-
maßnahmen

3



Brandmeldeanlagen

Löschanlagen



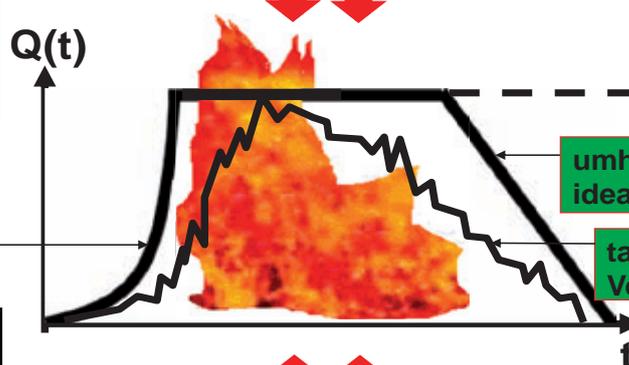
$Q(t)$

t^2 -Ansatz



Rauch- und
Wärmeabzugsanlagen

Feuerwehren



umhüllende Kurve,
idealisiert

tatsächlicher
Verlauf

4

➤ Feuerwehren

- Ab dem Zeitpunkt des Löscheinsatzes wird die Wärme-freisetzung reduziert und die Brandausbreitung verhindert
- Der Zeitpunkt des Löscheinsatzes einer Feuerwehr ist sehr variabel und streuend (unterschiedliche Distanzen, Verkehrsstaus, Position des Brandherdes, andere Aufgaben,..)
- ➔ Berücksichtigung im Bemessungsbrand muss situationsabhängig entschieden werden (abhängig vom Schutzziel!)



5

➤ Brandmeldeanlagen

- Brandmeldeanlagen können ein Feuer nicht direkt beeinflussen
- Eine kürzere Eingreifzeit erhöht die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Brandbekämpfung
- Brandmeldeanlagen reduzieren mit Aufschaltung verkürzen im Regelfall die Zeitspanne bis zum Eingreifen der Feuerwehr (Vornahmezeit).
- Die Menge der insgesamt freigesetzten Wärme wird reduziert



6

Automatische Löschanlagen

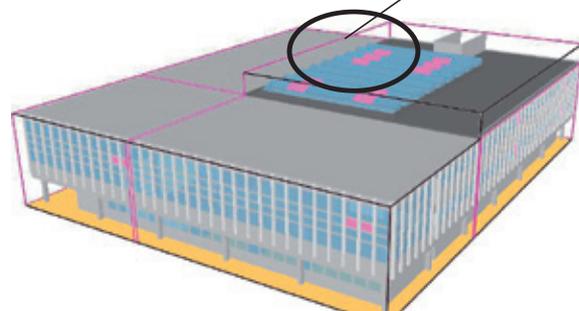
- Löschanlagen reduzieren in der Regel die Wärmefreisetzung erheblich
- Das Ausmaß hängt maßgeblich vom Aktivierungszeitpunkt der Sprinklerköpfe ab
 - Response Time Index (RTI)
 - Raumhöhe
 - Abstand des Sprinklerkopfes zum Feuerplume
 - Geschwindigkeit der Brandentwicklung



7

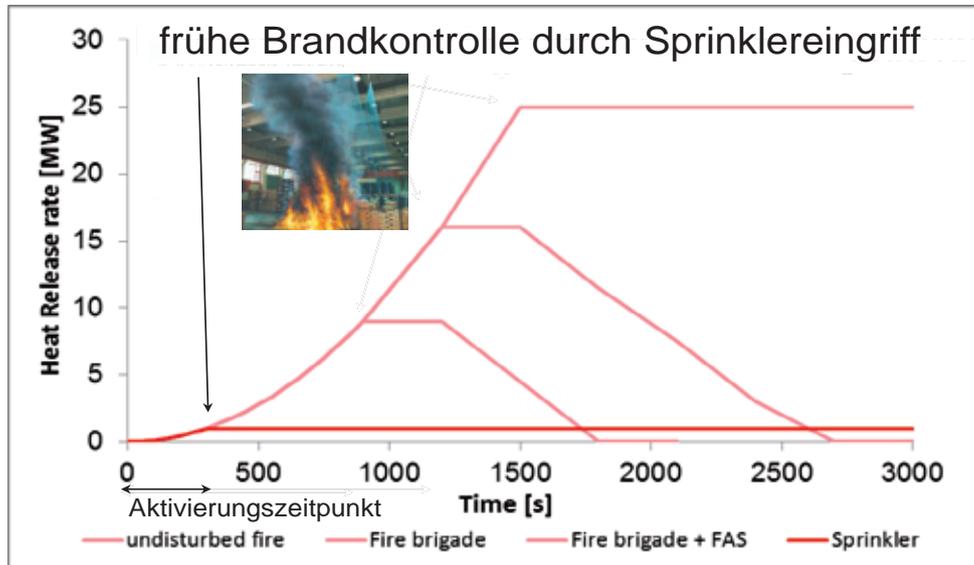
Rauch- und Wärmeabzüge

- In der Regel haben RWAs keinen direkten Einfluss auf die Wärmefreisetzung
- Sie haben vielmehr Auswirkungen auf die Konsequenzen von Bränden
 - Höhe der rauchfreien Schicht
 - Niedrigere Raumtemperatur
- Müssen über die Ventilationsrandbedingungen berücksichtigt werden



8

Beispielwärmefreisetzungsrate



9

Berücksichtigung im Bemessungsbrand

Ist die direkte Berücksichtigung der Maßnahmen auf die Wärmefreisetzungsrate immer richtig? - in seltenen Fällen können Schutzmaßnahmen ausfallen oder nicht wirksam sein

- aus technischen Gründen, z. B. mangelhafte Wartung oder auch Planung (Sprinkleranlagen, BMA, Wärmeabzüge)
- durch unvorhersehbare Ereignisse (Verkehrsstaus, die die Eingreifzeit der Feuerwehr erhöhen, Unterlaufen von Sprinkleranlagen)

10

➤ Berücksichtigung im Bemessungsbrand

- Die Annahme, dass die abwehrenden und anlagentechnischen Maßnahmen immer wirksam sind kann je nach Höhe der Ausfallwahrscheinlichkeit zur Überschätzung des Sicherheitsniveaus führen
- Beispiel Sprinkleranlage, ungeschützte Stahlkonstruktion
 - Im Funktionsfall: Konstruktion übersteht den Brand
 - Im Versagensfall: Konstruktion kann versagen
 - Ausfallwahrscheinlichkeit $p_f=0,02$ [1/a]
- Einschätzung abhängig vom Risiko ($R = p_f * \epsilon$)
- Schadensfolgen abhängig vom nachzuweisenden Schutzziel
- Berücksichtigung über ein Sicherheitskonzept

11

➤ Vergleich der Schutzziele

- Schutzziele
 - Brandschutztechnische Bemessung (Temperatur)
 - Personensicherheit (raucharme Schicht, $R_{set} < A_{set}$)
 - Wirksame Löscharbeiten (raucharme Schicht)
 - Nachweiskriterien und Randbedingungen unterschiedlich
 - Folgen eines eingestürzten Gebäudes \neq Folgen einer Unterschreitung einer raucharmen Schicht von 2,50 m
 - Unterschiedliche Zeitspannen werden untersucht: ein Bauteil muss einen Brand überstehen (z. B. 60-90 Minuten), die Entfluchtung ist in der Regel nach 10-20 Minuten zu Ende
- ➔ Erläuterung am Beispiel der brandschutztechnischen Bemessung

12

➤ Einfluss auf das Sicherheitsniveau

- Das Sicherheitsniveau kann durch probabilistische Analysen quantifiziert werden
- Beispiel Brandschutztechnische Bemessung
 - Die Wirkung der anlagentechnischen und abwehrenden Schutzmaßnahmen wird in einfachen Modellen abgebildet
 - Die Ausfallwahrscheinlichkeit der Maßnahmen quantifizieren
 - Die gegenseitigen Abhängigkeiten der Schutzmaßnahmen in einer Ereignisablaufanalyse, überführen in ein Systemmodell
 - Das Sicherheitsniveau wird über die First-Order-Reliability Method (FORM) quantifiziert
[Zuverlässigkeitsindex β , Versagenswahrscheinlichkeit p_f]
(Grundlage für das Sicherheitskonzept in DIN EN 1991-1-2/NA)

13

➤ Ausfallwahrscheinlichkeit (EC 1-1-2/NA)

Löschmaßnahme	Ausfallwahrscheinlichkeit	
	p_2	p_3
Nutzer	0,5	
Öffentliche Feuerwehr (Vornahmezeit)		
< 15 min	0,2	
> 20 min	0,5	
Werkfeuerwehr (Vornahmezeit) *		
< 10 min (vier Staffeln)	0,02	
< 10 min (zwei Staffeln)	0,05	
Automatische Löschanlage		
Sprinkleranlage		
nach VdS/CEA Standard		0,02
in anderen Fällen		0,05
andere wasser-basierte Systeme		0,1
CO ₂ Löschanlagen		0,1
*) mit BMA		

14

Brandschutz der nächsten Generation hhpberlin
10 JAHRE

Ereignisablaufanalyse

Ereignis

Brandeintritt

Verfügbare Maßnahmen

Versagen / nicht verfügbar

Schutzmaßnahmen

Autom. LA, WFW, öFW

Mögliche Szenarien

Bauteil SZ 1, SZ 2a, SZ 2b, SZ 2c, SZ 3a, SZ 3b, SZ 3c, SZ 4

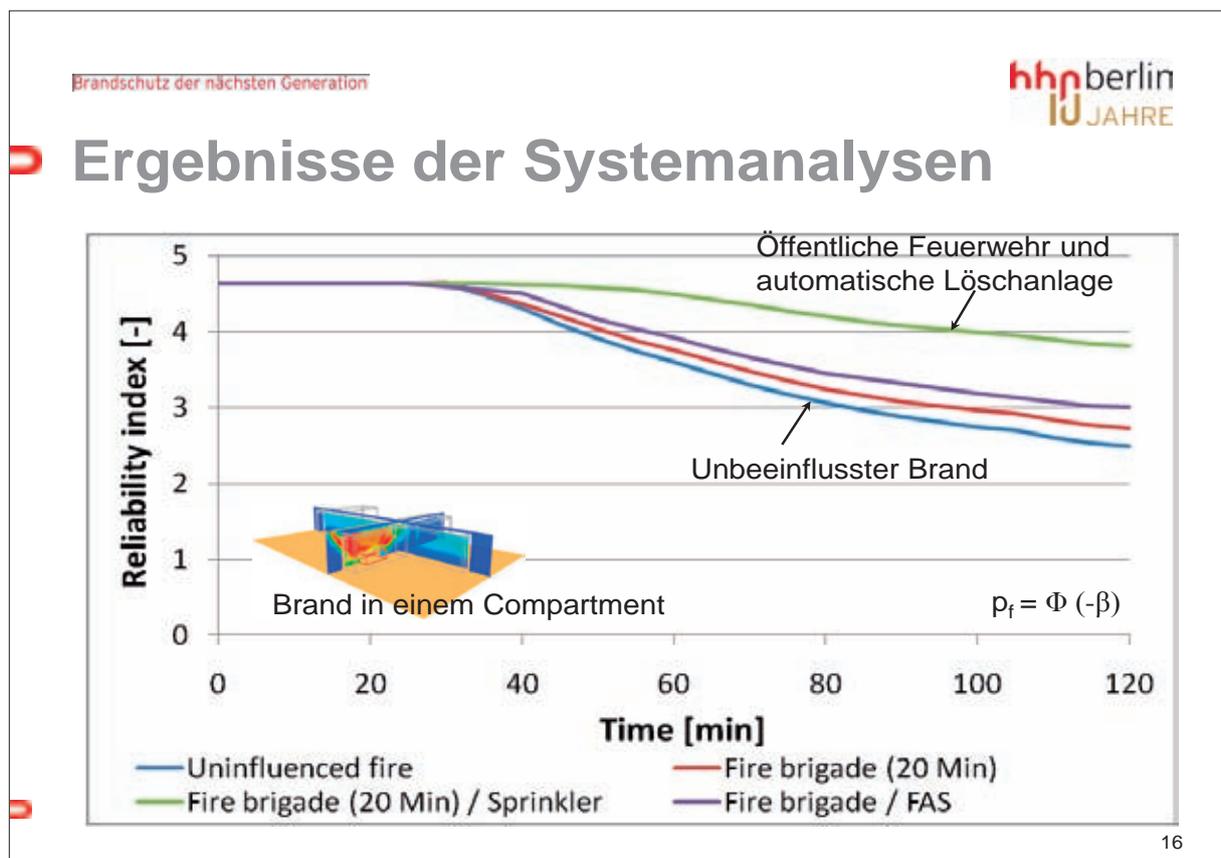
Gewonnene Information aus der Ereignisablaufanalyse

- Abhängigkeit der verschiedenen Maßnahmen untereinander, wird benötigt, für eine probabilistische Systemanalyse
- Anzahl der individuellen Szenarien aufgrund des möglichen Ausfalls der Maßnahmen
- Eintretenswahrscheinlichkeit der verschiedenen Szenarien, die sich aus der Ausfallwahrscheinlichkeit der Schutzmaßnahmen, ergeben

Legende

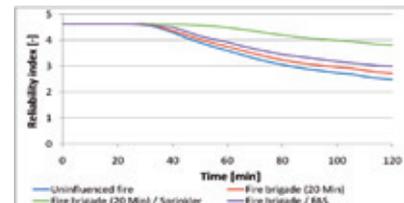
BMA : Brandmeldeanlage
 BM : Brandmeldung
 WFW : Werksfeuerwehr
 öFW : öffentliche Feuerwehr

15



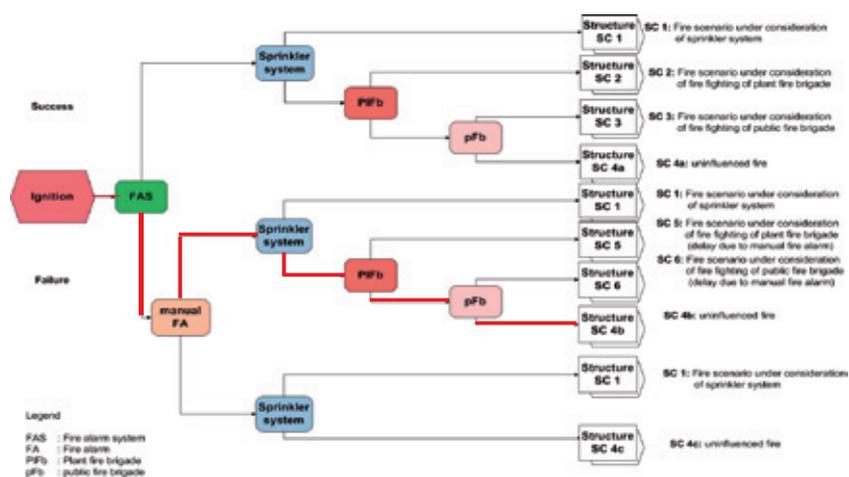
Ergebnisse der Systemanalysen

- Schutzmaßnahmen haben einen hohen Einfluss auf das Sicherheitsniveau
 - Unbeeinfl. Brand $\beta \sim 2.50$ ($p_{f,unbefl.} = 6.2E-3$)
 - Feuerwehr und Löschanlage $\beta \sim 3.85$ ($p_{f,Sprinkler} = 6.2E-5$)
- Aber: wird der Grenzzustand der Tragfähigkeit von Bauteilen betrachtet, fällt der Sicherheitsgewinn nicht so groß wie erhofft aus
- Wie können die Schutzmaßnahmen im Bemessungsbrand berücksichtigt werden ohne das Sicherheitsniveau abzusenken?



17

Weitere Ergebnisse

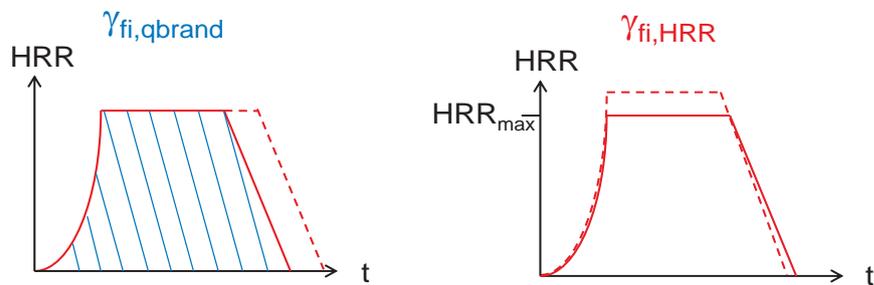


➔ Weitere Szenarien des Ereignisablaufs sind aufgrund der hohen Ausfallwahrscheinlichkeit nahezu irrelevant

18

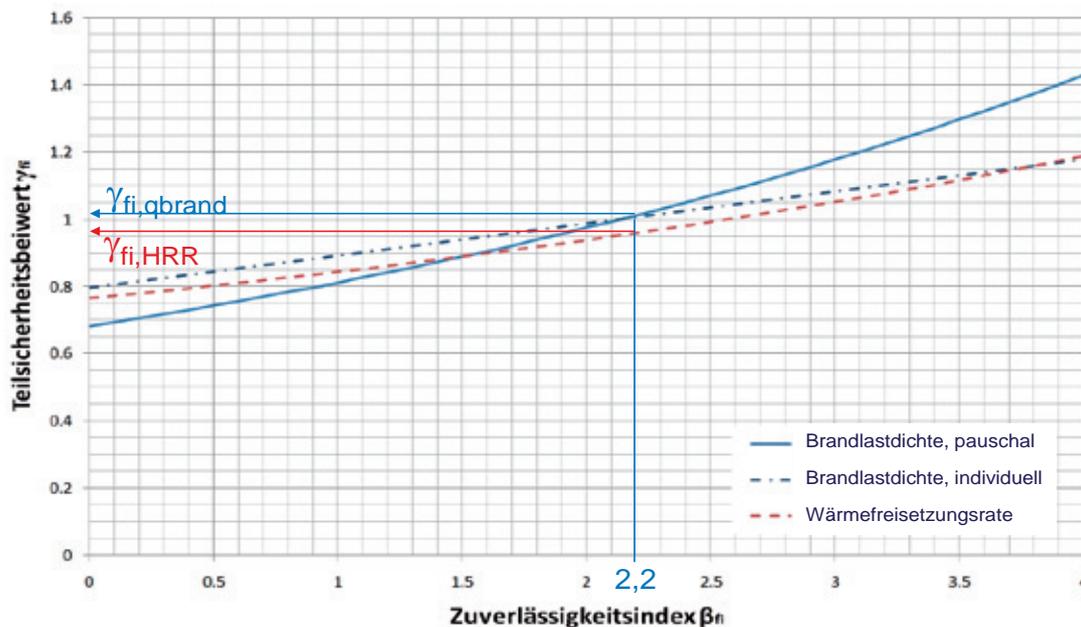
Berücksichtigung der Maßnahmen

- Sicherheitskonzept für die brandschutztechnische Bemessung (Grenzzustand der Tragfähigkeit)
 - Veröffentlicht in nationalen Anhang von Eurocode 1-1-2 (DIN EN 1991-1-2)
 - Bemessungsbrand basiert auf der Wärmefreisetzung des unbeeinflussten Brandes (90-% Fraktile von Q und max. HRR)
 - Teilsicherheitsbeiwerte für HRR und Q



19

Teilsicherheitsbeiwerte



20

➤ Beispiel: Bemessung Stahlträger

Stahlträger mit Brandschutzbekleidung in einer Lagerhalle
Vergleich von drei Schutzkonzepten

1. Option: Rein bauliches Konzept Kleine, entfernte Feuerwehr, keine Löschanlage	$\gamma_{fi,qbrand}=1,26$ $\gamma_{fi,HRR}=1,19$
2. Option: Berücksichtigung einer Sprinkleranlage Kleine, entfernte Feuerwehr, Sprinkleranlage	$\gamma_{fi,qbrand}=0,98$ $\gamma_{fi,HRR}=0,99$
3. Option: Sprinkleranlage + Werksfeuerwehr Sprinkleranlage, Werksfeuerwehr mit 2 Staffeln in 5 Minuten	$\gamma_{fi,qbrand}=0,79$ $\gamma_{fi,HRR}=0,85$

➔ Im Beispiel keine Brandschutzbekleidung mehr erforderlich

Das Sicherheitsniveau ist bei allen 3 Optionen gleich!

➤ Es kann die wirtschaftlichste Lösung gewählt werden

21

➤ Weitere Schutzziele

- Es existiert kein vergleichbares Sicherheitskonzept für die Nachweise der Personensicherheit und wirksamer Löscharbeiten ➔ Forschungsbedarf
- Probleme / Diskussionsbedarf :
 - Anders als bei einer Bauteilbemessung lassen sich die Wirkungen und Schadensfolgen nur bedingt beziffern (Wert eines Menschenlebens?)
 - Ort des Nachweises schwierig festzulegen (2,50 m raucharme Schicht im Brandraum, im Rettungsweg)
 - Es existieren nur bedingt vereinfachte Modelle

22

Vorgehensweise in der Praxis

- Berücksichtigung von Schutzmaßnahmen
 - Bei der brandschutztechnischen Bemessung: mit dem Sicherheitskonzept in Eurocode 1-1-2/NA, teilweise Begrenzung der Brandfläche erforderlich
 - Beim Nachweis der Personensicherheit und wirksamer Löschmaßnahmen: eigenes konservatives Sicherheitskonzept
 - Bemessungsbrand basiert auf dem $\alpha \cdot t^2$ Ansatz wie bei der brandschutztechnischen Bemessung
 - Führt zu einer konservativen Vorhersage der Rauchgasproduktion
 - Ignoriert die Schwellbrandphase
 - Die Ermittlung von konservativen Auslösezeiten für Sprinkleranlagen führt zu höheren Wärmefreisetzungsraten
 - Die Rauchgase von durch Sprinkleranlagen kontrollierten Bränden sind nicht so giftig verglichen mit unbeeinflussten Bränden, da Auswascheffekte in der Regel nicht berücksichtigt werden

23

Zusammenfassung

- Vorstellung von einfachen Modellen zur Berücksichtigung der abwehrenden und anlagentechnischen Maßnahmen in Bemessungsbränden
- Sensibilisierung für die ggf. mögliche Überschätzung des Sicherheitsniveaus, Einblicke in das Sicherheitskonzept von DIN EN 1991-1-2/NA
- Es besteht Forschungsbedarf für die Verbesserung des Sicherheitskonzepts und für Entwicklung weiterer Sicherheitskonzepte für andere Schutzziele
- Vorschläge / Diskussionsgrundlage von konservativen Festlegungen für Bemessungsbrände für die anderen Schutzziele

24

Brandschutz der nächsten Generation

hhpberlin
10 JAHRE

Ausblick

- Forschungs- und Entwicklungsbedarf
 - Sicherheitskonzept für Bemessungsbrände anderer Schutzziele als der brandschutztechnischen Bemessung
 - Verbesserung des bestehenden Sicherheitskonzeptes für die brandschutztechnische Bemessung
 - Brandfläche ist nicht begrenzt, theoretisch brennt immer der ganze Raum (Flugzeughangar, Industriehalle?)

25

Brandschutz der nächsten Generation

hhpberlin

Kontaktinformationen

hhpberlin Ingenieure für Brandschutz GmbH

Rotherstraße 19
10245 Berlin

Fraunhoferstraße 6
80469 München

Kurze Mühren 20
20095 Hamburg

Wilhelm-Leuschner-Straße 41
60329 Frankfurt am Main

Phone: +49 (30) 89 59 55-0
Fax: +49 (30) 89 59 55-100

Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Margot Ehrlicher
Dipl.-Inf. BW (VWA) Stefan Truthän
Dipl.-Ing. Karsten Foth

Prokurist:
Dipl.-Ing. Harald Niemöller

Beirat:
Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hosser
Dr.-Ing. Karl-Heinz Schubert

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.de

Amtsgericht
Berlin Charlottenburg
HRB 78 927

Deutsche Bank P+G AG
BLZ 100 700 24
Konto-Nr. 1419100
IBAN-Nr. DE52100700240141910000
Swift-Code: DEUTDE33HAN
Ust-IdNr. DE217656065

Prof. Bjarne Husted:

Analysis of turbulent fluctuations in a 1/3 scale room corner using FFT

Abstract:

Experiments have been performed in a 1/3 scale room corner. Temperatures have been measured with thermocouples and the velocities have been measured in the door opening with bi-directional probes. The velocity data has been sampled with a high frequency. These results have been compared with simulations in FDS at different grid resolutions. The energy spectrum of the turbulence in both the experiments and simulations has been analysed and compared using Fast Fourier Transformation (FFT). This has also been related to the new way that turbulence can be characterised, calculating how much of the turbulent energy that are handled by the sub-grid model (setting CHECK_KINETIC_ENERGY=.TRUE. and looking at the new variable quantity <TURBULENCE RESOLUTION>). The findings have been related to the exiting way of looking at grid resolution using $4 < D^*/DX < 16$.

Analysis of turbulent fluctuations in a 1/3 scale room corner using FFT

Dr.-Ing. Bjarne Husted

Dipl.-Ing. Arjen Kraaijeveld

Dipl.-Phys. Gisle Kleppe

Stord/Haugesund University College (HSH)

www.hsh.no



www.hsh.no

1/22

Agenda

- 1) Why do this work
- 2) A few words about turbulence
- 3) Experimental setup
- 4) Grid size in FDS
- 5) FDS setup
- 6) FFT analysis of velocity fluctuations
- 7) Conclusion



www.hsh.no

2/22

LES og DNS

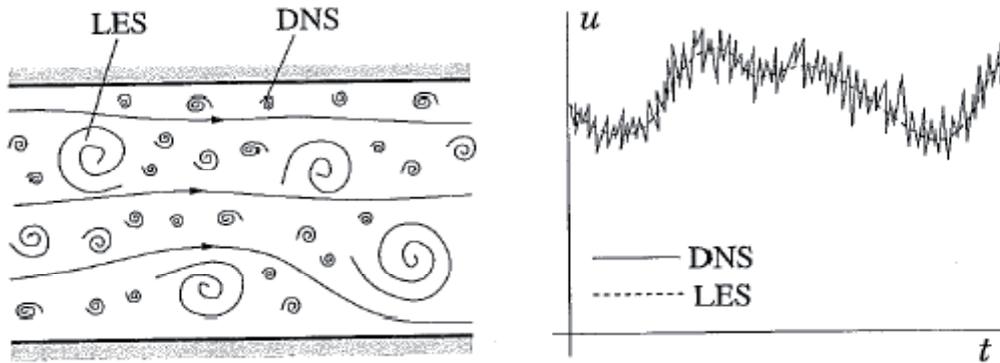
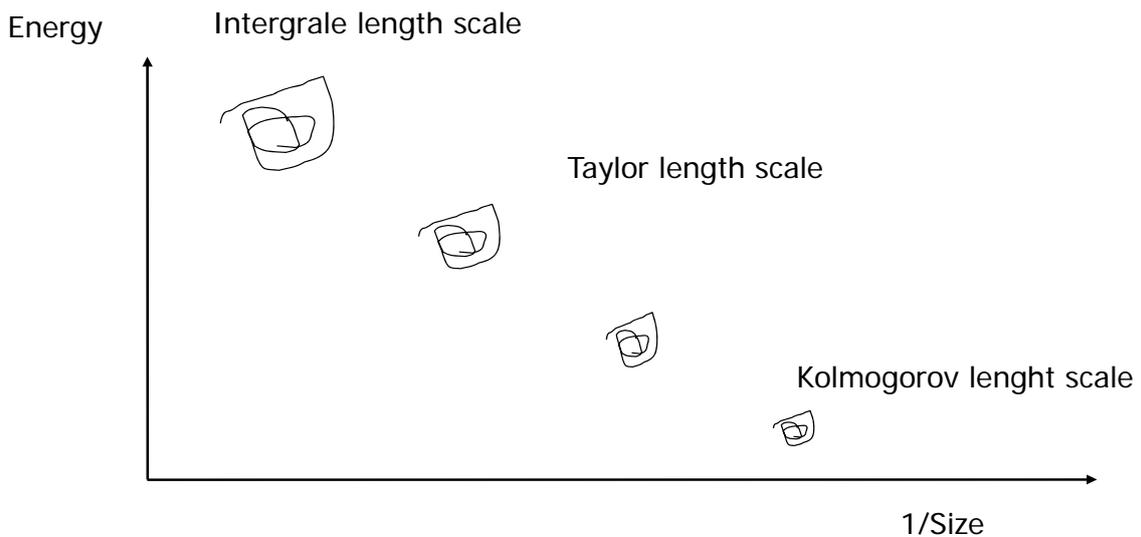
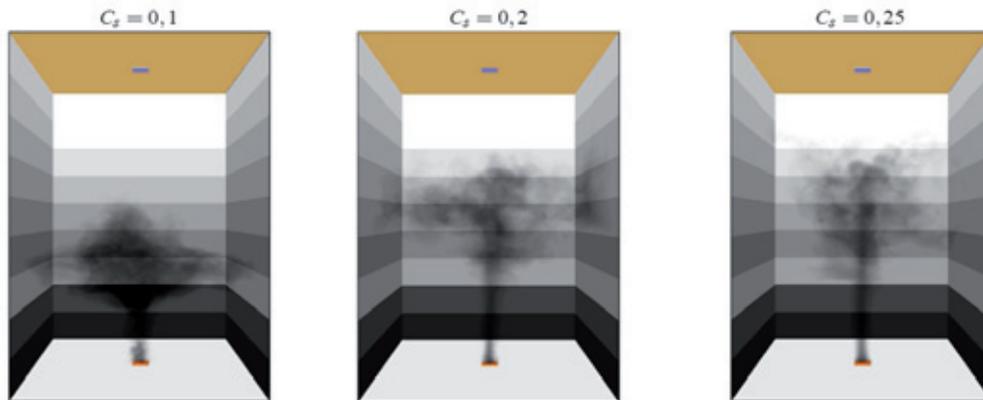


Fig. 9.3. Schematic representation of turbulent motion (left) and the time dependence of a velocity component at a point (right)

Turbulence cascade



Smoke filling with different values of the Smagorinsky constant, C_s



Figur M.11: Røglagets udvikling efter 40 sekunders 14x14 cm 50 W brand. De tre brande har forskellige Smagorinsky konstanter, og fra venstre af, antager de værdierne 0,1, 0,2 og 0,25.

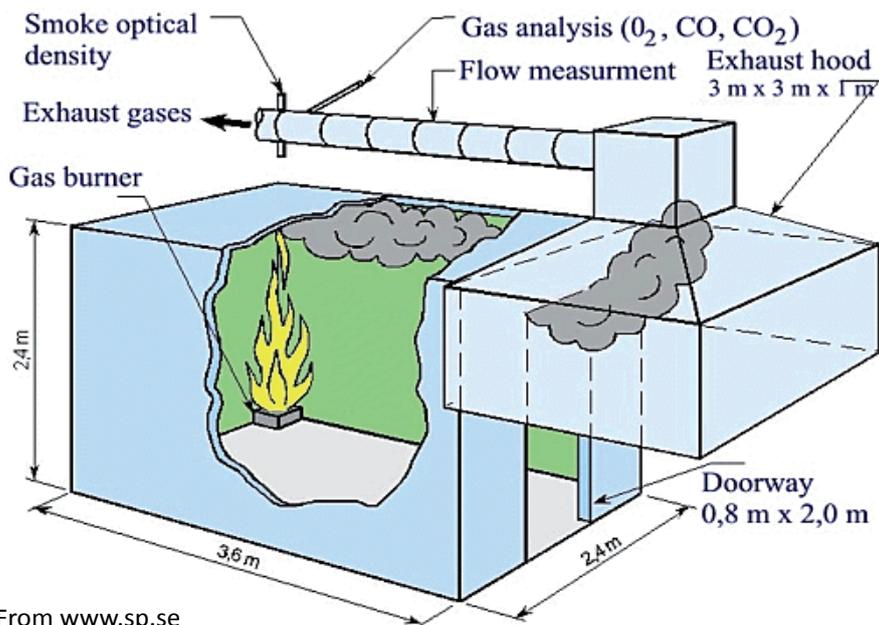


STORD/HAUGESUND UNIVERSITY COLLEGE

www.hsh.no

5/22

Full size room corner, ISO 9705



From www.sp.se



STORD/HAUGESUND UNIVERSITY COLLEGE

www.hsh.no

6/22

Full scale and 1/3 scale at HSH



100 x 70 x 80 cm
Door 25 x 60 cm

Experimental setup

Heptane

20 cm x 20 cm tray

Placed close to back wall, center

Measurements

Temperatures

Velocities in opening at 6 cm and 46 cm (sampling frequency 1000 Hz, 1 mS)

Total heat flux at centre of floor

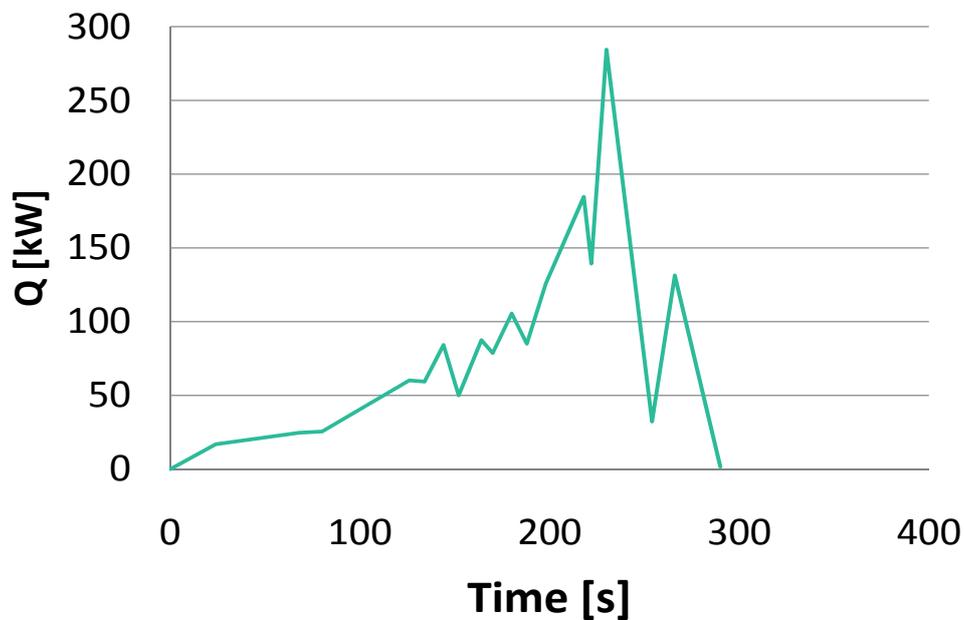
Radiation at centre of floor

Measurement of velocities in opening with bi-directional probes



STORD/HAUGESUND UNIVERSITY COLLEGE

Heat release in Fire (90 % efficiency)



STORD/HAUGESUND UNIVERSITY COLLEGE

www.hsh.no

10/22

How to determine mesh quality

- Use the criterion given by
- $4 < dx^* / dx < 16$
- See Interflam paper by Cox and Kumar,
 - Mesh calculator on website of K. Overholt
 - Assuming 100 kW, $dx^* = 0.38$ m
- New method introduced in FDS 5.5.
 - Within the last year. (Now also described in the User Guide)



New criteria for turbulence (grid)

- Fraction of unresolved turbulent kinetic energy, - MTR. Pope criterion.
- Fraction of unresolved scalar energy, MSR
- A wavelet-based error measure. VEM



FDS setup

2 simulations carried out

FDS version 5.5.3, 300 s simulation time

50 mm grid, 13440 cells, DT=0.005 s (1 hour)

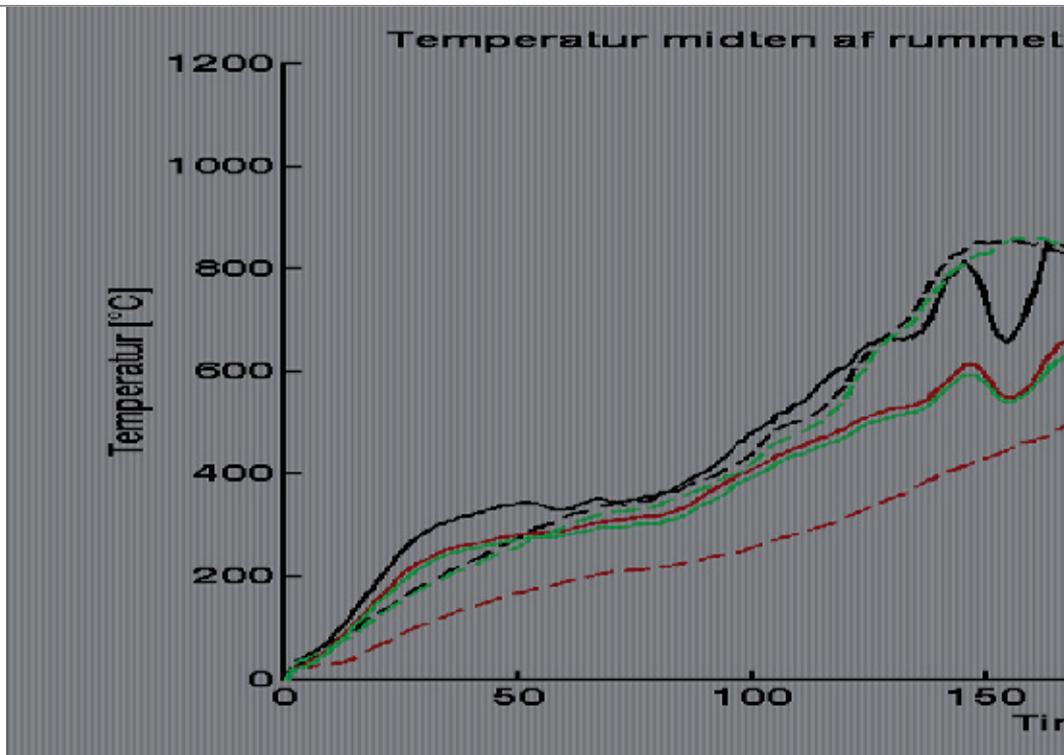
25 mm grid, 107520 cells, DT = 0.002 (18 hours)

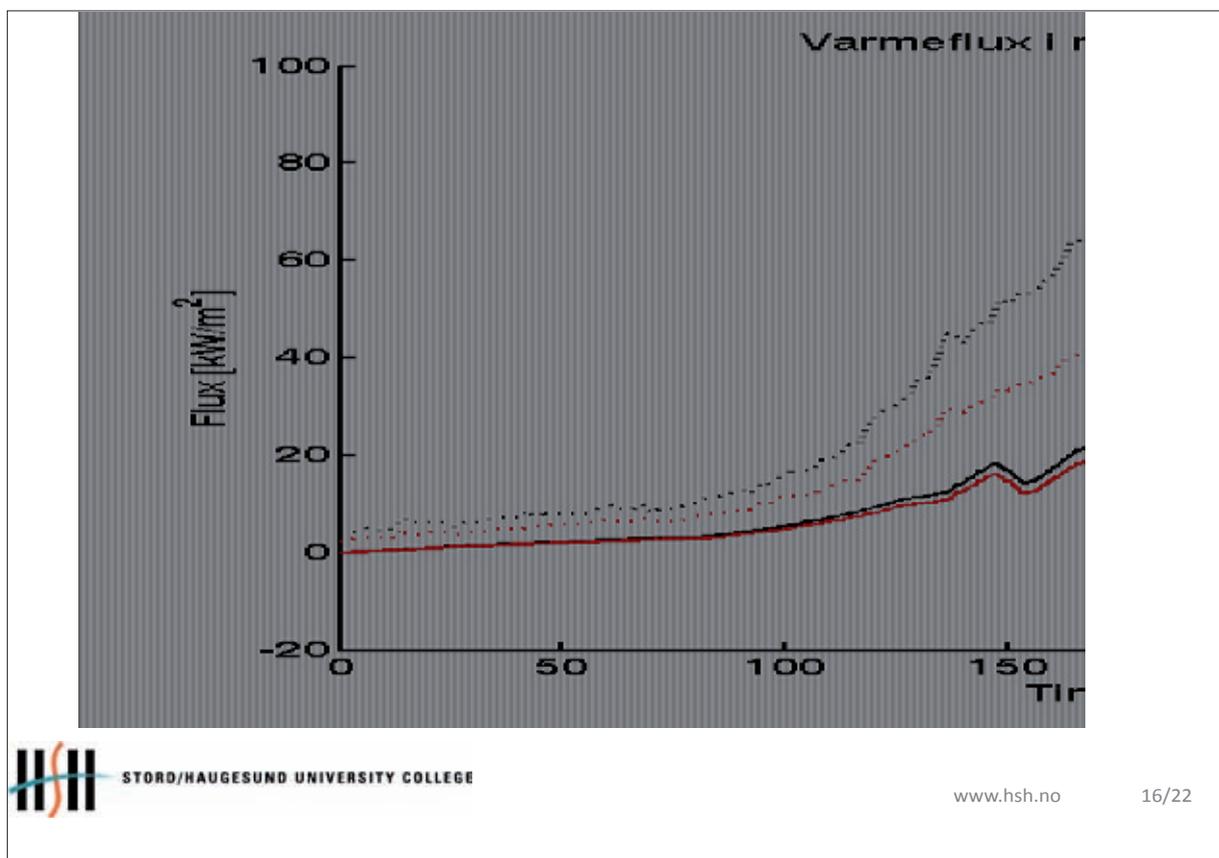
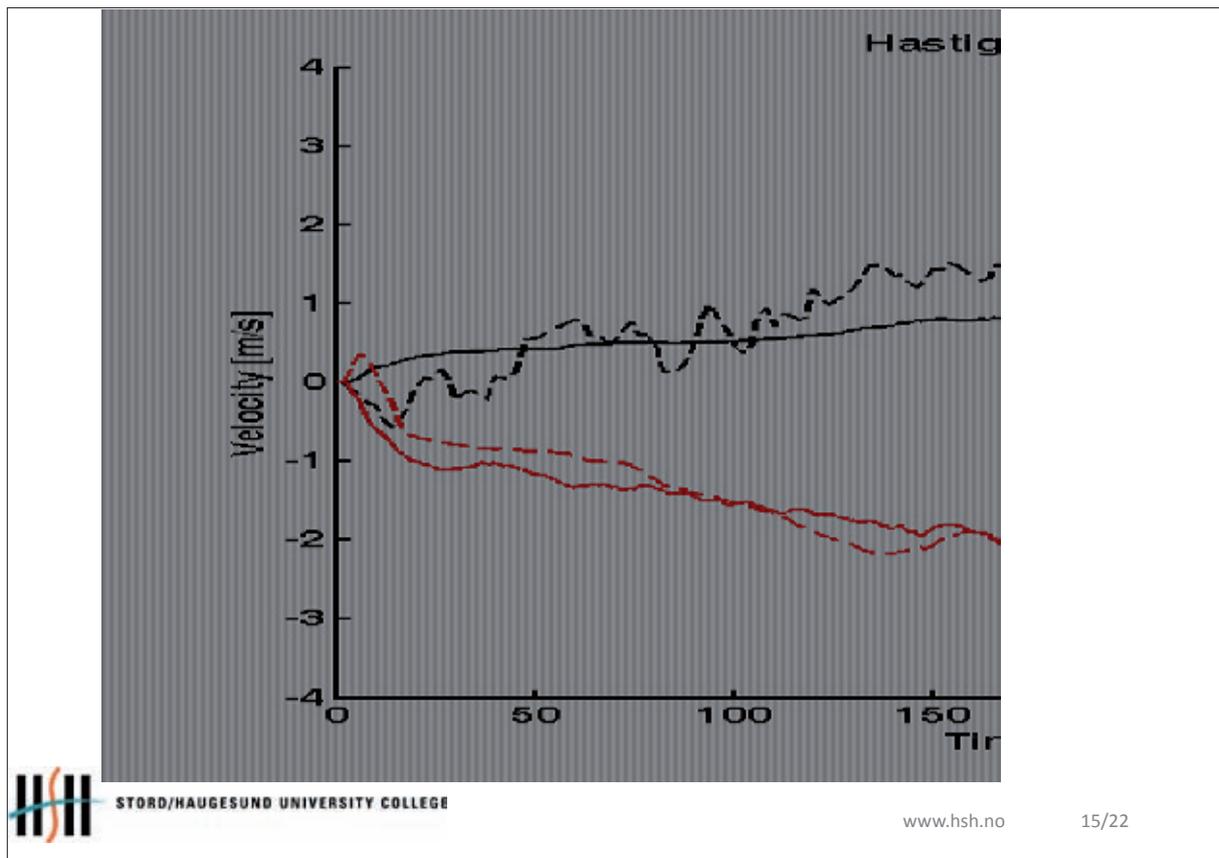
$\Delta x^*/\Delta x$ is respectively close to 8 and 16

Special fds keywords

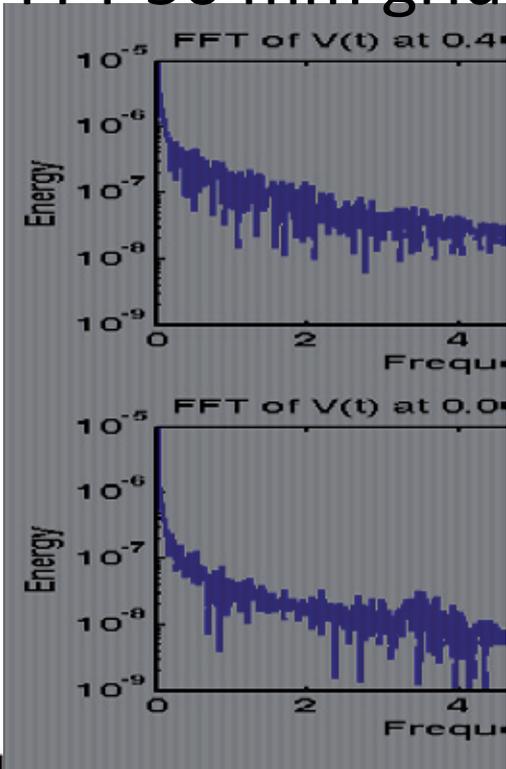
```
&TIME DT=0.005, LOCK_TIME_STEP=.TRUE.,  
      RESTRICT_TIME_STEP=.FALSE.
```

```
&MISC CHECK_KINETIC_ENERGY=.TRUE.
```

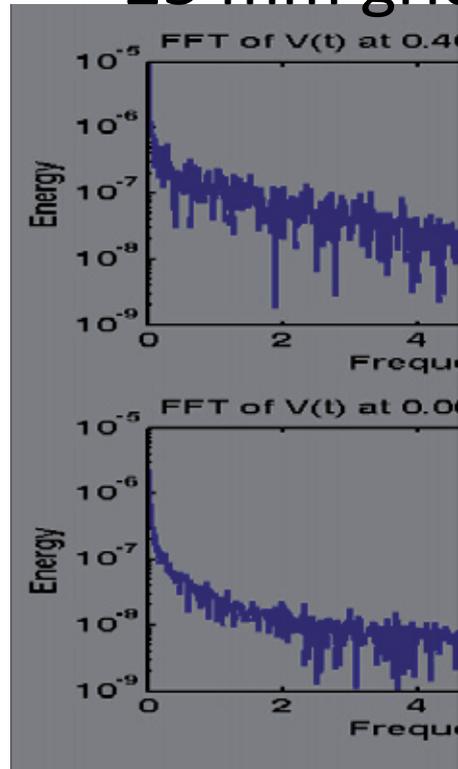




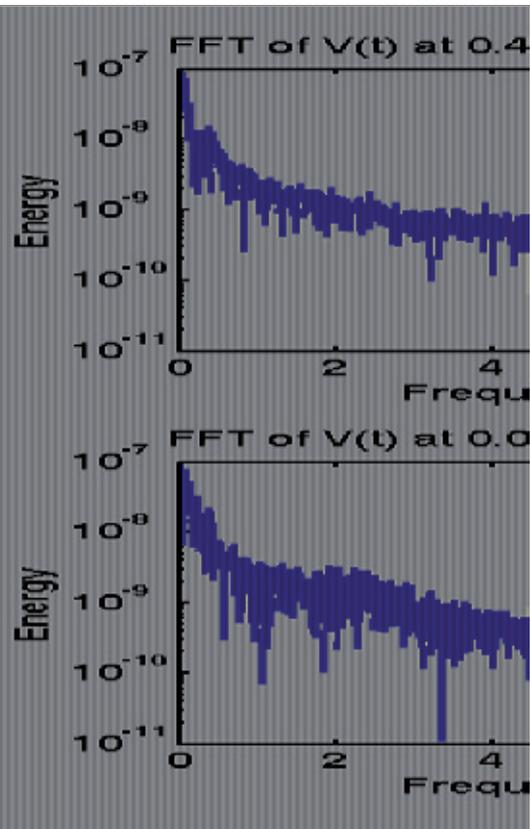
FFT 50 mm grid

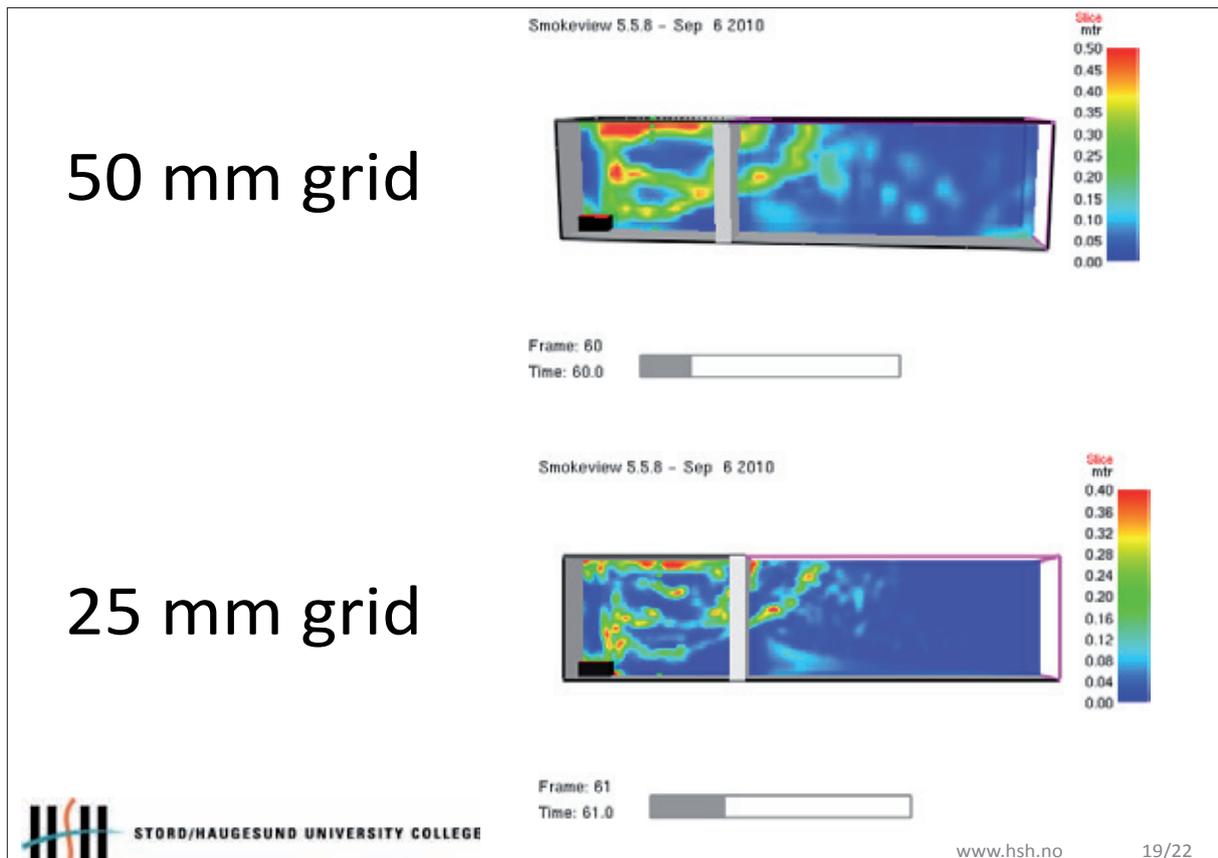


25 mm grid



FFT on
experimental
results





Conclusion

Overall good agreement between simulation and experiment (also for coarse grid)

FDS showed peak at of velocity fluctuations of inlet air

For 50 mm grid at 3.5 Hz

For 25 mm grid at 7.5 Hz

This could not be verified in the experiment

One possible reason being much noise

Or artificial phenomena in FDS

Conclusion

Turbulence

MTR (measurement of turbulent resolution) is
maybe too strict a criteria to use
 $dx^*/dx = 8$ seems to be good enough

Further work

Also Scalar resolution and wavelet error has to be
investigated

References

1. Ferziger, J.H. and M. Perić, *Computational methods for fluid dynamics*. 2002, Berlin: Springer. XIV, 423 s.
2. Warnatz, J., R.W. Dibble, and U. Maas, *Combustion : physical and chemical fundamentals, modeling and simulation, experiments, pollutant formation*. 4. ed. 2006, Berlin: Springer. xii, 378 s.
3. McGrattan, K., S. Hostikka, and J. Floyd, *Fire Dynamics Simulator (Version 5) User's Guide, , FDS Version 5.5, SVNRepository Revision : 6997, NIST Special Publication 1019-5, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD USA October 2010*

Matthias Münch:

Gegenwärtiger Stand des Konzeptes zur Eignungsüberprüfung des Fire Dynamics Simulators

Abstract:

Die den Brandprozessen zugrunde liegenden Gleichungen liefern eine allgemeine Beschreibung der für Brandschutzanwendungen relevanten physikalischen Phänomene auf einer Vielzahl von Längen- und Zeitskalen. Aus Gründen der beschränkten Rechenkapazität lässt sich jedoch nur ein Skalenausschnitt betrachten. Die übrigen Skalenbereiche müssen unter Berücksichtigung des Anwendungsziels entweder geeignet approximiert oder vernachlässigt werden. Die Bewertung der Eignung dieser Approximationen und Näherungen verlangt eine gründliche Verifizierung und Validierung des Fire Dynamics Simulators, die mit der bisher von den FDS-Entwicklern angewandten Strategie nicht erreicht worden ist. Auf dem 3. Treffen der FDS-Usergroup im Oktober 2009 wurde eine Initiative für eine derartige umfassende Verifizierung und Validierung des Fire Dynamics Simulator vorgestellt und das dahinterstehende Konzept erläutert. Seitdem sind auf Basis des vorgestellten Konzeptes umfangreiche Tests durchgeführt worden, deren Ergebnisse mit den FDS-Entwicklern intensiv diskutiert wurden. In dem Vortrag werden die bisherigen Ergebnisse und der gegenwärtige Stand der Überprüfung vorgestellt.

Gegenwärtiger Stand des Konzeptes zur Eignungsüberprüfung des Fire Dynamics Simulators

Matthias Münch



INURI GmbH
Haderslebener Str. 9
12163 Berlin

www.inuri.de
Matthias.Muench@inuri.de



4.FDS-Usergroup Treffen
Berlin, 4.-5. November 2010

Eignungsüberprüfung von CFD-Programmen Konzeptvorstellung

Inhaltsübersicht:

1. **Struktur- und Konzeptvorstellung**
2. **Anwendung**
3. **Zusammenfassung**

Initiative „Richtig schnell rechnen“

Start 2009



Motivation:

1. Rechnet FDS richtig?

- ▶ Gebietszerlegungsproblematik
- ▶ Ergebnisabweichungen zw. Versionen
- ▶ „merkwürdiges“ Detailverhalten

2. Aufgabe für Einzelnen zu gross

3. Starke Position gegenüber FDS-Entwicklern

- ▶ Sachverstand
- ▶ Kapazität
- ▶ Bewertung

4. Ziel: FDS verbessern

Projekt SCARC

Verbesserung des Fire Dynamics Simulator



1. Strukturprobleme im hydrodynamischen Löser

- ▶ Ursache: explizites FFT Verfahren im Drucklöser
- ▶ Folge: Falsche Lösungen im Multi-Mesh Fall

2. Gemeinsame Initiative

- ▶ Susanne Kilian: SCARC Verfahrensimplementierung
- ▶ INURI: Teststrategie und Qualitätssicherung

3. Implementierung von SCARC in FDS

- ▶ Programmierung
- ▶ Verifikation & Validierung
- ▶ Veröffentlichungen

A new generalized domain decomposition strategy for the efficient parallel solution of the FDS-pressure equation

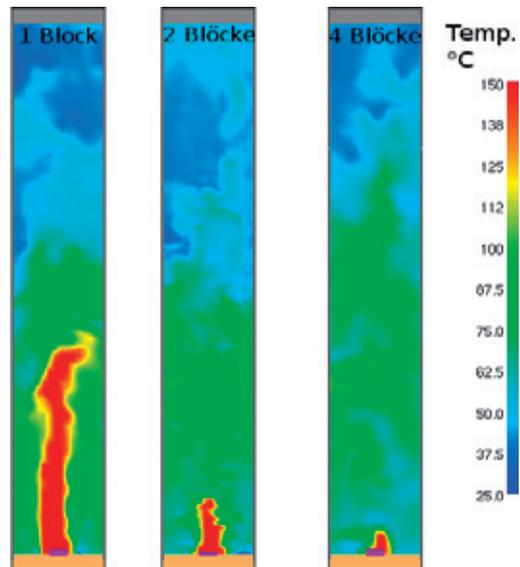
Part I : Theory, Concept and Implementation, ZIB-Report ZR 09-19

Part II: Verification and Validation, ZIB-Report ZR 09-20

Projekt SCARC
Beispiel: Schacht

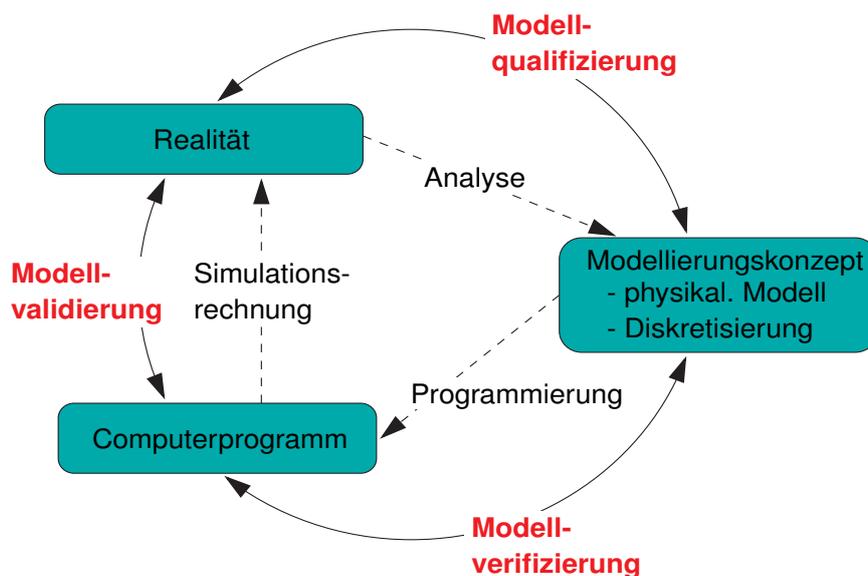
Gebietszerlegung

- ▶ Fire Dynamics Simulator
- ▶ Schachtgeometrie
- ▶ Wärmequelle am Boden
- ▶ Meßgröße Temperatur
- ▶ horizontale Zerlegung



Überprüfung von CFD-Programmen
Qualifizierung, Verifikation & Validierung

V & V Prozess nach [Schlesinger 1979]



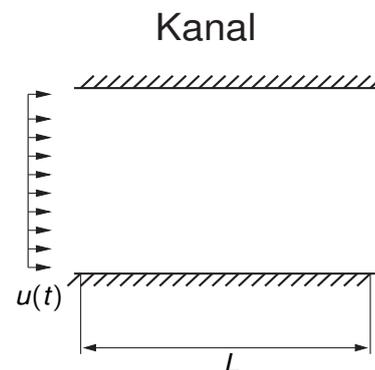
Überprüfung FDS Projekt SCARC

Beispiel

Überprüfung FDS Beispiel: Kanal (1 Mesh)

Test FDS-Hydrodynamik (Kanalströmung)

- ▶ konstante Dichte
- ▶ ohne Turbulenzmodell
- ▶ Links: Einströmung
 $u(t) = u_0 \sin(2\pi t)$
- ▶ Rechts: Offener Rand
- ▶ Kontrollgröße: Druckdifferenz Δp



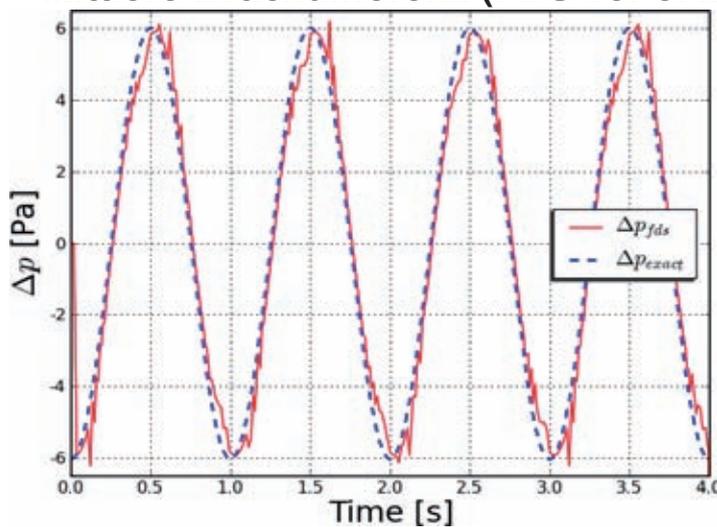
Analytische Lösung:

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho \vec{v} dV = - \oint_A p \vec{n} dA \rightsquigarrow \Delta p = -\rho u_0 2\pi \cos(2\pi t)L$$

Überprüfung FDS

Beispiel: Kanal (1 Mesh)

Test FDS-Hydrodynamik (Kanalströmung) Mittlere Druckdifferenz (FDS ver 5.4.3 rev 5210)



$$u(t) = u_0 \sin(2\pi t)$$

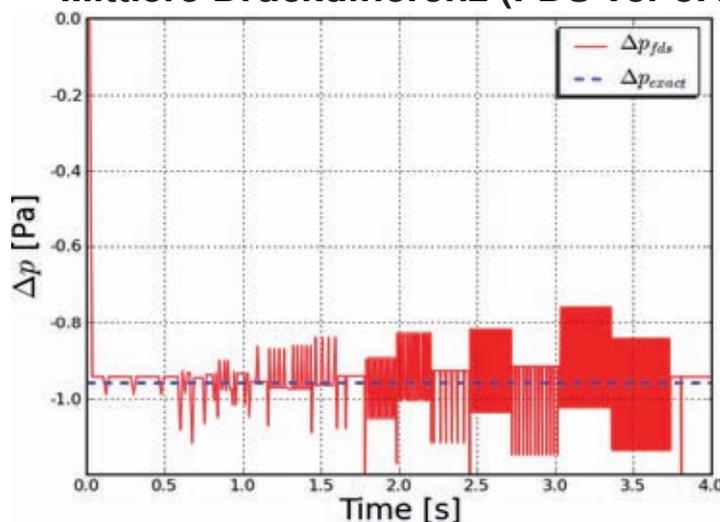
mit

$$\begin{aligned} u_0 &= 1 \frac{m}{s} \\ \rho &= 1198 \frac{kg}{m^3} \\ \Delta x &= 0.01 m \\ L &= 0.8 m \end{aligned}$$

Überprüfung FDS

Beispiel: Kanal (1 Mesh)

Test FDS-Hydrodynamik (Kanalströmung) Mittlere Druckdifferenz (FDS ver 5.4.3 rev 5210)



$$u(t) = t$$

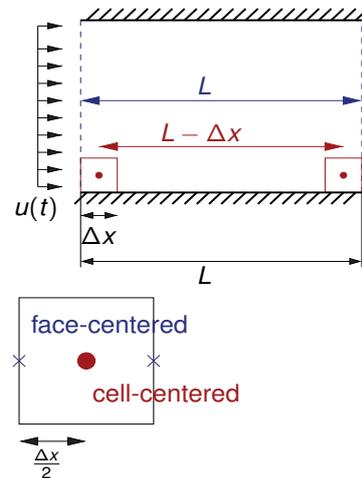
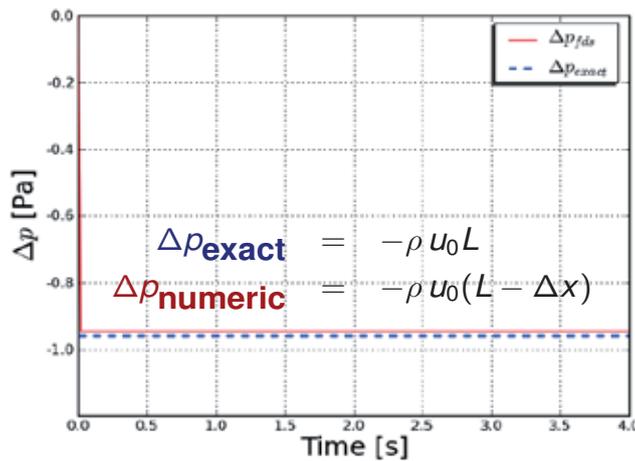
$$\begin{aligned} \rho &= 1198 \frac{kg}{m^3} \\ \Delta x &= 0.01 m \\ L &= 0.8 m \end{aligned}$$

Überprüfung FDS

Beispiel: Kanal (1 Mesh)

Test FDS-Hydrodynamik (Kanalströmung)

Position des Messpunktes & DEVC



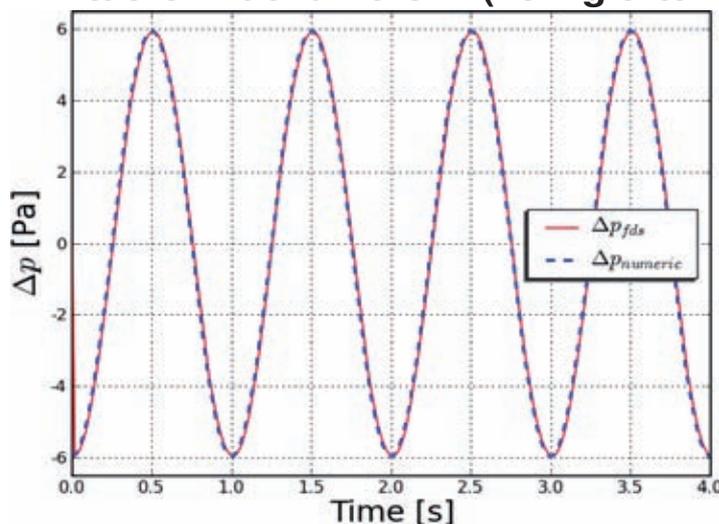
&DEVC XB= x0, x1, y0,y1, z0, z1 , QUANTITY='PRESSURE'

Überprüfung FDS

Beispiel: Kanal (1 Mesh)

Test FDS-Hydrodynamik (Kanalströmung)

Mittlere Druckdifferenz (korrigierte FDS Version)



$$u(t) = u_0 \sin(2\pi t)$$

mit

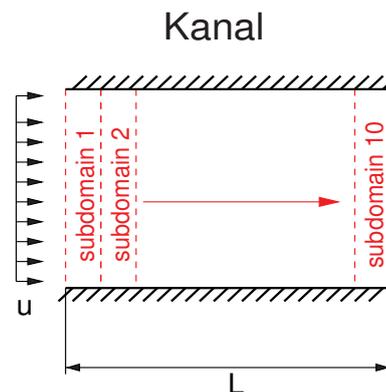
$$\begin{aligned} u_0 &= 1 \frac{m}{s} \\ \rho &= 1198 \frac{kg}{m^3} \\ \Delta x &= 0.01 m \\ L &= 0.8 m - \Delta x \end{aligned}$$

Überprüfung FDS

Beispiel: Kanal (Multi Mesh)

Test FDS-Hydrodynamik (3D Kanalströmung)

- ▶ konstante Dichte
- ▶ ohne Turbulenzmodell
- ▶ Links: Einstömung $u(t) = u_0 t$
- ▶ Rechts: Offener Rand
- ▶ Kontrollgröße: Druckdifferenz Δp



Analytische Lösung:

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho \vec{v} dV = - \oint_A p \vec{n} dA \rightsquigarrow \Delta p = -\rho u_0 L$$

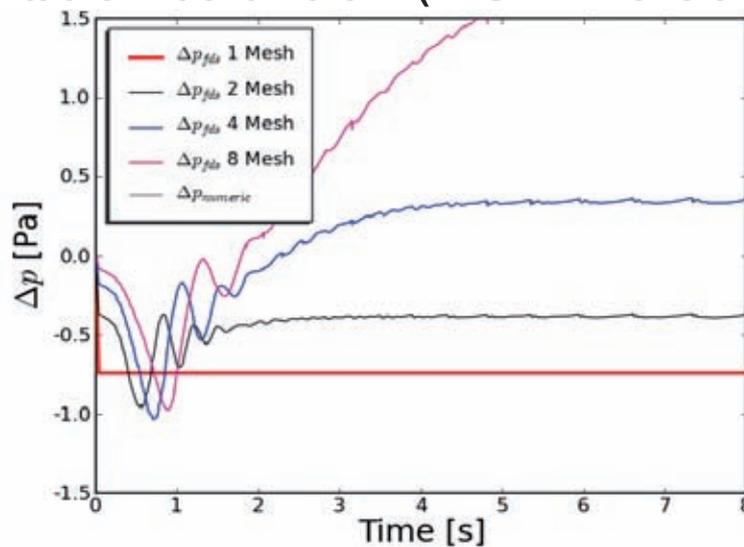
$$\rightsquigarrow \Delta p_{\text{numerisch}} = -\rho u_0 (L - \Delta x)$$

Überprüfung FDS

Beispiel: Kanal (Multi Mesh)

Test FDS-Hydrodynamik (3D Kanalströmung)

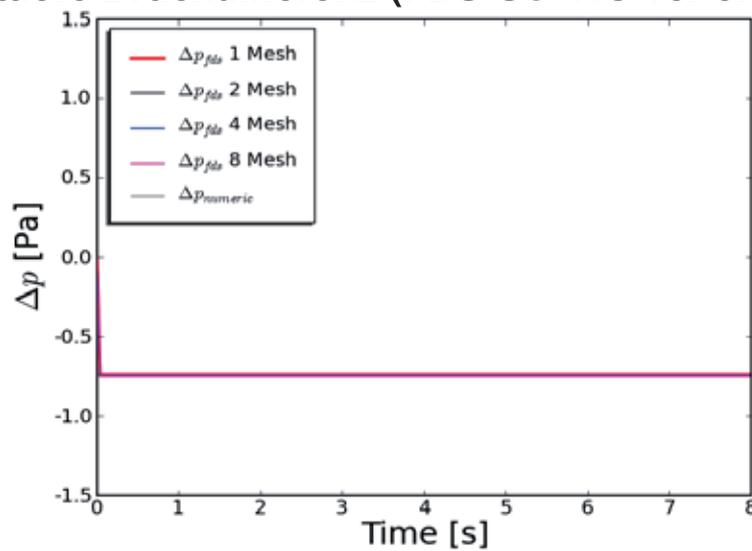
Mittlere Druckdifferenz (FDS-FFT ver 5.5.2)



Überprüfung FDS

Beispiel: Kanal (Multi Mesh)

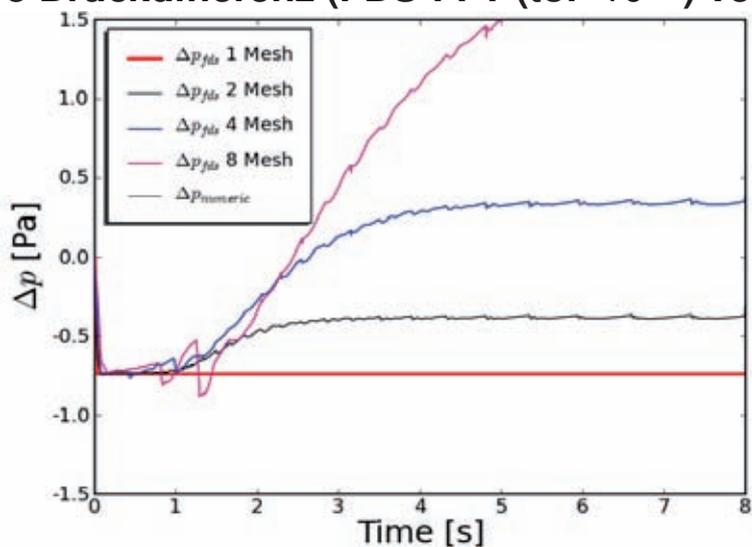
Test FDS-Hydrodynamik (3D Kanalströmung) Mittlere Druckdifferenz (FDS-SCARC ver 5.5.2)



Überprüfung FDS

Beispiel: Kanal (Multi Mesh)

Test FDS-Hydrodynamik (3D Kanalströmung) Mittlere Druckdifferenz (FDS-FFT (tol= 10^{-2}) ver 5.5.2)



Ausblick

Verbesserung des Fire Dynamics Simulator



1. Projekt SCARC

in Zusammenarbeit mit Susanne Kilian

- ▶ weitere hydrodynamische Testfälle
- ▶ Kopplung mit weiteren Komponenten
- ▶ Veröffentlichung Part III: SCARC-Löser

2. Neues Projekt *Strahlungslöser*

Überprüfung des FDS-Strahlungsmodells

- ▶ Definition von geeigneten Testfällen
- ▶ Erste Testrechnungen abgeschlossen
- ▶ Auswertung läuft derzeit



Herzlichen Dank

www.inuri.de
info@inuri.de

INURI GmbH
 Haderslebener Str. 9, 12163 Berlin

Eine Ausgründung der
 Freien Universität Berlin



Dr. Susanne Kilian:

FFT versus ScaRC: Numerische Vergleichsrechnungen zur Verifikation des optimierten parallelen FDS-Drucklösers ScaRC

Abstract:

Die zuverlässige Parallelisierung von FDS basiert wesentlich auf der korrekten Lösung der Druckgleichung, die innerhalb des Gesamtlaufs sehr eng mit der Berechnung aller thermodynamischen Größen verwoben ist. Ein wesentliches Charakteristikum der Druckgleichung besteht darin, dass sie eine extrem hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit für Informationen besitzt: Lokale Effekte oder Störungen beeinflussen unmittelbar die Lösung im gesamten Rechengebiet. Die Korrektheit der erzielten Drucklösung basiert folglich darauf, wie gut das verwendete parallele Verfahren dazu in der Lage ist, diesen starken globalen Zusammenhang zu reproduzieren.

Der bisherige parallele FFT-Drucklöser, der lediglich auf der rein lokalen Kopplung unmittelbar benachbarter Teilgebiete basiert, zeigt insbesondere für höhere Teilgebietszahlen deutliche Probleme, globale physikalische Abhängigkeiten adäquat wiederzugeben. Eine aktuelle Weiterentwicklung des parallelen FFT-Verfahrens, das so genannte „FFT iteration scheme“, beruht darauf, durch Hinzunahme eines übergeordneten Grobgitterproblems globale Effekte besser aufzulösen. Zwar lässt sich hiermit tatsächlich eine verbesserte Skalierbarkeit für einige Fälle erzielen, das Konvergenzverhalten dieser Variante gestaltet sich jedoch als unzuverlässig bzw. hängt deutlich von der Wahl optimaler Verfahrensparemeter ab, die sich a-priori nicht bestimmen lassen.

Der alternative Drucklöser ScaRC (Scalable Recursive Clustering) versucht diese Lücke zu schließen und eine maßgebliche Verbesserung bei der Qualität der Drucklösung zu erzielen. Durch die ausgeklügelte Kombination von hochauflösender Feingitter-Information mit gebietsübergreifender Grobgitterinformation auf Basis von iterativen Mehrgitter-Techniken wird eine erheblich verbesserte globale Kopplung und Skalierbarkeit auf große Teilgebietszahlen erreicht. Weiterhin bietet dieser Zugang in sehr natürlicher Weise die Möglichkeit, adaptive Gitterverfeinerungstechniken vom Typ ‚Composite Grid‘-Verfahren in das bisherige Konzept zu integrieren.

ScaRC ist bereits als Testversion im offiziellen Code enthalten und soll in Absprache mit den FDS-Hauptentwicklern als optionaler Drucklöser im neuen FDS6-Release zur Verfügung stehen. Im Zuge umfangreicher Verifikationstests, die in enger Zusammenarbeit mit Matthias Münch, INURI GmbH, konzipiert werden, wird die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von ScaRC geprüft bzw. mit den beiden aktuellen Varianten des FFT-Drucklösers verglichen. Innerhalb des Vortrags sollen der aktuelle Entwicklungsstand sowie ein Überblick über die bisherigen Testreihen präsentiert werden.

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

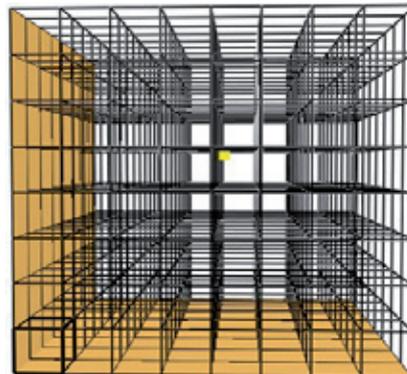
FFT versus ScaRC: Numerische Vergleichsrechnungen zur Verifikation des optimierten parallelen FDS-Drucklösers ScaRC

Dr. Susanne Kilian

hhpberlin
Ingenieure für Brandschutz
10245 Berlin

www.hhpberlin.de
www.fds-usergroup.de

s.kilian@hhpberlin.de



email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

FFT versus ScaRC: Numerische Vergleichsrechnungen zur Verifikation des optimierten parallelen FDS-Drucklösers ScaRC

Inhalt:

- Algorithmischer Überblick FFT und ScaRC
- Konsistenz und Datenparallelität
- Numerische Verifikationsrechnungen
- Aktuelle Arbeiten und Ausblick

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Motivation: Charakteristische Eigenschaft der Druckgleichung

Elliptische partielle Differentialgleichung vom Poisson-Typ:

$$\nabla^2 \mathcal{H} = -\frac{\partial(\nabla \cdot \mathbf{u})}{\partial t} - \nabla \cdot \mathbf{F}$$

- *starke globale Kopplung wegen hoher Ausbreitungsgeschwindigkeit*
 - lokale Informationen breiten sich sofort Überall aus
 - lokale Störungen beeinflussen die gesamte Lösung
- *paralleler Löser muss dieses Verhalten so gut wie möglich reproduzieren !*

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Motivation: Physikalisches Verhalten für ein 2D-Beispiel



- **Einfaches pipe-förmiges Gebiet in 2D:**

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Motivation: Physikalisches Verhalten für ein 2D-Beispiel



→ Einfaches pipe-förmiges Gebiet in 2D:

- Einströmung von der linken Gebietsseite
- offener Ausfluss an der rechten Gebietsseite

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Freitag, 26. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Motivation: Physikalisches Verhalten für ein 2D-Beispiel



→ Einfaches pipe-förmiges Gebiet in 2D:

- Information breitet sich sofort im ganzen Gebiet aus

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

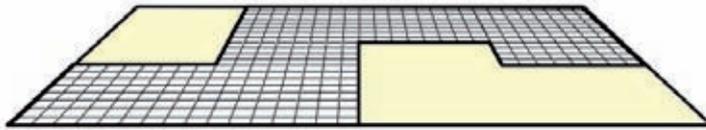
Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Standard FDS-Drucklöser FFT: Single-Mesh FFT-Verfahren

1-Mesh-Fall:



1 globale FFT

→ 1 globale Diskretisierung für modifizierten Druckterm \mathcal{H} :

$$\frac{1}{h^2}(\mathcal{H}_{i,k-1} + \mathcal{H}_{i-1,k} - 4\mathcal{H}_{i,k} + \mathcal{H}_{i,k+1} + \mathcal{H}_{i+1,k}) = R_{i,k}$$

→ 1 lineares Gleichungssystem:

$$Ax = b$$

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.comIngenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

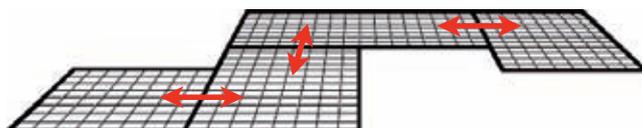
Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Standard FDS-Drucklöser FFT: Multi-Mesh FFT-Verfahren

4-Mesh-Fall:

4 lokale FFTs
+ lokaler Datenaustausch

→ 4 lokale Diskretisierungen für modifizierten Druckterm \mathcal{H} :

$$\frac{1}{h^2}(\mathcal{H}_{i,k-1}^{(m)} + \mathcal{H}_{i-1,k}^{(m)} - 4\mathcal{H}_{i,k}^{(m)} + \mathcal{H}_{i,k+1}^{(m)} + \mathcal{H}_{i+1,k}^{(m)}) = R_{i,k}^{(m)}, \quad m = 1, \dots, 4$$

→ 4 lineare Gleichungssysteme:

$$A_m x_m = b_m, \quad m = 1, \dots, 4$$

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.comIngenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Standard FDS-Drucklöser FFT:

Vorteile:

- effizient und robust im 1-Mesh-Fall
- seit Jahren erfolgreich angewendet

Nachteile:

- nicht zuverlässig im Multi-Mesh-Fall
- schwierig zu parallelisieren

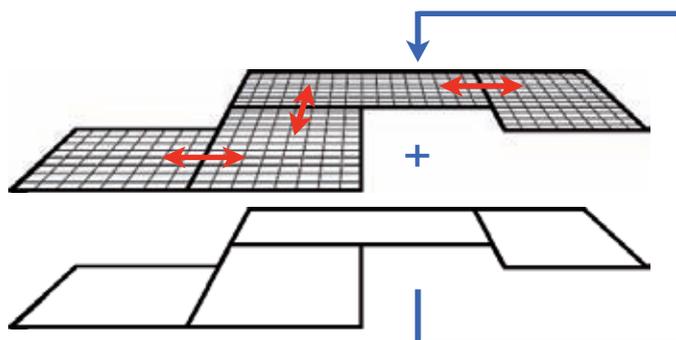
email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.comIngenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Neuer FDS-Drucklöser FFT-Iterationsschema (FFTI) : Multi-Mesh FFT mit Grobgitterproblem



Iteration

**4 lokale FFTs
+ lokaler Datenaustausch
+ Grobgitterproblem**

-
- Einbettung der lokalen FFT-Verfahren in Übergreifende Iteration
 - Kopplung mit globalem Grobgitterproblem
 - **Abbruchkriterium:** Normalkomponenten der Geschwindigkeiten $< tol$:

z.B.: &PRES VELOCITY_TOLERANCE=0.01

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.comIngenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Neuer FDS-Drucklöser FFT-Iterationsschema (FFTI) : Multi-Mesh FFT mit Grobgitterproblem

Vorteile:

- häufig geringere Abweichungen von serieller Lösung
- tatsächlich Verbesserung der Skalierbarkeit

Nachteile:

- optimale Toleranz nicht a-priori vorhersehbar
- grundsätzlich sehr langsame Konvergenz
- Toleranzen $< 10(-3)$ häufig selbst nach 10000 Iterationen nicht erreichbar !!

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

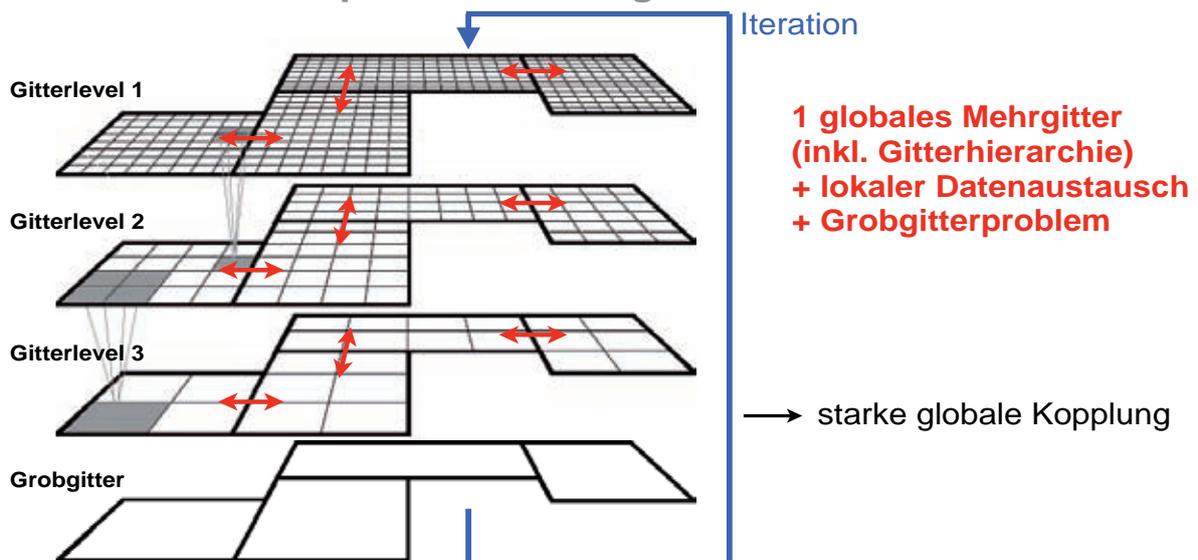
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Neuer FDS-Drucklöser ScaRC: Variante: Datenparalleles Mehrgitterverfahren



email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Neuer FDS-Drucklöser ScaRC: Variante: Datenparalleles Mehrgitterverfahren

Vorteile:

- starke globale Kopplung
- deutliche Verbesserung der Skalierbarkeit
- variable Matrixeinträge möglich
- punktweises Setzen von Randbedingungen möglich

Nachteile:

- unter Umständen höhere Laufzeit als FFT und FFTI

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.comIngenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: † Überprüfung der Qualität von FFT(I) und ScaRC

Fragen:

- Wie bemisst man die Qualität der Multi-Mesh-Varianten?
- Wie konsistent sind die Multi-Mesh-Varianten zum 1-Mesh-Fall?

Vorgehensweise:

- Betrachte 1-Mesh Fall als Referenz
- Vergleiche die relevanten Multi-Mesh-Größen mit dem 1-Mesh-Fall

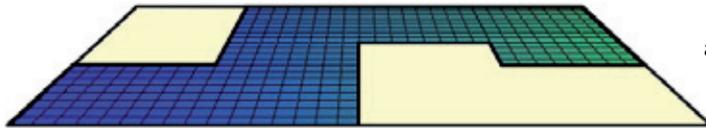
email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.comIngenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: 1-Mesh FFT als Referenzlöser



alter 1-Mesh-Druck Δt :

aus vorangehendem Zeitschritt

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

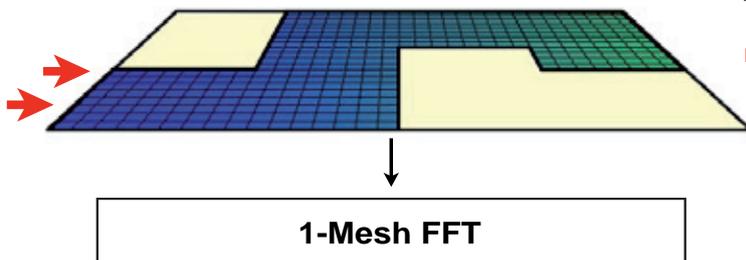
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: 1-Mesh FFT als Referenzlöser



alter 1-Mesh-Druck Δt :

neue Einström-Information

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: 1-Mesh FFT als Referenzlöser

alter 1-Mesh-Druck H :
neue Einström-Information

neuer 1-Mesh-Druck H :
Einström-Information breitet sich sofort über das ganze Gebiet aus !

email@hhpberlin.de Ingenieure für Brandschutz GmbH
www.hhpberlin.com Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFT

alter 1-Mesh-Druck H :

- auf einzelne Meshes verteilt
- **neue Einström-Information**

Multi-Mesh FFT

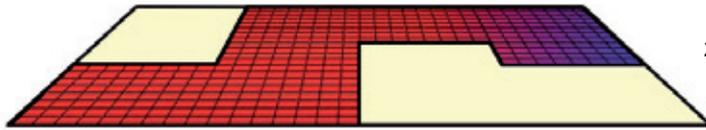
email@hhpberlin.de Ingenieure für Brandschutz GmbH
www.hhpberlin.com Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

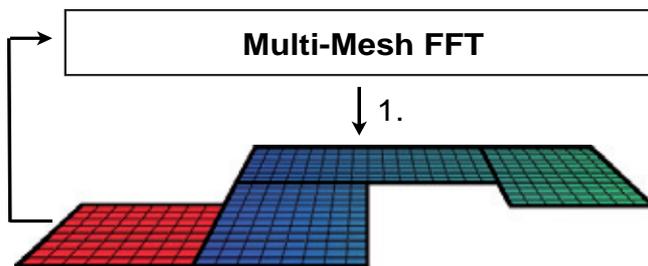
hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFT



neuer 1-Mesh-Druck \mathcal{H} :

zum Vergleich !!



neuer Multi-Mesh-Druck \mathcal{H} :

- Information über Mesh 1 verteilt
- fehlerhafte Einströmdaten für Mesh 2 nach Kommunikation

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

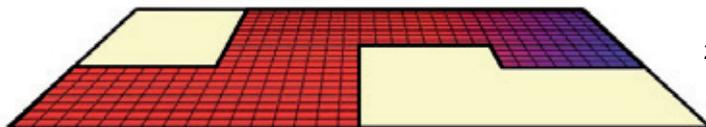
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

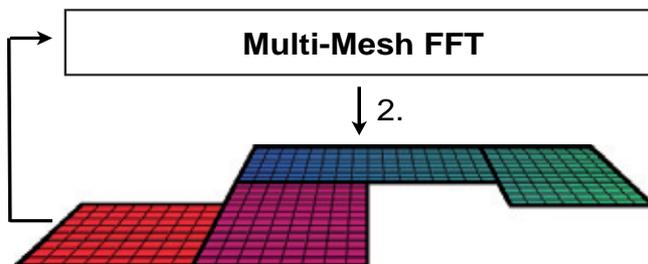
hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFT



neuer 1-Mesh-Druck \mathcal{H} :

zum Vergleich !!



neuer Multi-Mesh-Druck \mathcal{H} :

- Information über Mesh 2 verteilt
- fehlerhafte Einströmdaten für Mesh 3 nach Kommunikation

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

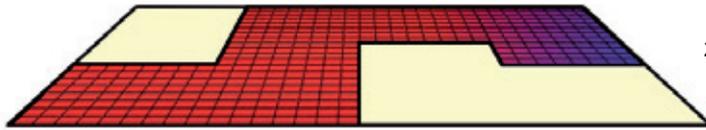
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

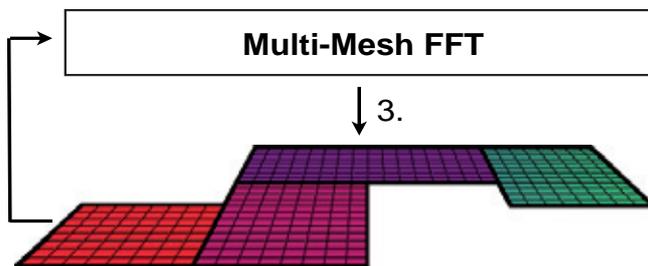
hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFT



neuer 1-Mesh-Druck \mathcal{H} :

zum Vergleich !!



neuer Multi-Mesh-Druck \mathcal{H} :

- Information über Mesh 3 verteilt
- fehlerhafte Einströmdaten für Mesh 4 nach Kommunikation

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

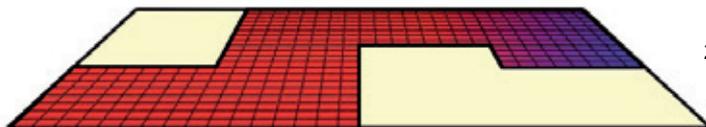
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

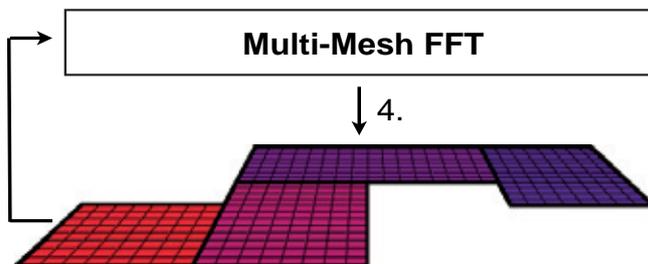
hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFT



neuer 1-Mesh-Druck \mathcal{H} :

zum Vergleich !!



neuer Multi-Mesh-Druck \mathcal{H} :

- Information erreicht Ausfluss
- kein globaler Zusammenhang
- unphysikalische Ausbreitung

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

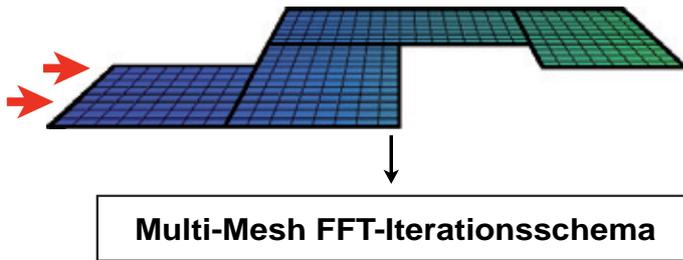
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFT-Iterationsschema



alter 1-Mesh-Druck H :

- auf einzelne Meshes verteilt
- **neue Einström-Information**

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

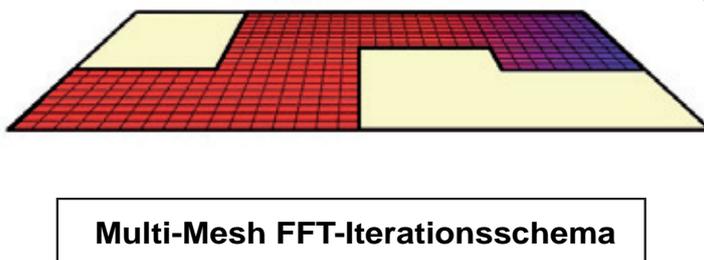
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFT-Iterationsschema



neuer 1-Mesh-Druck H :

zum Vergleich !!

neuer Multi-Mesh-Druck H :

- † bergänge ausgeglätteter
- aber immer noch keine Konsistenz

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

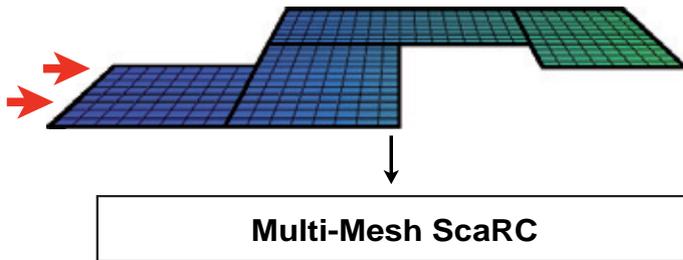
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh ScaRC



alter 1-Mesh-Druck \mathcal{H} :

- auf einzelne Meshes verteilt
- **neue Einström-Information**

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

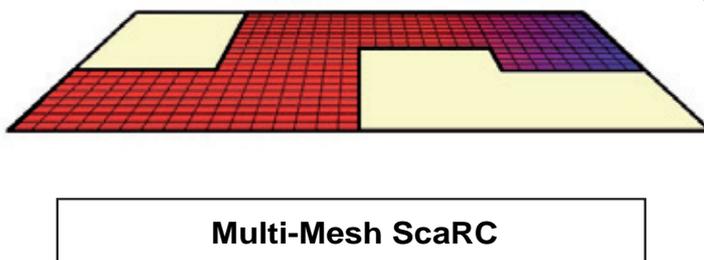
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh ScaRC



neuer 1-Mesh-Druck \mathcal{H} :

zum Vergleich !!

neuer Multi-Mesh-Druck \mathcal{H} :

- korrekte \uparrow bergšnge
- Konsistenz zum 1-Mesh-Fall

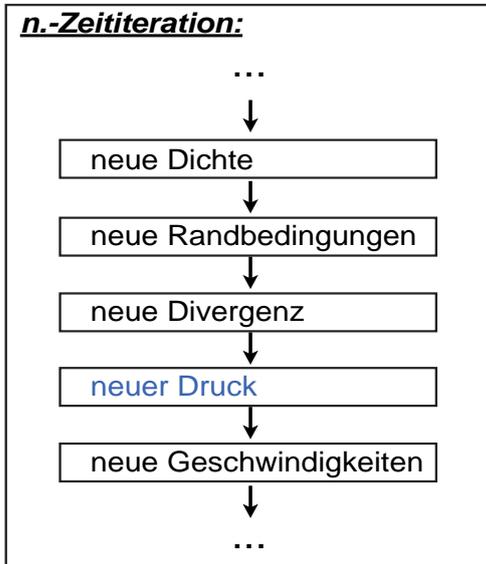
email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Konsistenz und Datenparallelität: † Überprüfung der Qualität von FFT(I) und ScaRC

n.-Zeititeration:



Keine Konsistenz zum 1-Mesh-Fall ???

→ Wo ist der Fehler ???

- • Systematische Fehlersuche
- Vergleich aller relevanten Größen

Konsistenz und Datenparallelität: † Überprüfung der Qualität von FFT(I) und ScaRC

bisher:

Multi-Mesh-FFT(I) nach Konstruktion NICHT konsistent zum 1-Mesh-Fall

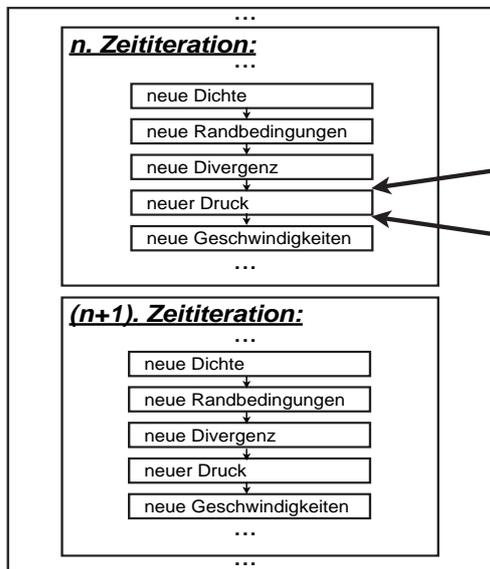
→ Inkonsistenzen waren kaum einer bestimmten Routine zuzuordnen

jetzt:

Multi-Mesh-ScaRC konsistent zum 1-Mesh-Fall

→ Inkonsistenzen in umliegenden Routinen können identifiziert werden

Konsistenz und Datenparallelität: † Überprüfung der Qualität von FFT(I) und ScaRC



Fall 1:

Start mit konsistenten Daten

Inkonsistenz ?

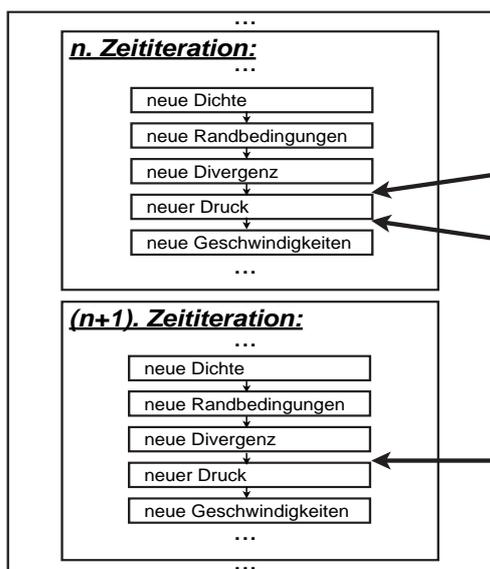
Drucklöser nicht konsistent !!

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Konsistenz und Datenparallelität: † Überprüfung der Qualität von FFT(I) und ScaRC



Fall 2:

Start mit konsistenten Daten

Konsistenz !

andere Routinen nicht konsistent !!

Start mit inkonsistenten Daten

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Konsistenz und Datenparallelität: † Überprüfung der Qualität von FFT(I) und ScaRC

1-Mesh:

- Führe 1-Mesh-Rechnung bis zu interessantem Zeitschritt n durch
- Speichere alle relevanten Eingabevektoren für das Druckproblem ab
- Berechne 1-Mesh-Drucklösung

Multi-Mesh:

- Lese alle relevanten 1-Mesh-Eingabevektoren in verteilter Weise ein
- Berechne Multi-Mesh-Drucklösung
- Vergleiche mit 1-Mesh-Drucklösung



Quantifizierung des Fehlers möglich

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

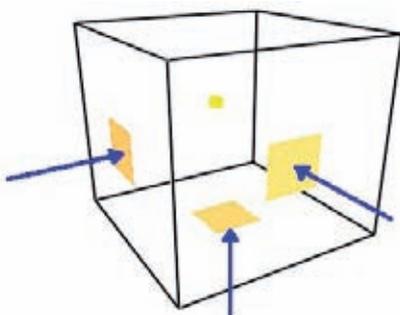
Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

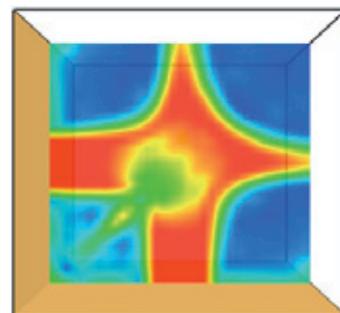
hhpberlin

Verifikationsrechnung: 3er-Einströmung

Einströmung von links, unten, vorne



Velocity-Slice durch Gebietsmitte (Vorderansicht)



- variable Einströmgeschwindigkeit VEL
- variabler Endzeitpunkt T
- Devices für Velocity-Komponenten und Pressure im Gebietsinneren

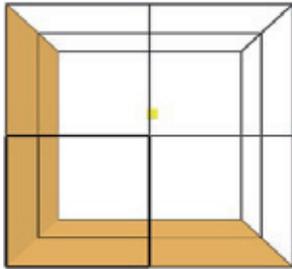
email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

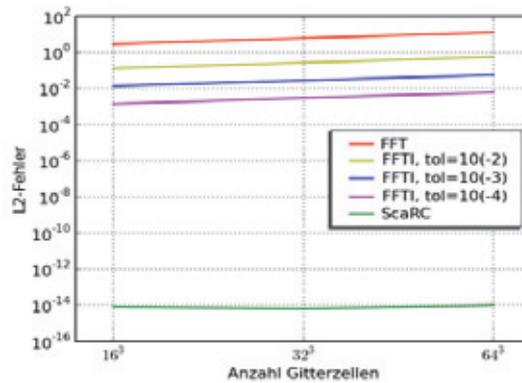
Mittwoch, 10. November 2010

Verifikationsrechnung: 3er-Einströmung, VEL=-2.0, T=1.0 Konsistenzcheck

8 Meshes (2x2x2)



L2-Fehler für 16³, 32³, 64³ Zellen pro Mesh

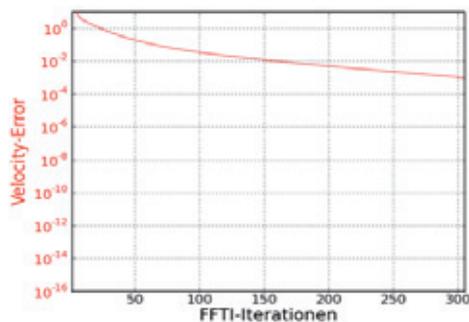


- bereits für FFTI, tol=10(-2), doppelte Ausführungszeit wie ScaRC
- hunderte von FFTI-Iterationen

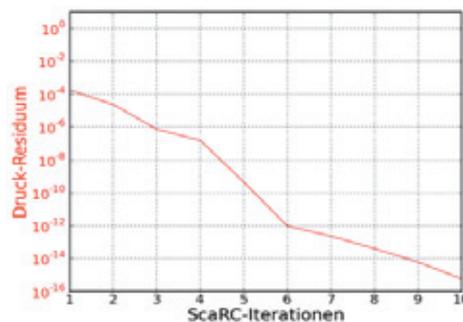
Verifikationsrechnung: 3er-Einströmung, VEL=-2.0, T=1.0 Konsistenzcheck

64³ Gitterzellen:

Konvergenz-Historie FFTI, tol=10(-3)



Konvergenz-Historie ScaRC, tol=10(-15)



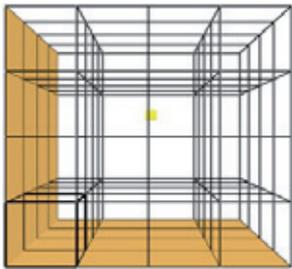
- FFTI : extrem langsame Konvergenz bis tol=10(-3)
- ScaRC: Rundungsfehlergenauigkeit 10(-15)

Ingenieure für Brandschutz

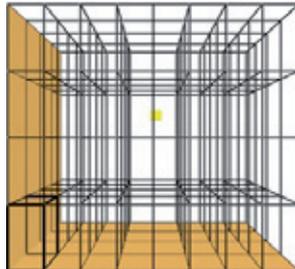
hhpberlin

Verifikationsrechnung: 3er-Einströmung Unterteilung in 64, 128 und 512 Meshes

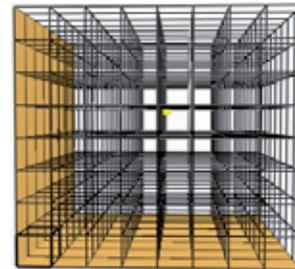
64 Meshes (4x4x4)



128 Meshes (8x4x4)



512 Meshes (8x8x8)



→ Abgleich der Devices-Verläufe mit Standard dem 1-Mesh FFT-Fall

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

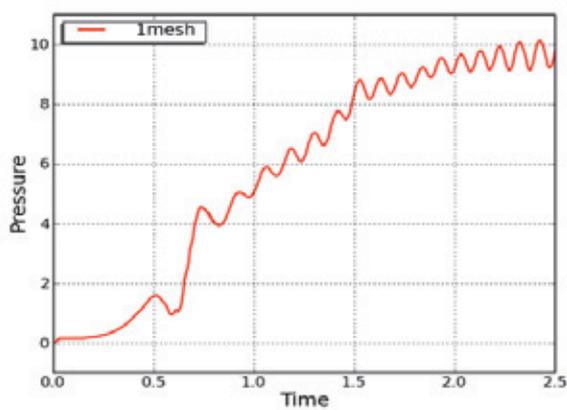
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Verifikationsrechnung: 3er-Einströmung, VEL=-8.0, T=2.5 Pressure-Device für 1-Mesh FFT



→ Referenzkurve, die vom parallelen L3sser reproduziert werden muss

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

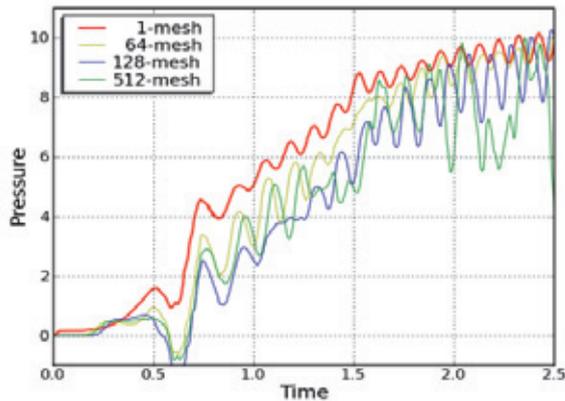
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Verifikationsrechnung: 3er-Einströmung, VEL=-8.0, T=2.5 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFT



-
- keine \dagger bereinstimmung der Multi-Mesh-Fälle mit dem 1-Mesh-Fall
 - je mehr Teilgebiete, desto größer Inkonsistenzen

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

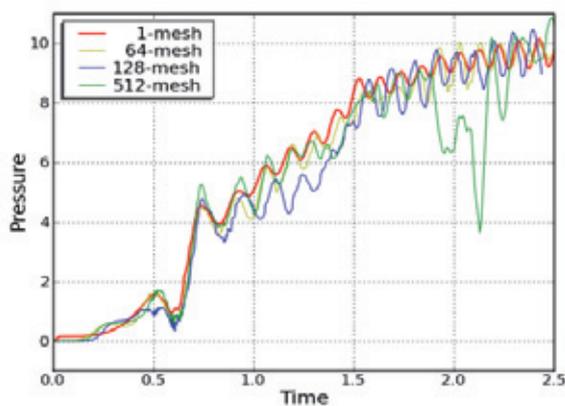
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Verifikationsrechnung: 3er-Einströmung, VEL=-8.0, T=2.5 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFTI, tol=10(-1)



-
- leichte Annäherung der Kurven
 - drastische Verschlechterung für hohe Teilgebietsanzahl

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

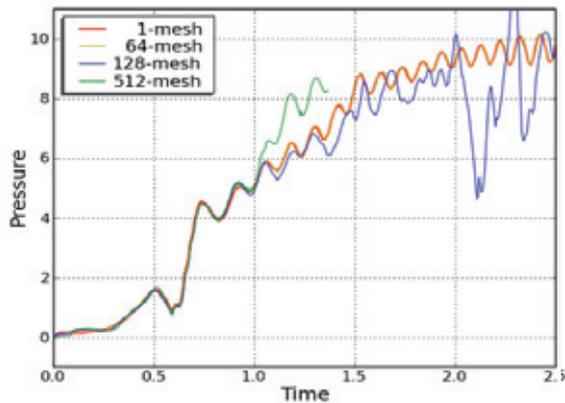
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

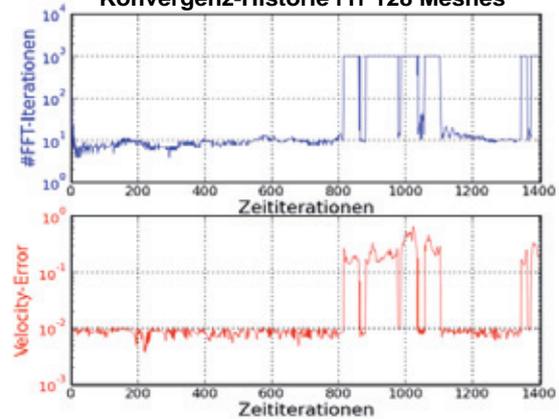
Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Verifikationsrechnung: 3er-Einströmung, VEL=-8.0, T=2.5
1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFTI, tol=10(-2)



Konvergenz-Historie für 128 Meshes



- • 64-Mesh-Fall konsistent !!
- Divergenz für höhere Teilgebietsanzahl

(512-Mesh-Fall wegen zu langer Rechenzeit abgebrochen)

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

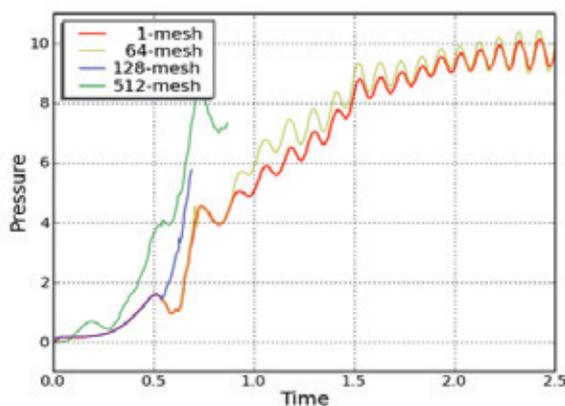
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Verifikationsrechnung: 3er-Einströmung, VEL=-8.0, T=2.5
1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFTI, tol=10(-3)



- • 64-Mesh-Fall NICHT mehr konsistent trotz feinerer Toleranz !!
- frühzeitige Divergenz für höhere Teilgebietsanzahlen

(128- und 512-Mesh-Fall wegen zu langer Rechenzeit abgebrochen)

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

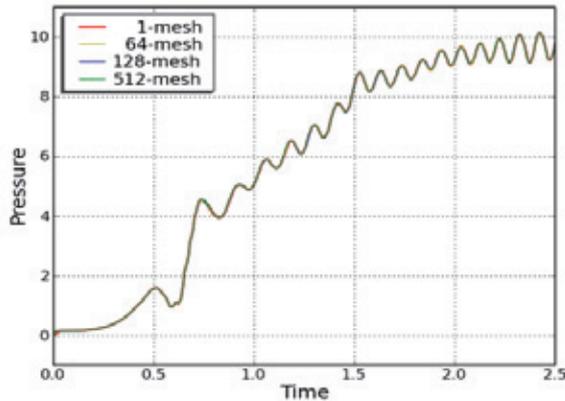
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Verifikationsrechnung: 3er-Einströmung, VEL=-8.0, T=2.5 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh ScaRC



- • gleicher Verlauf wie 1-Mesh-FFT unabhängig von Gebietszerlegung !
- automatisch Rundungsfehlergenauigkeit 10(-16) an inneren Rändern

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

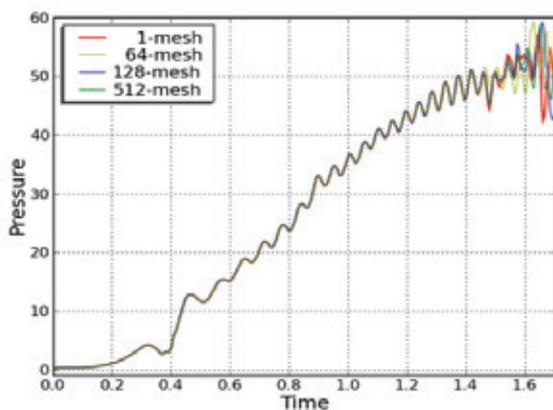
Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Verifikationsrechnung: 3er-Einströmung, VEL=-20.0, T=1.7 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh ScaRC



höhere Einströmgeschwindigkeit:

VEL=-20.0

- Probleme im umliegenden Code bzgl. Randbedingungen!

tritt bei längeren Laufzeiten auch im vorangehenden Fall auf

- • Abweichungen im Verlauf
- noch weitere Konsistenzchecks erforderlich !!!

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure für Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz hhpberlin

Verifikationsrechnung: Pipe-3D-Beispiel aus Mÿnch-Vortrag

Veranschaulichung am 2D-Fall: **64 Meshes (4x4x4)**

$u(t)$ offener Rand

$\Delta x := x_{out} - x_{in}$

→ Messung der Druckdifferenz zwischen Aus- und Einflusrand:

$$\Delta \tilde{p} := \tilde{p}_{out} - \tilde{p}_{in}$$

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure fÿr Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
RotherstraÙe 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz hhpberlin

Verifikationsrechnung: Pipe-3D-Beispiel aus Mÿnch-Vortrag 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFT

Drastische Verschlechterung
fÿr 64 Meshes !!

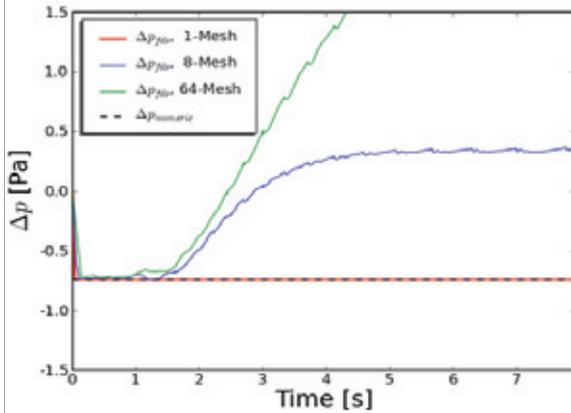
→ Keine Konsistenz zwischen 1-Mesh-FFT und Multi-Mesh-FFT

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure fÿr Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
RotherstraÙe 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Verifikationsrechnung: Pipe-3D-Beispiel aus Mÿnch-Vortrag 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFTI, tol=10(-2)



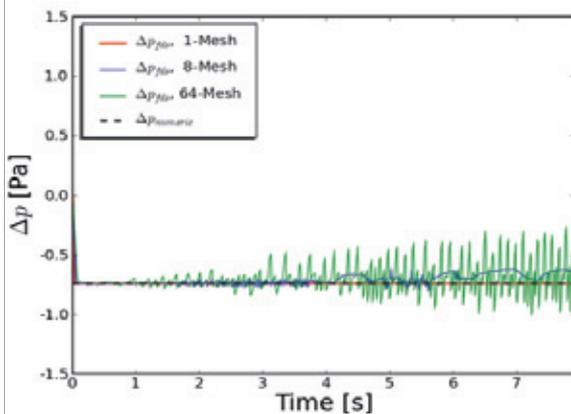
#FFTI-Iterationen:

- 239 am Anfang der Zeititeration
- 2 am Ende der Zeititeration

Drastische Verschlechterung
fÿr 64 Meshes !!

→ • kaum Verbesserung fÿr FFTI, tol=10(-2)

Verifikationsrechnung: Pipe-3D-Beispiel aus Mÿnch-Vortrag 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFTI, tol=10(-3)



#FFTI-Iterationen:

- 1362 am Anfang der Zeititeration
- 4 am Ende der Zeititeration

Je mehr Teilgebiete, desto schlechter

→ • deutliche Verbesserung fÿr FFTI, tol=10(-3)
• dennoch wachsende Inkonsistenzen, selbst fÿr 8 Meshes !

Ingenieure für Brandschutz hhpberlin

Verifikationsrechnung: Pipe-3D-Beispiel aus Mÿnch-Vortrag 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh FFTI, tol=10(-4)

#FFTI-Iterationen:

- 2613 am Anfang der Zeititeration
- 23 am Ende der Zeititeration

Immer noch keine volle Konsistenz !!

→ • noch deutlichere Verbesserung für FFTI, tol=10(-4)
• aber immer noch wachsende Inkonsistenzen

email@hhpberlin.de Ingenieure für Brandschutz GmbH
www.hhpberlin.com Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz hhpberlin

Verifikationsrechnung: Pipe-3D-Beispiel aus Mÿnch-Vortrag 1-Mesh FFT versus Multi-Mesh ScaRC

Volle Konsistenz !!

→ • Konsistenz unabhängig von Gebietszerlegung
• keine Verschlechterung im weiteren Verlauf

email@hhpberlin.de Ingenieure für Brandschutz GmbH
www.hhpberlin.com Hauptsitz:
Rotherstraße 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Aktuelle Arbeiten und Ausblick

- **aktuell in Arbeit:**

- ✦ umfangreiche Konsistenzchecks in den umliegenden Routinen
- ✦ optimiertes GIŠtungsverfahren fŸr das ScaRC-Mehrgitter
- ✦ umfangreiche Tests fŸr verschiedene Geometrien:
 - Ausarbeitung von VerifikationsfŠllen mit K. McGratten und R. McDermott (NIST)
 - Ausarbeitung von VerifikationsfŠllen mit M. MŸnch (INURI)

- **fŸr nŠchstes Jahr geplant:**

- ✦ Integration von AdaptivitŠtskonzepten
- ✦ Laufzeitoptimierung

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure fŸr Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
RotherstraÙe 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Vielen Dank fŸr Ihre Aufmerksamkeit !

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.com

Ingenieure fŸr Brandschutz GmbH
Hauptsitz:
RotherstraÙe 19, 10245 Berlin

Mittwoch, 10. November 2010

Manuel Kitzlinger:

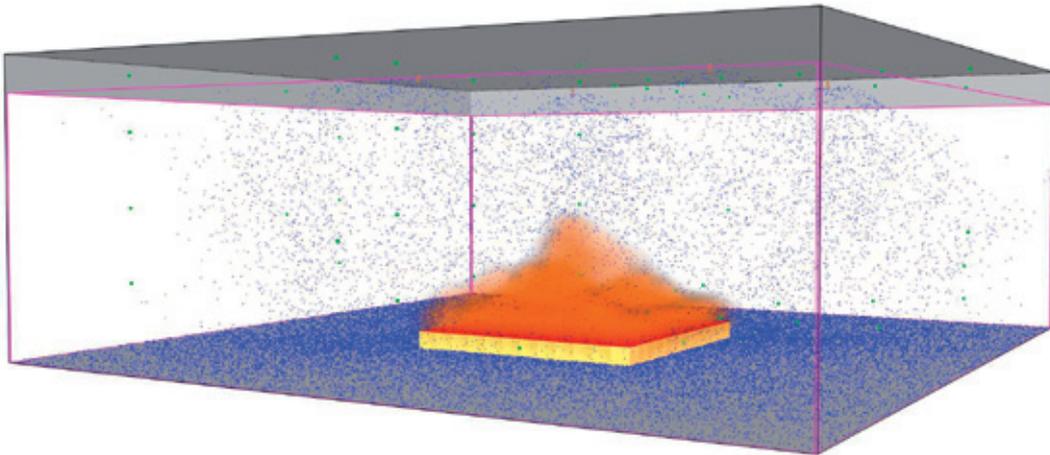
Versuch zum Aufstellen von Energiebilanzen gesprinkelter Szenarien mit FDS 5

Abstract:

Bei der Untersuchung eines gesprinkelten Szenarios mit FDS unter Vorgabe der Wärmefreisetzungsrates bleibt die Löschwirkung des Sprinklers im Modell unberücksichtigt. Ziel der Untersuchung ist die Ermittlung einer Methode zur Bilanzierung der Energiemengen, welche im Sprinklerwasser aufgenommen werden und somit nicht mehr zur Bauteilerwärmung zur Verfügung stehen. Es kann eine Methode gezeigt werden, die Wassermengen im Simulationsraum entsprechend ihrer Herkunft und ihres Aggregatzustands zu bilanzieren. Die Zuordnung der gefundenen Leistungsdifferenzen zu den entsprechenden Wassermengen kann nicht abschliessend erfolgen.

Der Beitrag basiert auf meiner Diplomarbeit „Untersuchung der Wirkung von Sprinklern auf die Wärmefreisetzungsrates bei Raumbränden anhand des CFD-Brandsimulationsmodells FDS 5“ bei Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hossler am iBMB der TU Braunschweig, betreut durch Herrn Dr.-Ing. Olaf Riese.

Versuch der Aufstellung von Energiebilanzen gesprinkelter Szenarien mit FDS 5



4. FDS-Usertagung 2010 Berlin | Dipl.-Ing. Manuel Kitzlinger

1

Vorstellung

- Vordiplom Bauingenieurwesen TU Darmstadt
- Wechsel an die TU Braunschweig, dort Diplom Massivbau, Holzbau, Bauwerkserhaltung, Brandschutz
- Diplomarbeit bei Prof. Hosser ist Grundlage dieses Vortrags
- Seit Januar 2010 wissenschaftlicher Mitarbeiter von Prof. Rüppel am Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen an der TU Darmstadt



4. FDS-Usertagung 2010 Berlin | Dipl.-Ing. Manuel Kitzlinger

2

Gliederung

- Problemstellung der Diplomaufgabe
- Voruntersuchung zur Auswertungsmethodik
 - Bilanzierung der Wassermengen
 - Energiebilanz und Leistungen
- Ableitung einer Hypothese
- Kontrolle am Untersuchungsszenario
 - Wiederlegung der Hypothese
- Ausblick

Problemstellung der Diplomaufgabe

- Löschwirkung der Sprinklerung in FDS wird bei vorgegebener Wärmefreisetzung nicht berücksichtigt.
 - Einfluss von Sprinklerparametern auf den Grad der Unterdrückung der Wärmefreisetzungsrates
 - Zeitlicher Verlauf der reduzierten Wärmefreisetzungsrates unter Berücksichtigung der „Kühlung des Raumes“
 - Überprüfung der ingenieurmässigen Ansätze zur Berücksichtigung der Sprinklerung

➔ **Zentrale Frage: „Welche Energie nimmt das Sprinklerwasser auf?“**

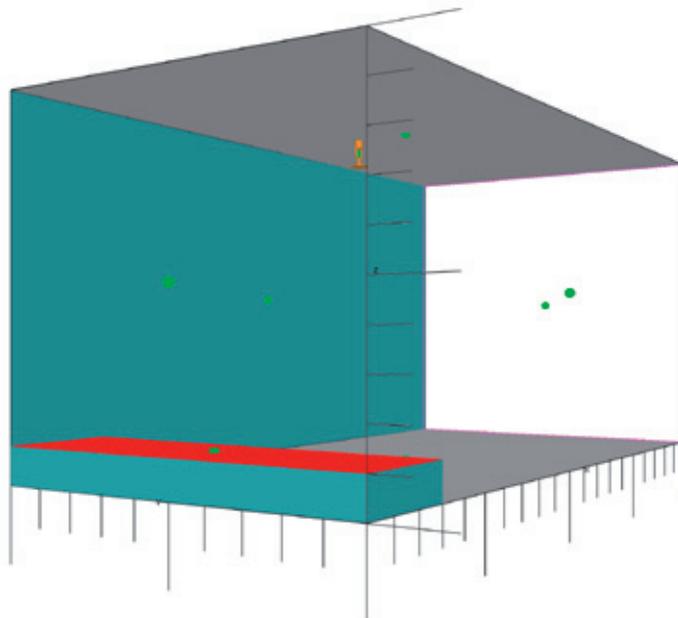
Methoden zur Auswertung

- Wie kann man die Energie im Sprinklerwasser FDS entlocken?
 - Ausgabewerte für die Wassermengen (Dampf und flüssig)?
 - Ausgabewerte für die Wassertemperaturen ?
- Welche Wassermengen stammen aus dem Sprinkler?
 - Wasserdampf als Verbrennungsprodukt
 - Luftfeuchte in der Simulation (3. User-Tagung)

➔ Massebilanz für Wasser

Erster Bilanzierungsversuch

- 4 x 2 m, 2m hoch
- Nur eine offene Wandfläche



Definition des Sprinklers

```
&PROP ID='Sprinkler_01', PART_ID='WASSER
QUANTITY='SPRINKLER LINK TEMPERATURE'
RTI=105
ACTIVATION_TEMPERATURE=68
C_FACTOR=0.5
K_FACTOR=80
FLOW_RATE=60.
DROPLET_VELOCITY=15.
SPRAY_ANGLE=60., 70./
```

Übersicht Massebilanz Wasser

Eingangsgröße	Bestandsgröße	Ausgangsgröße	Bilanz
Wasserdampf aus Verbrennung $W_{V,E}^G$ (aus Bilanzsumme der Referenzsimulation errechnet)	Wasserdampf aus Verbrennung $W_{V,B}^G$ (aus Referenzsimulation) <i>ideell (Ungenauigkeit durch Rauschen)</i>	Wasserdampf aus Verbrennung $W_{V,A}^G$ (aus Referenzsimulation) <i>ideell (Ungenauigkeit durch Rauschen)</i>	Summe = 0
Wasser aus Sprinkler $W_{S,E}^F$ (aus analytischer Vorgabe) <i>entspricht nicht unbedingt der Simulation</i>	Wassertropfen aus Sprinkler $W_{S,B}^F$ <i>„genau“ (aus Simulation)</i>	Wassertropfen aus Berechnungsraum entfernt $W_{S,A,entfernt}^F$ <i>„genau“ (aus Simulation)</i>	Summe = 0
	Wasserdampf aus Sprinkler $W_{S,B}^G$ (Massenintegral MASS FRACTION- $W_{V,B}^G$) <i>ideell</i>	Wasserdampf aus Sprinkler durch offene Grenzen $W_{S,A}^G$ (MASS FLOW- $W_{V,A}^G$) <i>ideell</i>	
Summe eingebrachtes Wasser W_E	Summe Wassermasse im Berechnungsraum W_B	Summe Wassermasse aus Berechnungsraum entfernt W_A	Summe = 0

Wasser Test 1

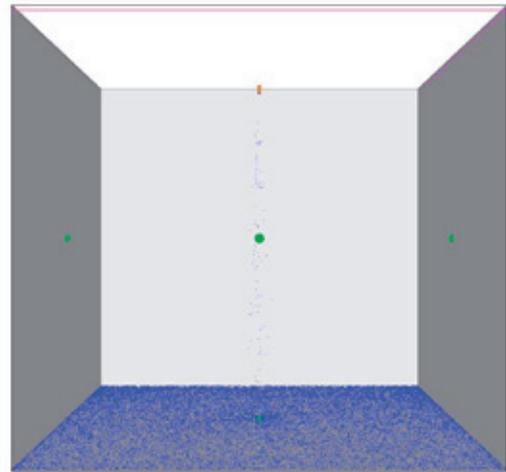
■ Ergebnisse zu Simulationsende

■ POROUS_FLOOR=.TRUE.

- MPUV: 0,36 kg
- AMPUA (Boden): 97,05 kg
- AMPUA (Wände): 0 kg
- MPUA (Boden): 0 kg
- MPUA (Wände): 0 kg

■ POROUS_FLOOR=.FALSE.

- MPUV: 0,37 kg
- AMPUA (Boden): 97,07 kg
- AMPUA (Wände): 0 kg
- MPUA (Boden): 96,34 kg
- MPUA (Wände): 0,65 kg



Wasser Test 2

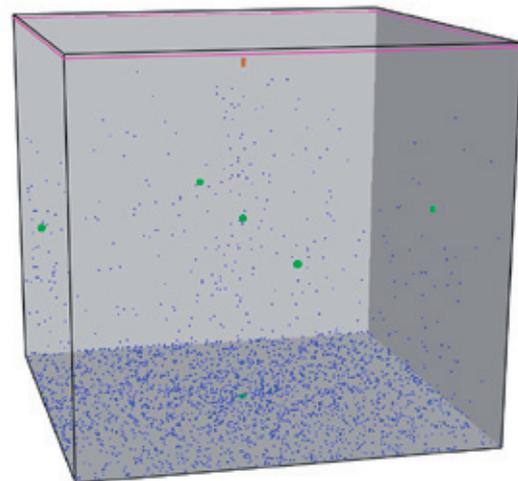
■ Ergebnisse zu Simulationsende

■ POROUS_FLOOR=.TRUE.

- MPUV: 0,72 kg
- AMPUA (Boden): 77,84 kg
- AMPUA (Wände): 18,61 kg
- MPUA (Boden): 0 kg
- MPUA (Wände): 0,61 kg

■ POROUS_FLOOR=.FALSE.

- MPUV: 0,71 kg
- AMPUA (Boden): 77,74 kg
- AMPUA (Wände): 18,68 kg
- MPUA (Boden): 94,74 kg
- MPUA (Wände): 1,51 kg



Wasser Test 3

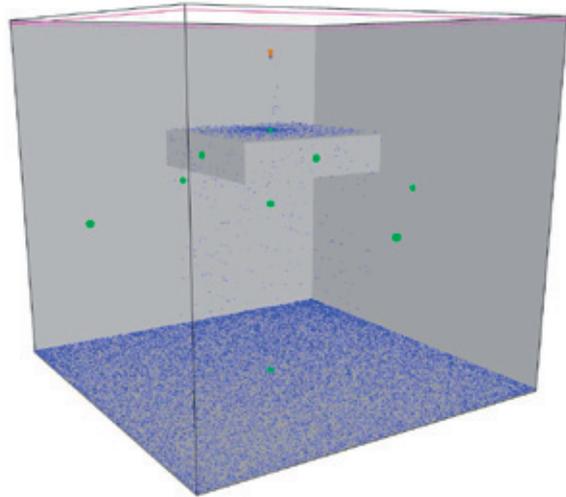
■ Ergebnisse zu Simulationsende

■ POROUS_FLOOR=.TRUE.

- MPUV: 1,09 kg
- AMPUA (Boden): 0 kg
- AMPUA (Wände): 0 kg
- MPUA (Boden): 0 kg
- MPUA (Wände): 0 kg

■ POROUS_FLOOR=.FALSE.

- MPUV: 1,09 kg
- AMPUA (Boden): 0 kg
- AMPUA (Wände): 0 kg
- MPUA (Boden): 90,98 kg
- MPUA (Wände): 0,88 kg



Wasser Test 5

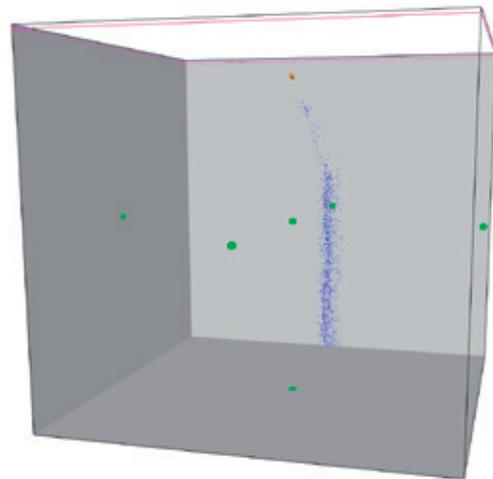
■ Ergebnisse zu Simulationsende

■ POROUS_FLOOR=.TRUE.

- MPUV: 0,23 kg
- AMPUA (Boden): 0,01 kg
- AMPUA (Wand): 97,29 kg
- MPUA (Boden): 0 kg
- MPUA (Wände): 0 kg

■ POROUS_FLOOR=.FALSE.

- MPUV: 0,24 kg
- AMPUA (Boden): 0,01 kg
- AMPUA (Wand): 97,31 kg
- MPUA (Boden): 92,22 kg
- MPUA (Wände): 4,99 kg



Wassermassebilanz

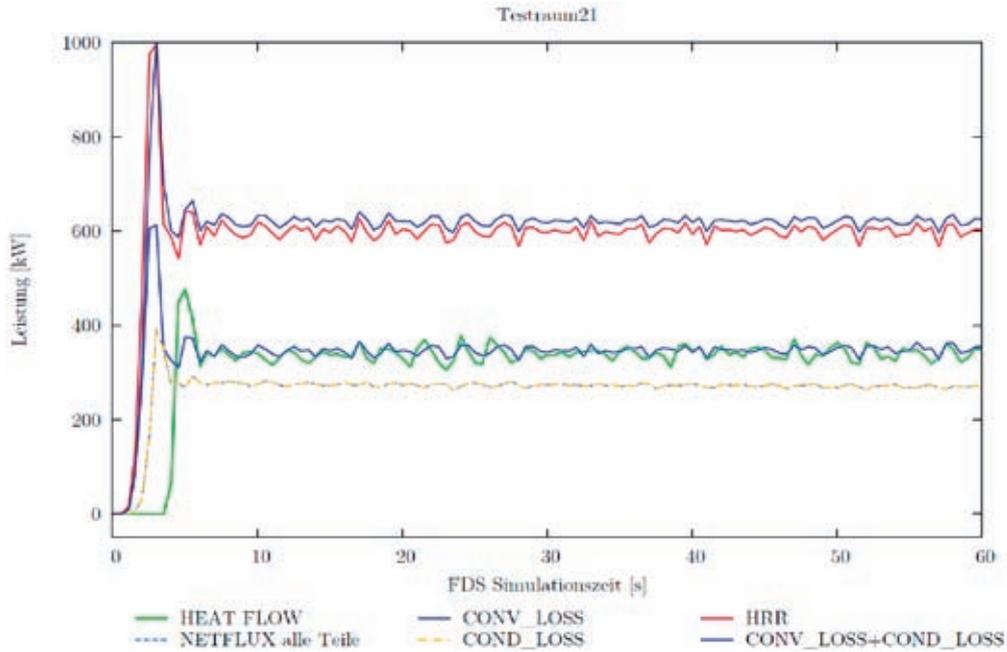
- Regeln zum Verhalten der Masseaufzeichnung:
 - Wassertropfenmasse wird nur an begrenzenden Oberflächen aufgezeichnet.
 - Die akkumulierte Masse der Wassertropfen an einer begrenzenden Oberfläche wird nur beeinflusst, wenn der entsprechende Wassertropfen zum ersten Mal eine Objektoberfläche erreicht.

- Bedingungen für Massebilanz in der Simulation:
 - POROUS_FLOOR=.FALSE.
 - HUMIDITY=0.0

Wassermassebilanz

Eingangsgrösse	Bestandsgrösse	Ausgangsgrösse	Bilanz
Wasserdampf aus Verbrennung $W_{V,E}^G = W_{V,B}^G + W_{V,A}^G$ (Bilanzsumme der Referenzsimulation)	Wasserdampf aus Verbrennung $W_{V,B}^G = \int [\text{MASS FRACTION}] dV$ (aus Referenzsimulation) <i>ideell (Ungenauigkeit durch Rauschen)</i>	Wasserdampf aus Verbrennung $W_{V,A}^G = \int [\text{MASS FLOW}] dt$ (aus Referenzsimulation) <i>ideell (Ungenauigkeit durch Rauschen)</i>	Summe = 0
Wasser aus Sprinkler $W_{S,E}^F = \sum [\text{FLOW RATE}]_n \cdot \Delta t_n$ (aus Vorgabe) <i>entspricht nicht unbedingt der Simulation</i>	Wassertropfen aus Sprinkler $W_{S,B}^F = \int [\text{MPUV}] dV + \int [\text{MPUA}] dA$ <i>„genau“ (aus Simulation)</i>	Wassertropfen Berechnungsraum verlassen $W_{S,A}^F = W_{S,E}^F - W_{S,B}^F - W_{S,B}^G - W_{S,A}^G$ gleicht die fehlende Übereinstimmung der analytischen Vorgabe zur Simulation aus	Summe = 0
	Wasserdampf aus Sprinkler $W_{S,B}^G = \int [\text{MASS FRACTION}] dV - W_{V,B}^G$ <i>ideell</i>	Wasserdampf aus Sprinkler durch offene Grenzen $W_{S,A}^G = \int [\text{MASS FLOW}] dt - W_{V,A}^G$ <i>ideell</i>	
Summe eingebrachtes Wasser $W_E = W_{V,E}^G + W_{S,E}^F$	Summe Wassermasse im Berechnungsraum $W_B = W_{V,B}^G + W_{S,B}^F + W_{S,B}^G$	Summe Wassermasse aus Berechnungsraum entfernt $W_A = W_{V,A}^G + W_{S,A}^F + W_{S,A}^G$	Summe = 0

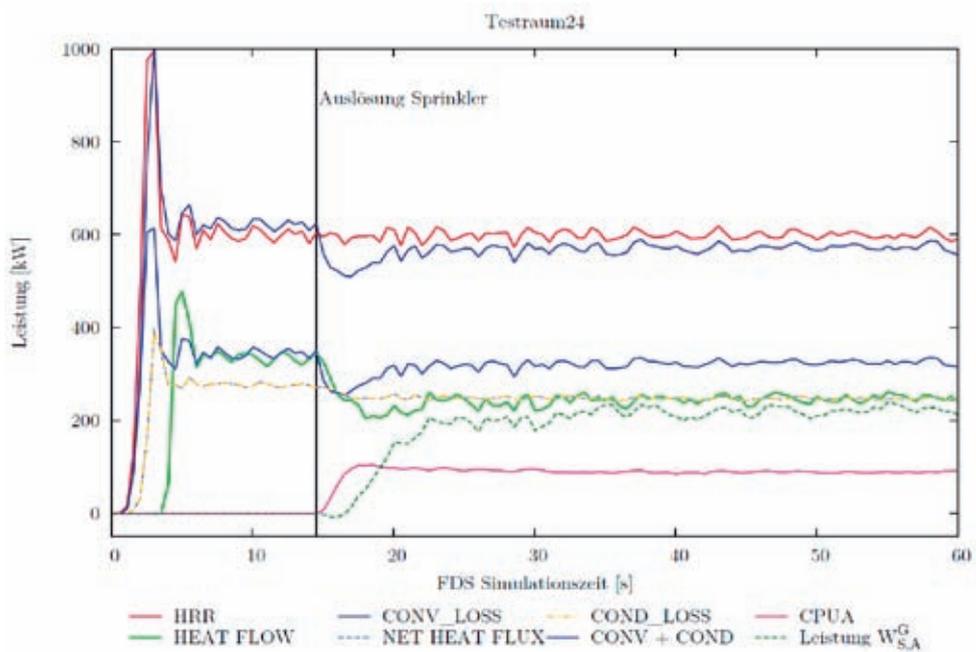
Leistungen ungesprinkelte Referenz



4. FDS-Userstagung 2011 Berlin | Dipl.-Ing. Manuel Kitzlinger

15

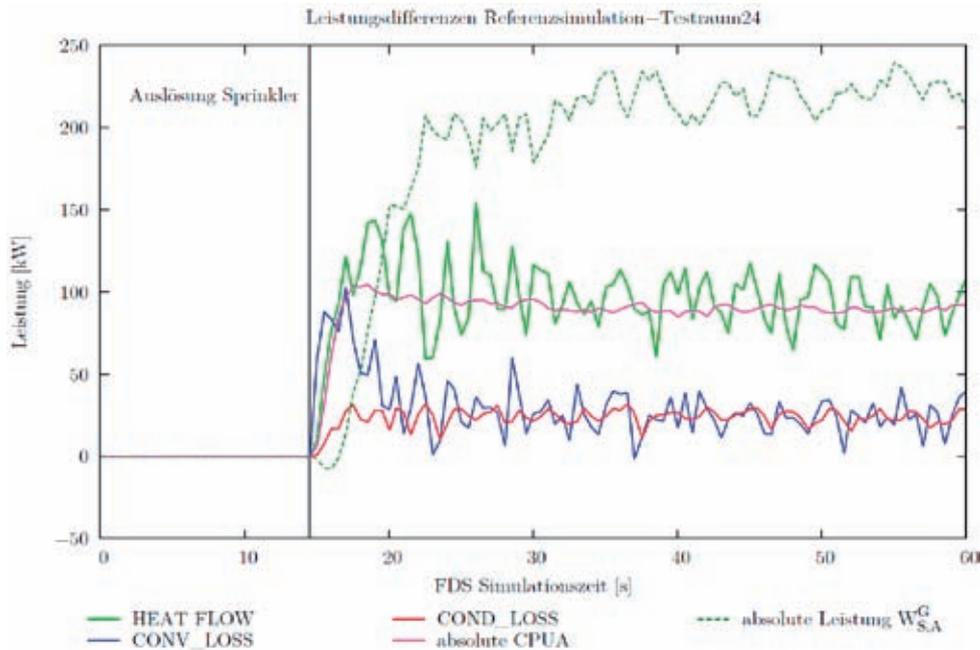
Leistungen mit Sprinklerung



4. FDS-Userstagung 2011 Berlin | Dipl.-Ing. Manuel Kitzlinger

16

Differenz Referenz – Sprinklerung



4. FDS-Usertagung 2010 Berlin | Dipl.-Ing. Manuel Kitzlinger

17

Ableitung einer Hypothese

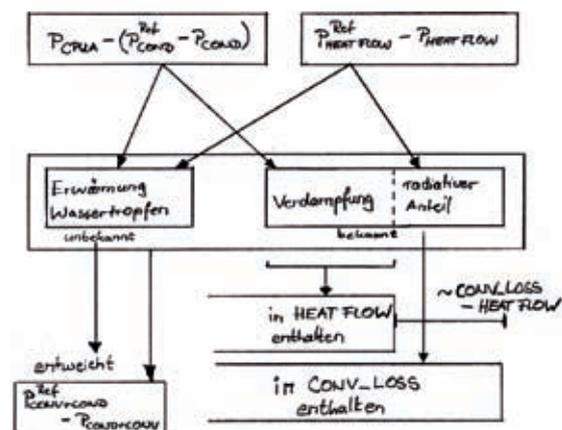
Die Grösse CONV_LOSS zeichnet unter anderem die Energie auf, die als Wasserdampf den Berechnungsraum durch die offene Grenze verlässt.

Die Differenz zwischen der Grösse CONV_LOSS und HEAT_FLOW bezeichnet den radiativen Anteil an der Energieaufnahme des ausgetretenen Dampfes.

Die Differenz der Grösse HEAT_FLOW zwischen Referenzsimulation und gesprinklertem Fall erklärt sich durch die Energie, welche der Gasphase nicht mehr zur Erwärmung zur Verfügung steht; bestehend aus den Anteilen radiativer Energie, die stattdessen von verdampfenden Wassertropfen absorbiert wird, und Wärme, die in nicht verdampfenden Wassertropfen aufgenommen wird.

Die Summe des Rückgangs der Grössen CONV_LOSS und COND_LOSS ist die Energie, welche durch die Wassermasse im Berechnungsraum und ausgeströmte Wassertropfen aufgenommen wird.

Die Differenz der Grösse CONV_LOSS ist dann die Energie, die zur Erwärmung der Wassertropfen führt.



4. FDS-Usertagung 2010 Berlin | Dipl.-Ing. Manuel Kitzlinger

18

Hypothese mathematisch formuliert:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{CPUA}} - (P_{\text{COND}}^{\text{Ref}} - P_{\text{COND}}) &\leq (\dot{W}_{S,B}^F + \dot{W}_{S,A}^F) \cdot \Delta T_m \cdot 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \\
 &+ (\dot{W}_{S,B}^G + \dot{W}_{S,A}^G) \cdot ((100^\circ\text{C} - T_\infty) \cdot 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} + 2259 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) \\
 P_{\text{CONV}} - P_{\text{FLOW}} &\leq \dot{W}_{S,A}^G \cdot ((100^\circ\text{C} - T_\infty) \cdot 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} + 2259 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) \\
 (P_{\text{COND}}^{\text{Ref}} - P_{\text{COND}}) + (P_{\text{CONV}}^{\text{Ref}} - P_{\text{CONV}}) &= (\dot{W}_{S,B}^F + \dot{W}_{S,A}^F) \cdot \Delta T_m \cdot 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \\
 &+ \dot{W}_{S,B}^G \cdot ((100^\circ\text{C} - T_\infty) \cdot 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} + 2259 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}), \\
 \text{wobei } \Delta T_m &< 100^\circ\text{C} - T_\infty \\
 P_{\text{CONV}}^{\text{Ref}} - P_{\text{CONV}} &= (\dot{W}_{S,B}^F + \dot{W}_{S,A}^F) \cdot \Delta T_m \cdot 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}, \\
 \text{wobei } \Delta T_m &< 100^\circ\text{C} - T_\infty
 \end{aligned}$$

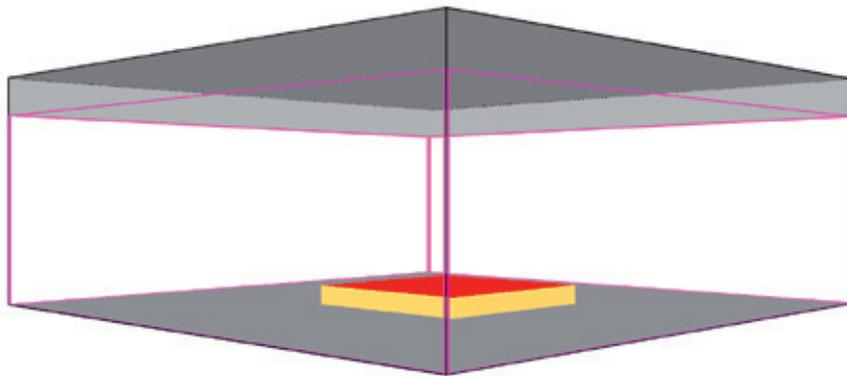
Plausibilität

$$\begin{aligned}
 4363,2 \text{ kJ} &\leq \dot{W}_{S,A}^G \cdot (80 \text{ K} \cdot 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} + 2259 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) = 8702 \text{ kJ} \\
 1076,9 \text{ kJ} + 1379,6 \text{ kJ} &= (\dot{W}_{S,B}^F + \dot{W}_{S,A}^F) \cdot \Delta T \cdot 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \\
 &+ \dot{W}_{S,B}^G \cdot (80 \text{ K} \cdot 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} + 2259 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) \\
 \Rightarrow \Delta T &= \frac{2457,5 \text{ kJ} + 0,464 \text{ kg} \cdot 2593,72 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{11,476 \text{ kg} \cdot 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 26,1 \text{ K} \\
 1379,6 \text{ kJ} &= (\dot{W}_{S,B}^F + \dot{W}_{S,A}^F) \cdot \Delta T \cdot 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \\
 \Rightarrow \Delta T &= \frac{1379,6 \text{ kJ}}{11,476 \text{ kg} \cdot 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 28,7 \text{ K}
 \end{aligned}$$

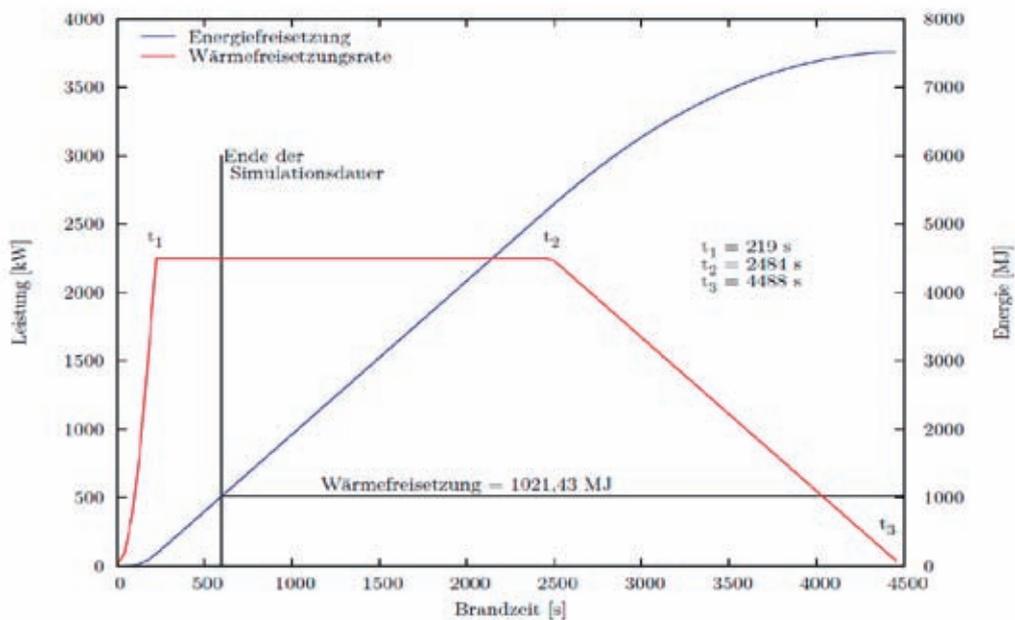
Erwärmung der Wassertropfen im Mittel um ca. 27 K auf 47°C erscheint plausibel.

Untersuchungsszenario

- 10 m x 10 m x 4 m (Ausschnitt Verkaufsraum)
- Annahmen Brandverlauf: 9 m² mit 250 kW/m² -> 2,25 MW
- Schnelle Brandentwicklung

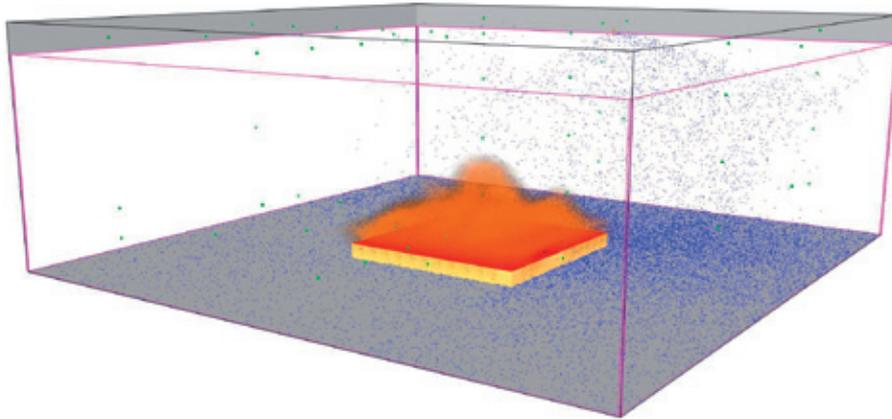


Brandverlauf



Anordnung der Sprinkler

- Drei Unterschiedliche Anordnungen:
 - Ein Sprinkler zentral über dem Brandherd
 - Ein Sprinkler über einer Ecke des Brandherds
 - Vier Sprinkler jeweils über einer Ecke des Brandherds

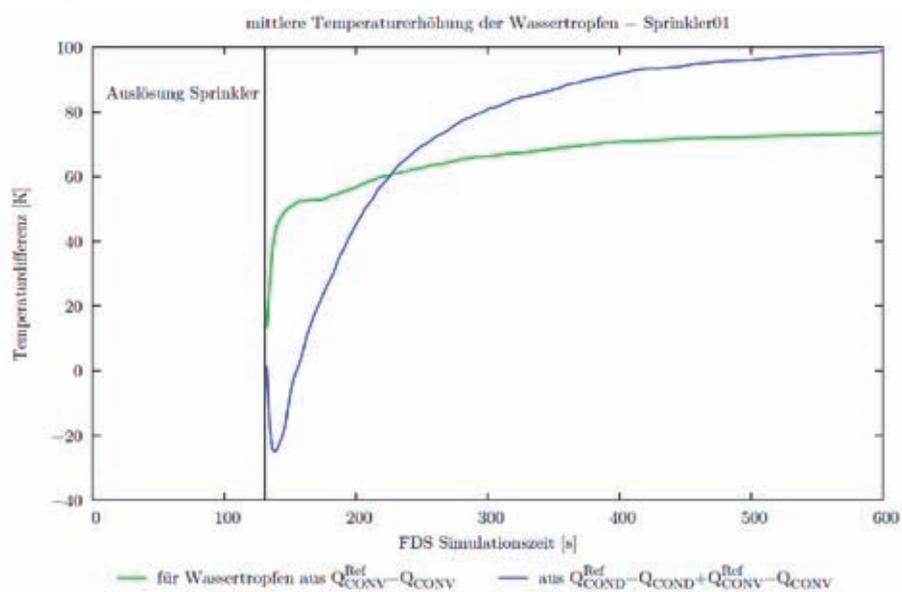


4. FDS-Usertagung 2010 Berlin | Dipl.-Ing. Manuel Kitzlinger

23

Mittlere Erwärmung der Wassertropfen

Ein Sprinkler zentral über dem Brandherd

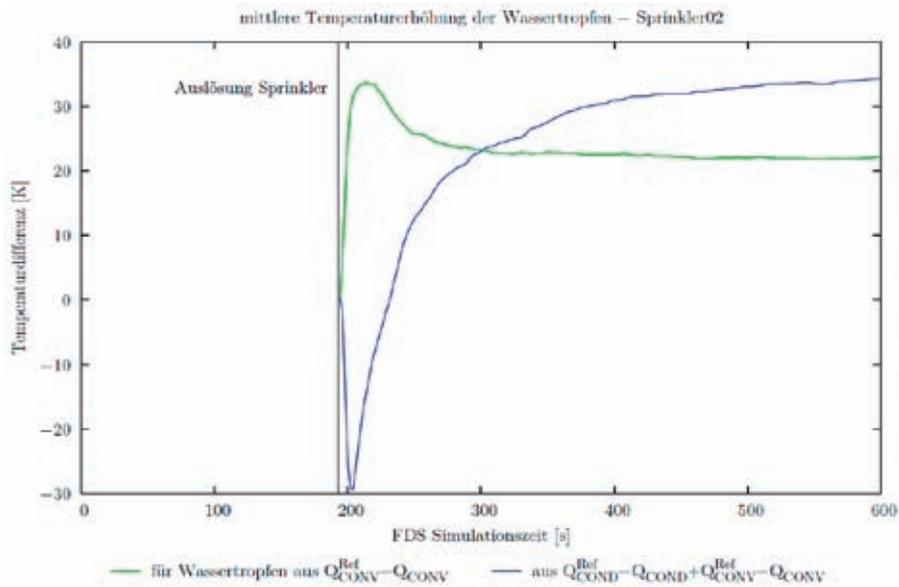


4. FDS-Usertagung 2010 Berlin | Dipl.-Ing. Manuel Kitzlinger

24

Mittlere Erwärmung der Wassertropfen

Ein Sprinkler über einer Ecke des Brandherds

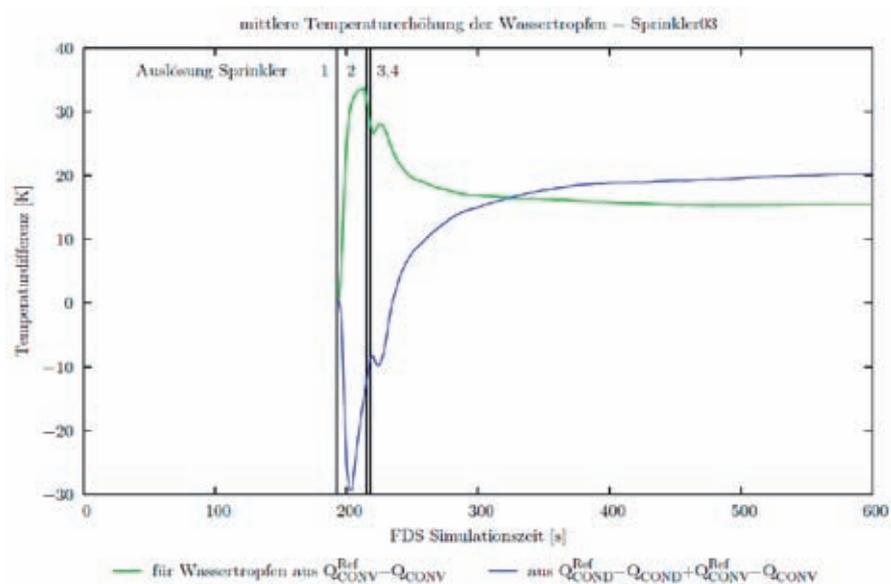


4. FDS-Usertagung 2010 Berlin | Dipl.-Ing. Manuel Kitzlinger

25

Mittlere Erwärmung der Wassertropfen

Vier Sprinkler jeweils über einer Ecke des Brandherds



4. FDS-Usertagung 2010 Berlin | Dipl.-Ing. Manuel Kitzlinger

26

Gegenüberstellung der wichtigen Energiedifferenzen

MJ	Sprinkler01	Sprinkler02	Sprinkler03
$Q_{\text{COND}}^{\text{Ref}} - Q_{\text{COND}}$	41,08	22,55	41,32
$Q_{\text{CONV}}^{\text{Ref}} - Q_{\text{CONV}}$	99,33	30,06	91,95
$Q_{\text{HFLOW}}^{\text{Ref}} - Q_{\text{HFLOW}}$	219,53	99,33	206,96
$Q_{\text{CONV}} - Q_{\text{HFLOW}}$	290,14	479,61	310,08

Schlussfolgerung:

- Lage Sprinkler, Brandherd, offene Berechnungsgrenzen haben wohl Einfluss
- Radiative Wärmeübergänge müssen genauer betrachtet werden.

Zusammenfassung

- Methode zur Bilanzierung der Wassermengen nach Herkunft und Aggregatzustand
- Energiebilanz des gesprinklerten Szenarios noch nicht erreicht.
- Radiative Wärmeübertragungsvorgänge massgeblich beteiligt.

Sebastian Metzger:**Analyse des Einflusses der C, H, O, N-Werte auf den soot-yield sowie die Relevanz des Luftverbrauchs****Abstract:**

Zur Modellierung von Brandszenarien wird das »Mixture Fraction Combustion« Modell von FDS in einer Parameterstudie verwendet. Ein Brand wird mittig in einem Raum platziert. Die Zuluft erfolgt bodennah von allen Seiten. Ein Messpunkt wird in der Nähe des Brandherdes angebracht. Es wird untersucht inwieweit die Einflussparameter der Stoffzusammensetzung Einfluss auf die Rauchentwicklung und den Sauerstoffverbrauch haben. Massgebende Ausgabegrößen wie Rauchausbreitung, Rauchdichte und Sauerstoffverbrauch werden gegenübergestellt. Es wird dargestellt dass die Summenformeln keinen massgebenden Einfluss auf die Rauchdichte haben. Die Sauerstoffkonzentration ändert sich marginal. Es wird festgestellt, dass der soot yield und der Heizwert von Stoffen den grössten Einfluss auf die Rauchdichte haben. Obwohl NOISE=.FALSE. gesetzt wurde traten Turbulenzen zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf. Dadurch kann der Vergleich der Messwerte nur innerhalb der ersten 150 sec. Simulationszeit erfolgen. Die Parameterstudie wird mit DNS=.TRUE. fortgesetzt und die Messwerte erneut miteinander verglichen.

Sebastian Metzger

Analyse des Einflusses der C, H, O, N-Werte auf den soot-yield sowie die Relevanz des Luftverbrauchs

FDS-Usertreffen 4./5. November 2010

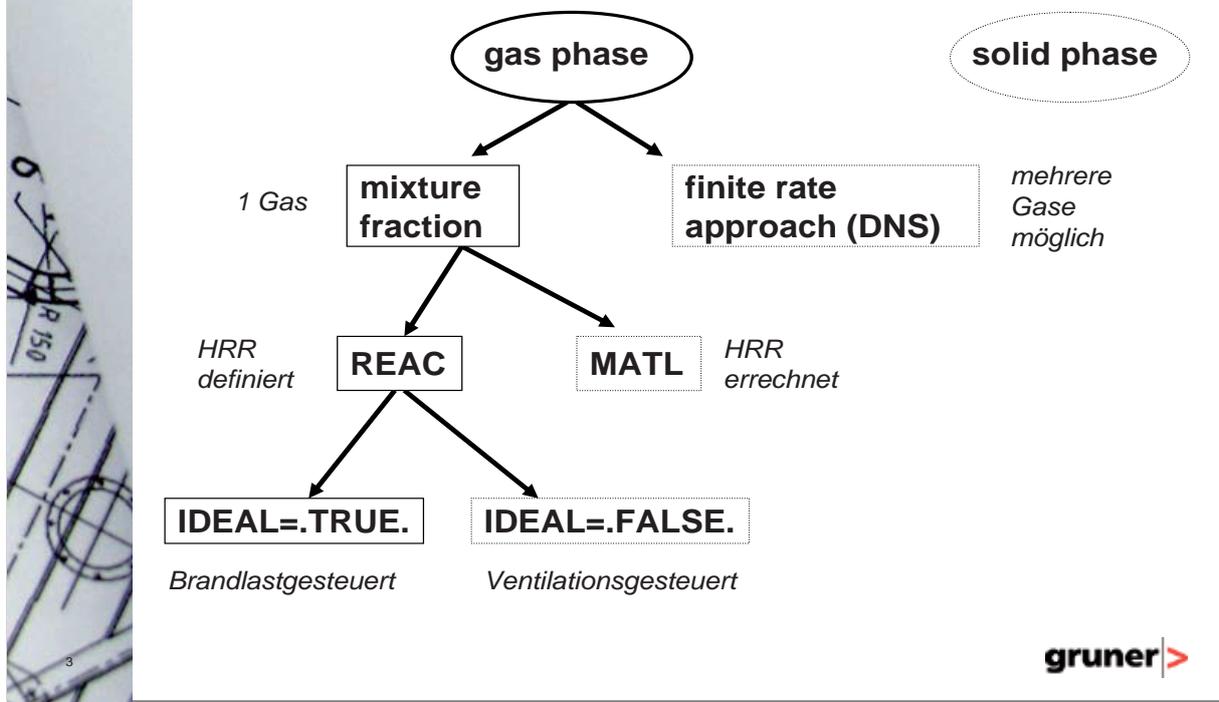
gruner >

Analyse des Einflusses der C, H, O, N-Werte
auf den soot-yield sowie die Relevanz des Luftverbrauchs

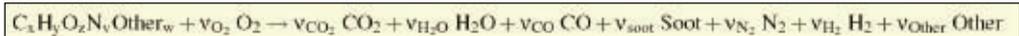
1. Verbrennungsmodell (mixture fraction)
2. REAC
3. FDS Modell
4. Parameterstudie
5. Zusammenfassung

gruner >

1. Verbrennungsmodell



1. Verbrennungsmodell



You need only specify the chemical formula of the fuel amount of Hydrogen in the source `hydro` term along with the presence of other species. FDS will use that information to calculate the final chemical products that are formed:

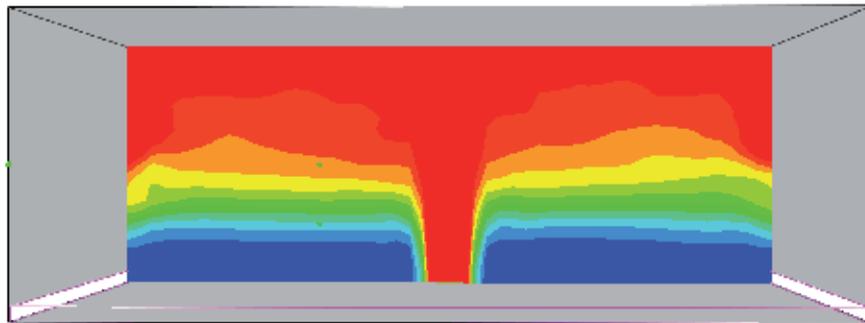
<code>CO</code>	<code>CO</code>	<code>CO</code>	<code>CO</code>
<code>CO2</code>	<code>CO2</code>	<code>CO2</code>	<code>CO2</code>
<code>H2</code>	<code>H2</code>	<code>H2</code>	<code>H2</code>
<code>H2O</code>	<code>H2O</code>	<code>H2O</code>	<code>H2O</code>
<code>N2</code>	<code>N2</code>	<code>N2</code>	<code>N2</code>
<code>N</code>	<code>N</code>	<code>N</code>	<code>N</code>
<code>N3</code>	<code>N3</code>	<code>N3</code>	<code>N3</code>
<code>NO</code>	<code>NO</code>	<code>NO</code>	<code>NO</code>
<code>NO2</code>	<code>NO2</code>	<code>NO2</code>	<code>NO2</code>
<code>Other</code>	<code>Other</code>	<code>Other</code>	<code>Other</code>

Auszug aus FDS-Userguide

gruner

3. FDS Modell

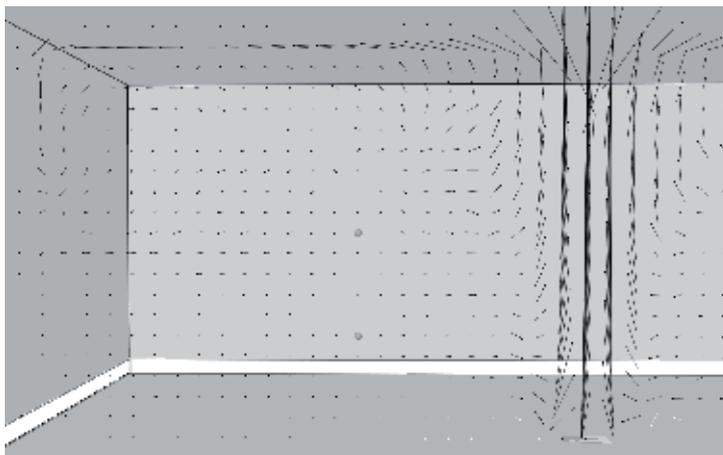
Plot3D 140 s - extinction coefficient soot



gruner >

3. FDS Modell

Plot3D 140 s - Visualisierung Strömung



gruner >

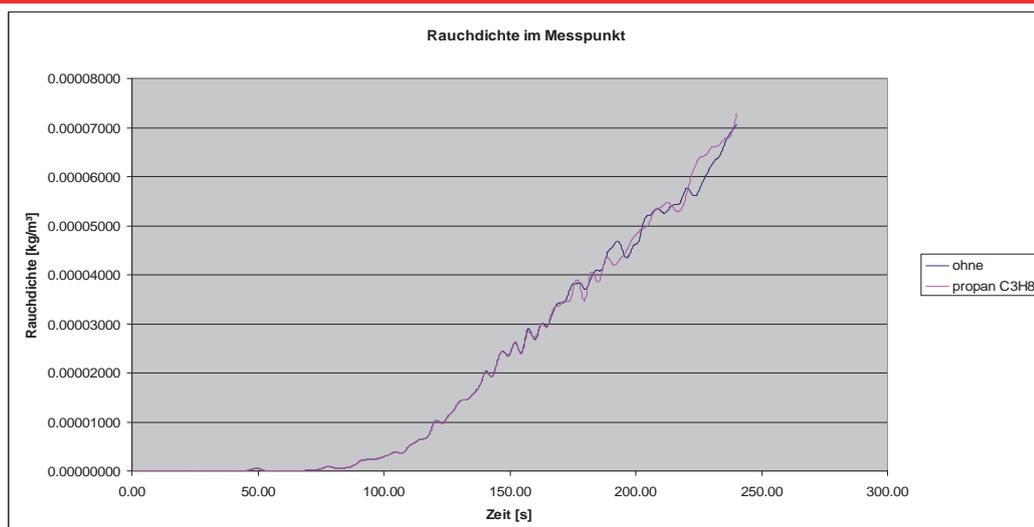
4. Parameterstudie

1. Propan -ohne-
2. Propan (C_3H_8)
3. Propan x 2 (C_6H_{16})
4. Propan x 4 ($C_{12}H_{32}$)
5. Propan x 10 ($C_{30}H_{80}$)
6. Polymeric MDI ($C_{23}H_{19}O_3N_3$)
7. red Oak ($CH_{1.7}O_{0.72}N_{0.001}$)
8. Nylon ($CH_{1.8}O_{0.17}N_{0.17}$)

Archibald Tewarson, "Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires", S 3-105 bis 3-108; the SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, third edition, 2006

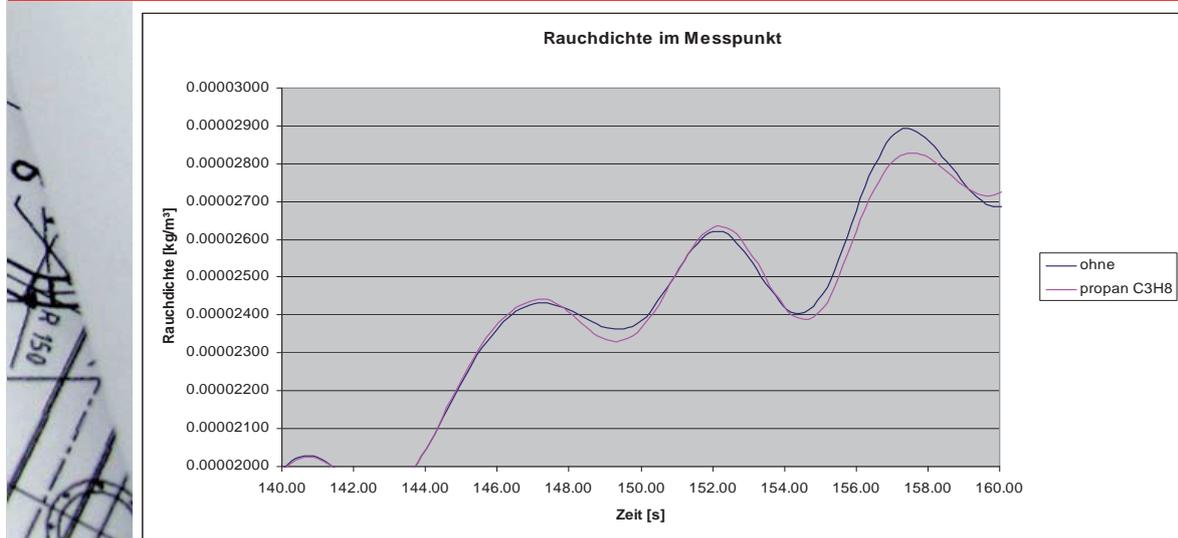
gruner >

4. Parameterstudie - Propan -



gruner >

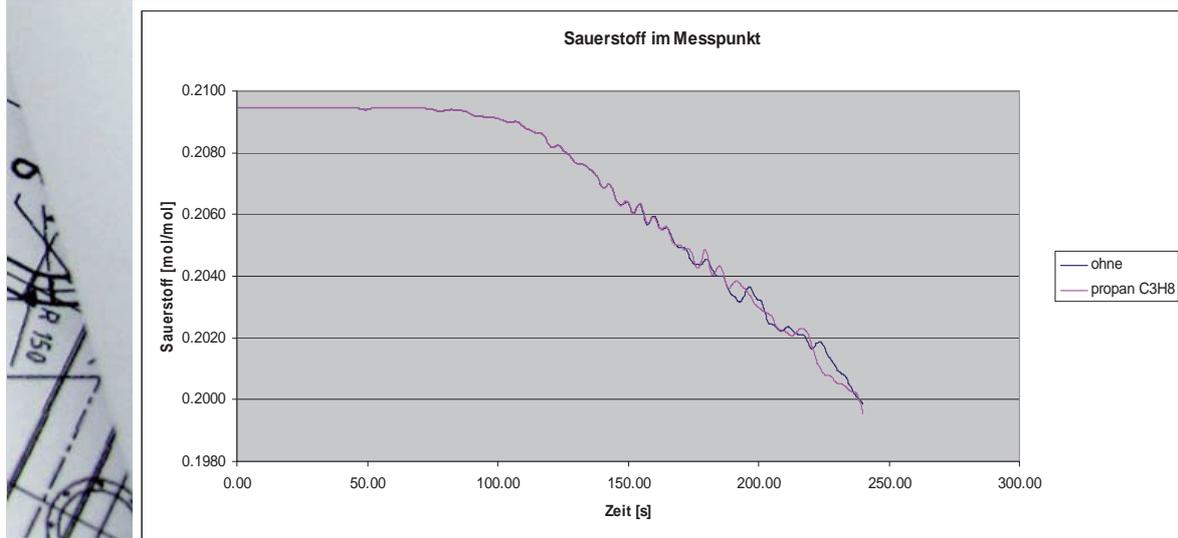
4. Parameterstudie - Propan -



11



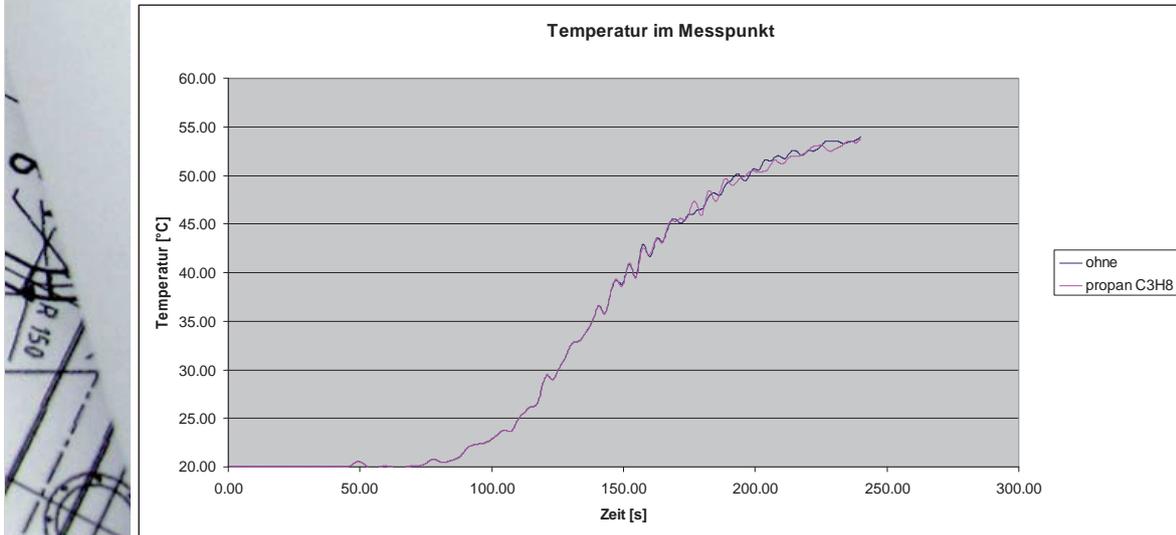
4. Parameterstudie - Propan -



12



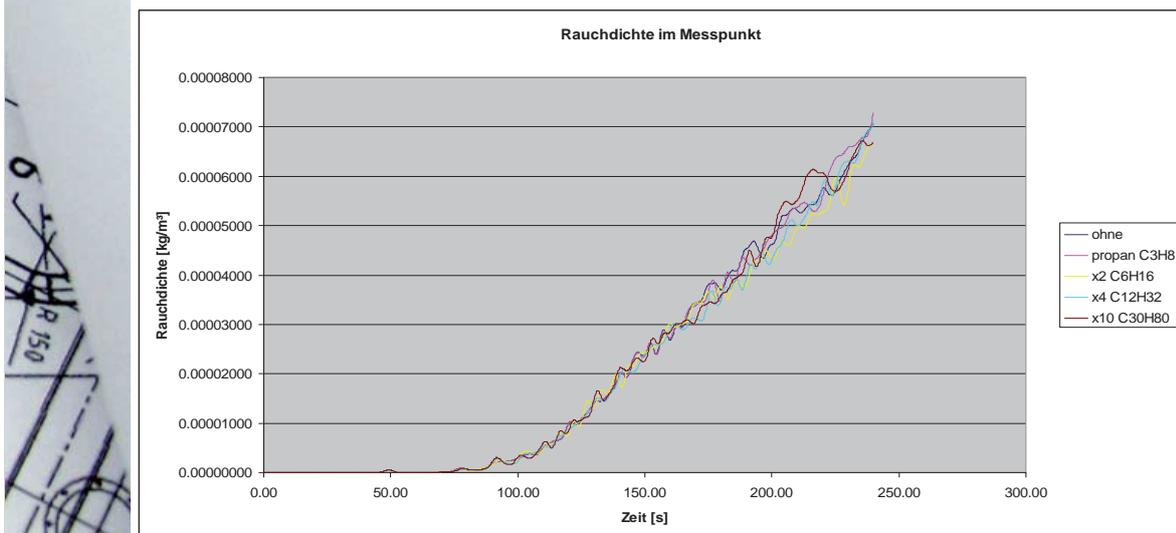
4. Parameterstudie - Propan -



13



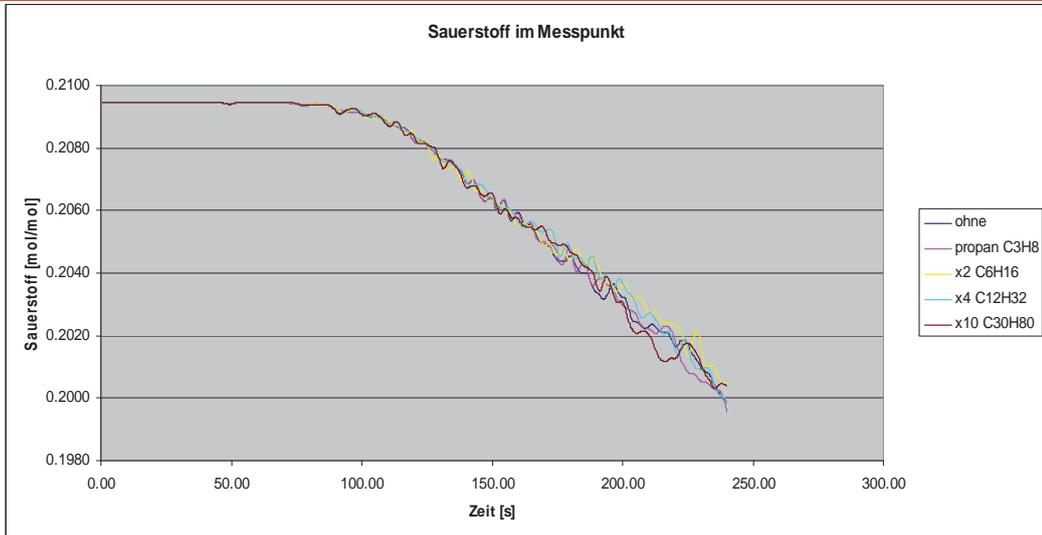
4. Parameterstudie - Propan -



14



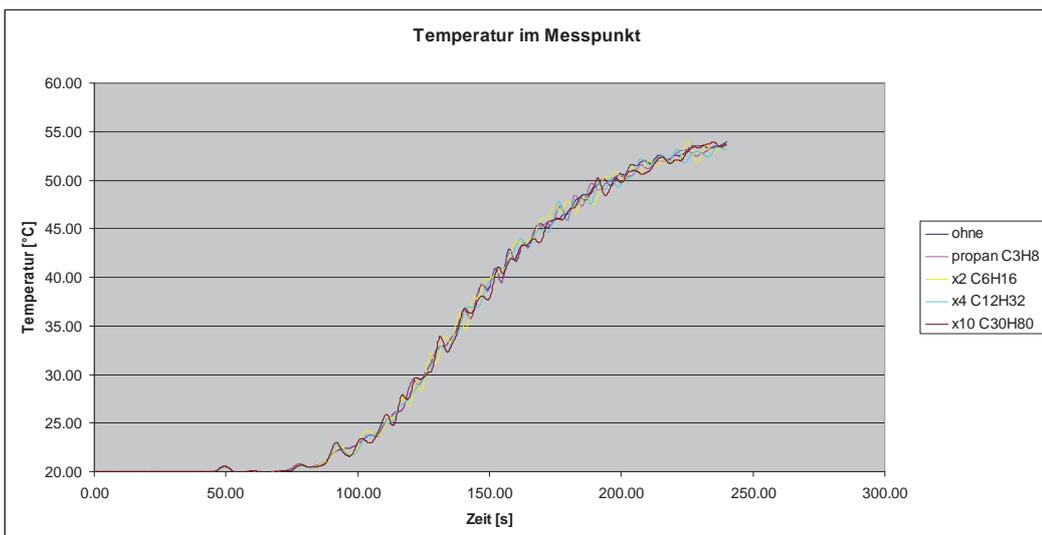
4. Parameterstudie - Propan -



15

gruner >

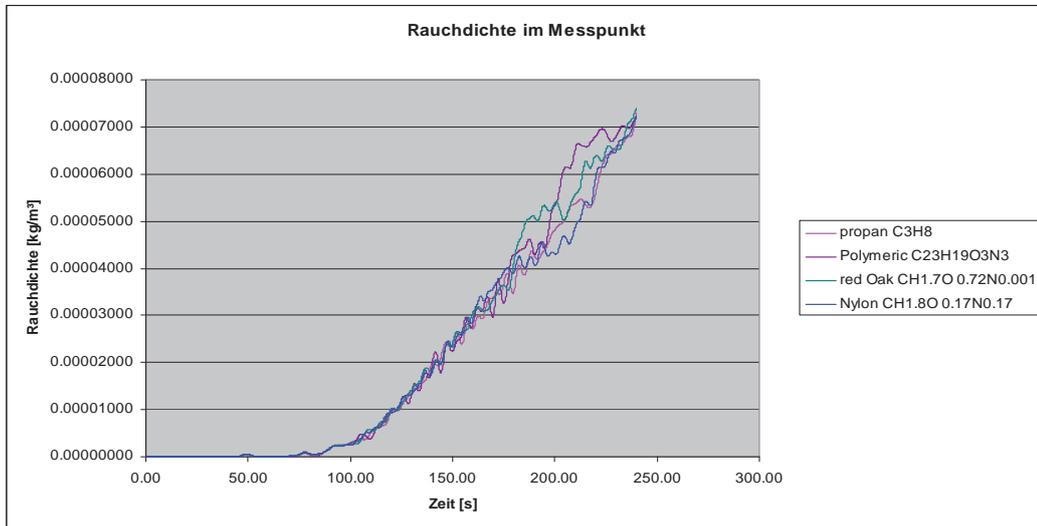
4. Parameterstudie - Propan -



16

gruner >

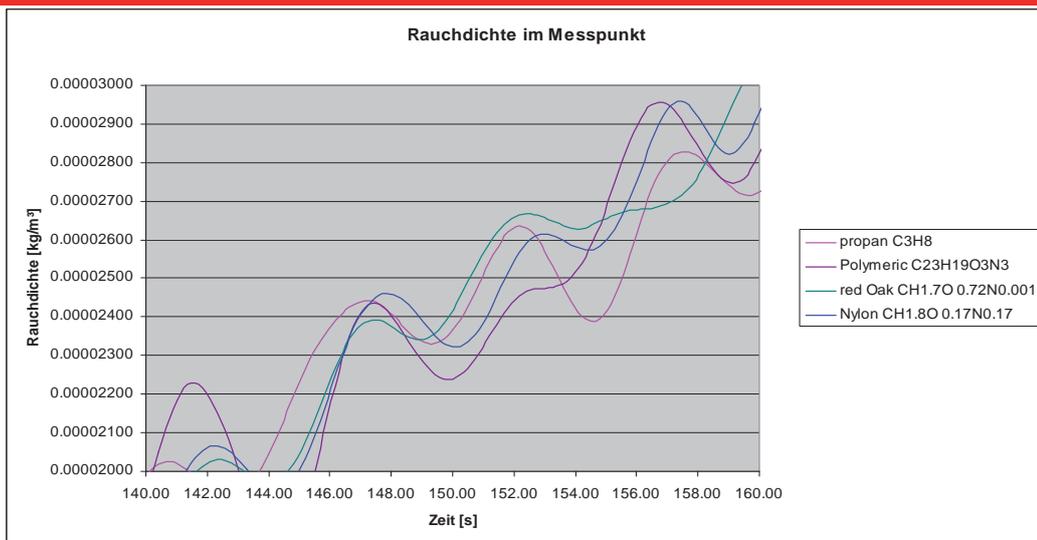
4. Parameterstudie Vergleich Stoffe



17



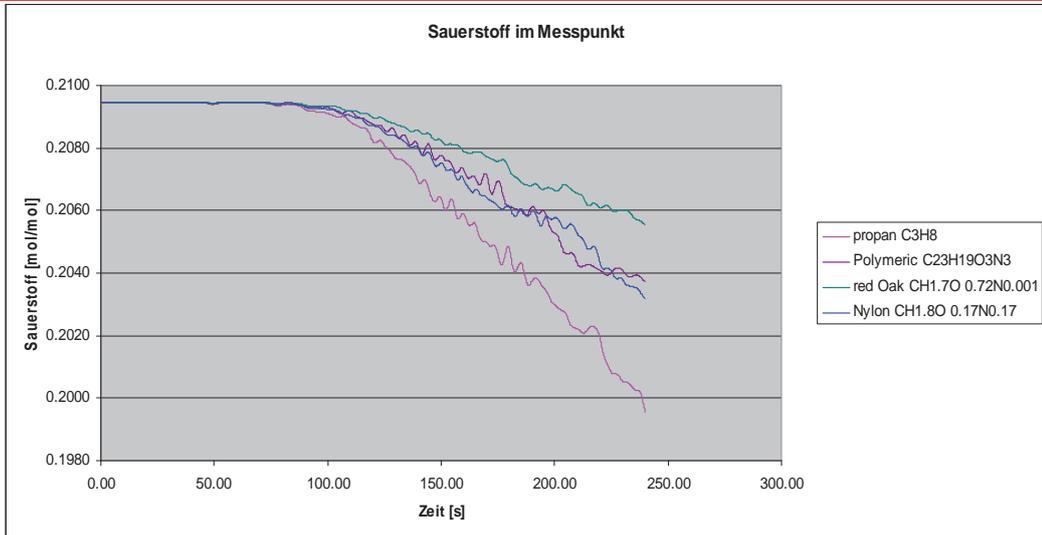
4. Parameterstudie Vergleich Stoffe



18



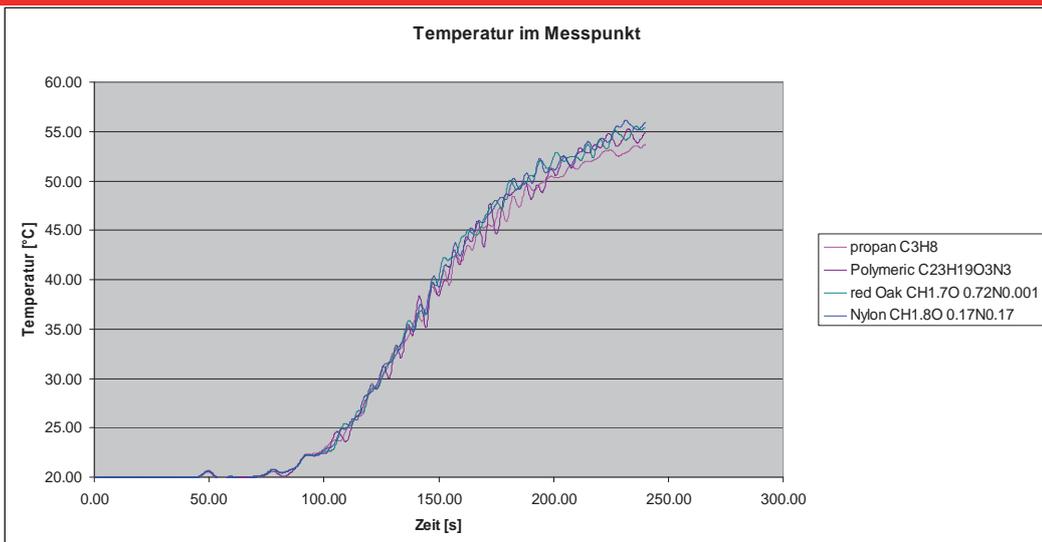
4. Parameterstudie Vergleich Stoffe



19



4. Parameterstudie Vergleich Stoffe



20



5. Zusammenfassung

Änderung der C-,H-,O-,N Werte beeinflusst Resultate im Nahbereich marginal.

Rauchdichte wird massgebend durch den soot yield und den Heizwert beeinflusst.

Summenformeln der Stoffe sind im SFPE-Handbook verfügbar.

gruner >

Fragen ?

gruner >

Dimitrios Toris:

Nachrechnungen von Brandversuchen mit FDS/ANSYS

Abstract:

Im Workshop Magdeburg 2010 wurden erste Ergebnisse der Nachrechnung des CTICM-Experiments präsentiert und eine Gegenüberstellung von gemessenen und gerechneten Resultaten vorgenommen. Auf Anregung einiger Teilnehmer (Münch / Killian) wurden weitere Varianten mit Modifikationen in der Reaktionsgleichung und in der Gitterstruktur untersucht. Im Rahmen des Anwendertreffens sollen die Ergebnisse dieser Varianten präsentiert und diskutiert werden. Darüber hinaus, sollen Ergebnisse aus der Nachrechnung eines weiteren Experiments (Wakamatsu/Pchelintsev) vorgestellt werden. Abschließend soll eine kleine Anregung zur Diskussion über die zweckmäßige Wahl von Versuchsanordnungen gemacht werden.

PROF. DR. W. KLINGSCH
 Dipl.-Ing. D. Toris
 INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ

1/ von 20


BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

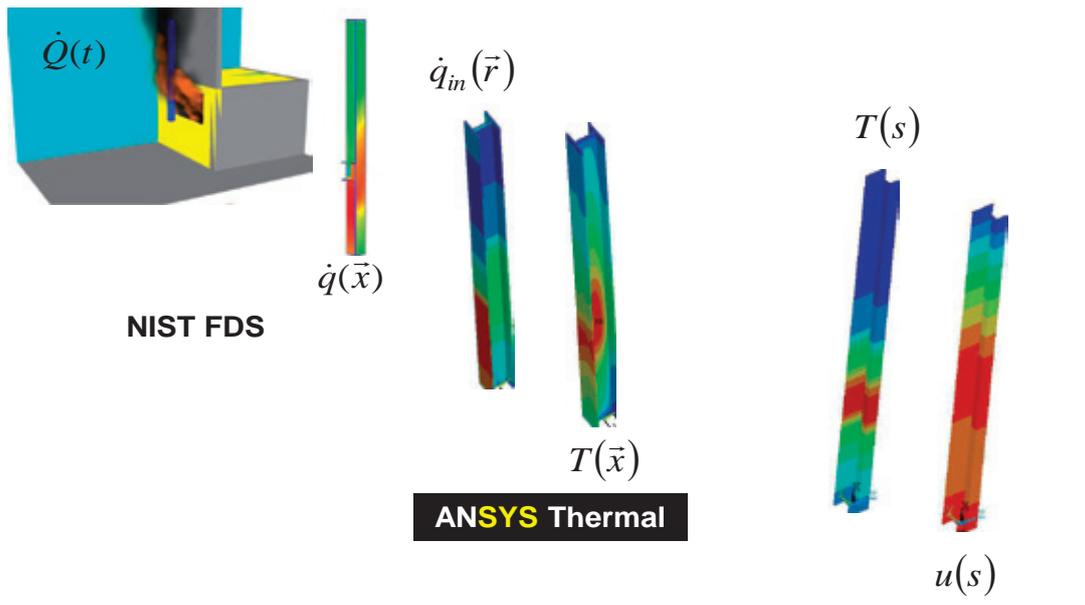


Nachrechnung von Brandversuchen
Programmkollektiv: FDS/ANSYS

PROF. DR. W. KLINGSCH
 Dipl.-Ing. D. Toris
 INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ

2/ von 20


BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL



$\dot{Q}(t)$
 $\dot{q}(\vec{x})$
NIST FDS

$\dot{q}_{in}(\vec{r})$
 $T(\vec{x})$
ANSYS Thermal

$T(s)$
 $u(s)$
ANSYS Structural

Ein – Weg – (3-Schritt-)Variante

PROF. DR. W. KLINGSCH
Dipl.-Ing. D. Toris
INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ

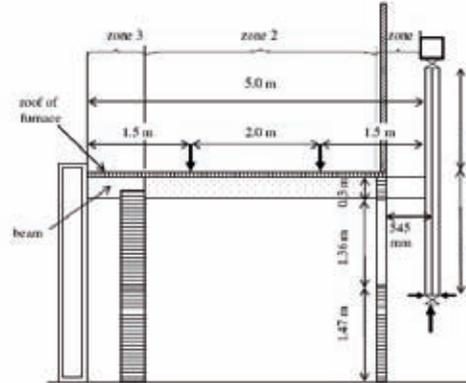
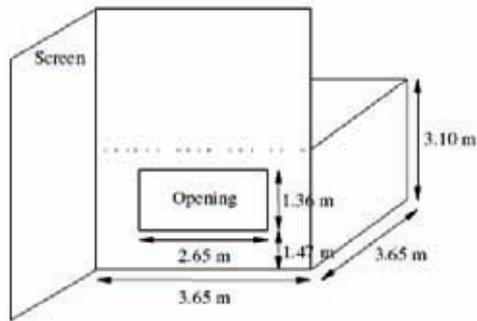


3/ von 20



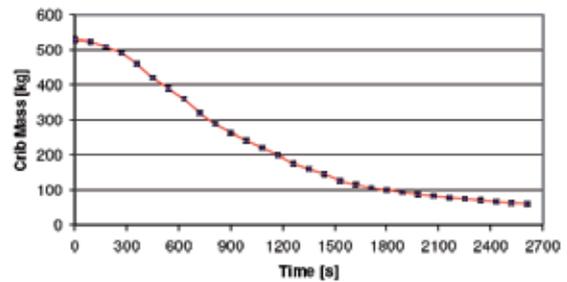
BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Brandversuch von CTICM*



*FIRESTRUC, S. Kumar, B. Zhao, J.M. Franssen & Co., RFS-CR-03030, Dezember 2006:

Integrating advanced three-dimensional modelling methodologies for predicting thermo-mechanical behaviour of steel and composite structures subjected to natural fires



PROF. DR. W. KLINGSCH
Dipl.-Ing. D. Toris
INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ

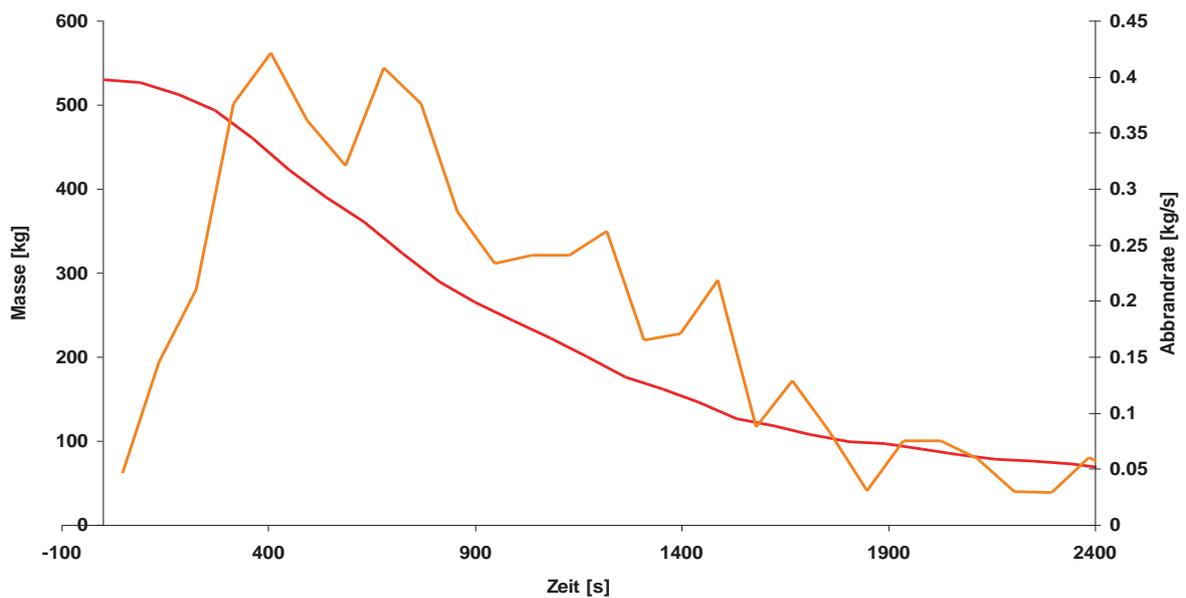


4/ von 20



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

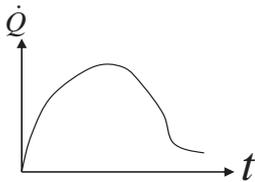
Ableitung der Wärmefreisetzungsrate



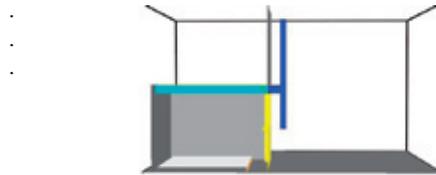


Brandverlaufssimulation - Szenario Fire Dynamics Simulator (v5)

• Explizite Vorgabe des Brandverlaufs

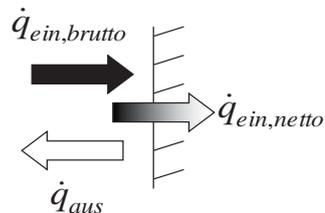


```
&SURF ID='burner',HRRPUA=683.4, RAMP_Q='HRR',COLOR='WHITE' /
&RAMP ID='HRR',T=769.6,F=0.8927 /
```



```
&BNDF QUANTITY='GAUGE HEAT FLUX' /
```

• Wahl der Ausgabegrößen



$$\dot{q}_{ein,netto} = \dot{q}_{ein,brutto}(FDS) - \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_{Oberfläche(ANSYS)}^4 - T_{Ref}^4)$$



Brandverlaufssimulation - Szenarien Fire Dynamics Simulator (v5)

Szenario 0:

Szenario 1:

```
&REAC ID='wood',C=3.4,H=6.2,O=2.5,X_O2_LL=0.00,EPUMO2=11020,SOOT_YIELD=0.01/
```

Szenario 2:

```
&RADI RADIATIVE_FRACTION=0.40 /
```

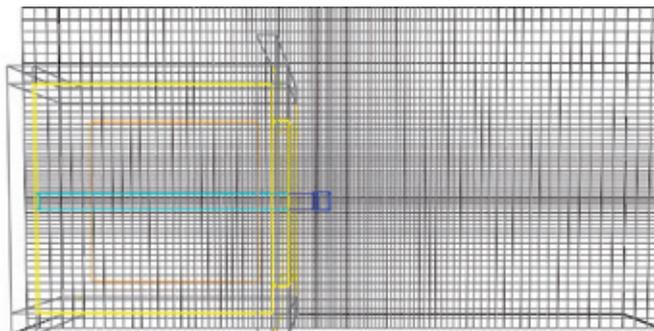
Szenario 3:

```
&TRNX IDERIV=0,CC=4.7,PC=4.7 /
```

```
&TRNX IDERIV=1,CC=4.7,PC=0.5 /
```

```
&TRNY IDERIV=0,CC=2.1,PC=2.1 /
```

```
&TRNY IDERIV=1,CC=2.1,PC=0.5 /
```



PROF. DR. W. KLINGSCH

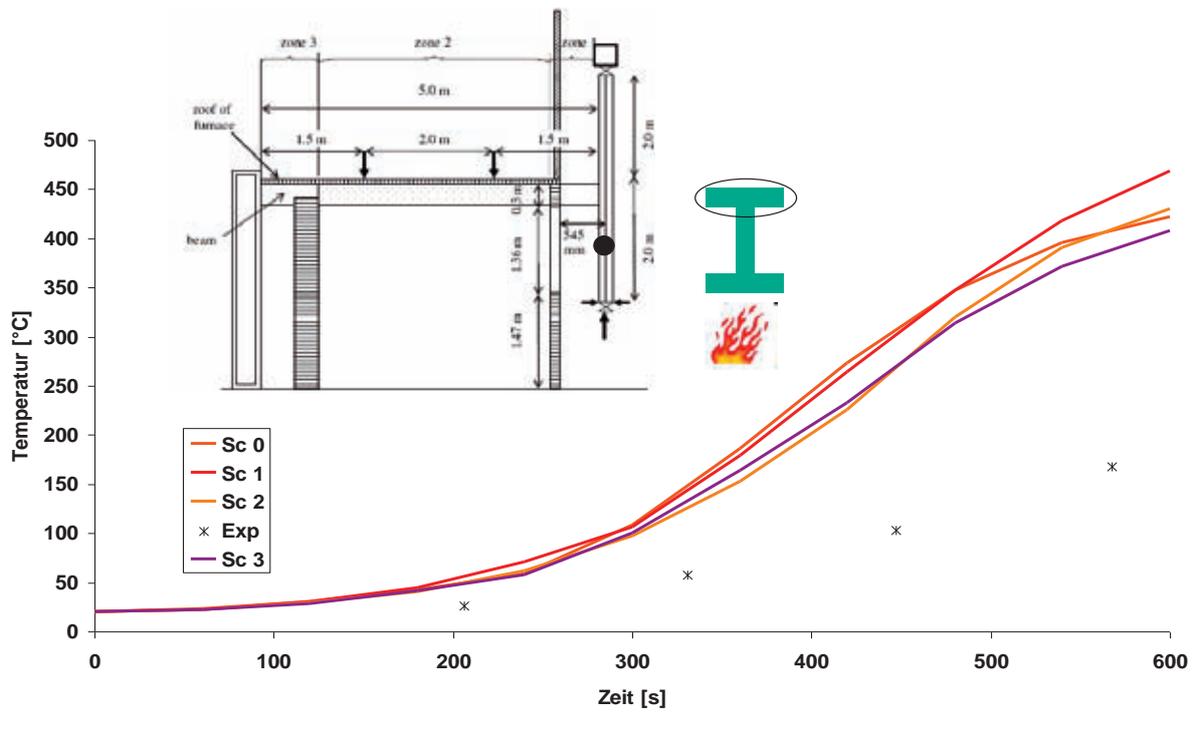
Dipl.-Ing. D. Toris
INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ



7/ von 20



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL



PROF. DR. W. KLINGSCH

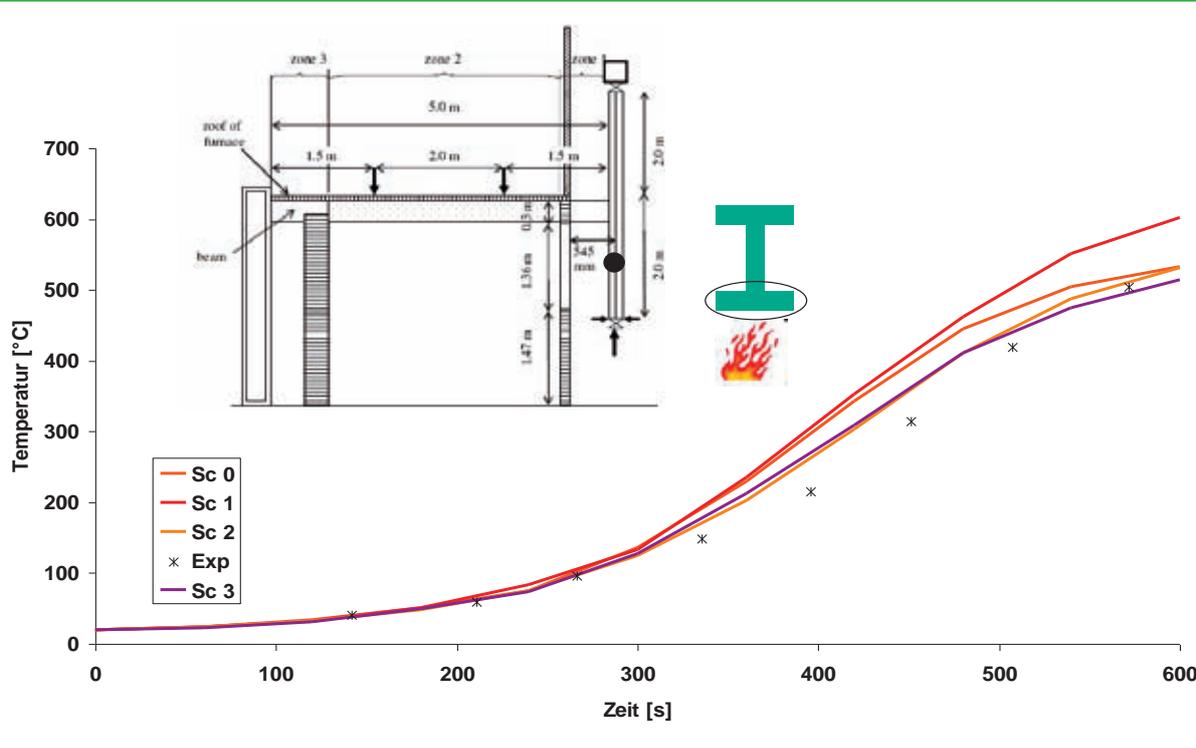
Dipl.-Ing. D. Toris
INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ



8/ von 20



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL



PROF. DR. W. KLINGSCH

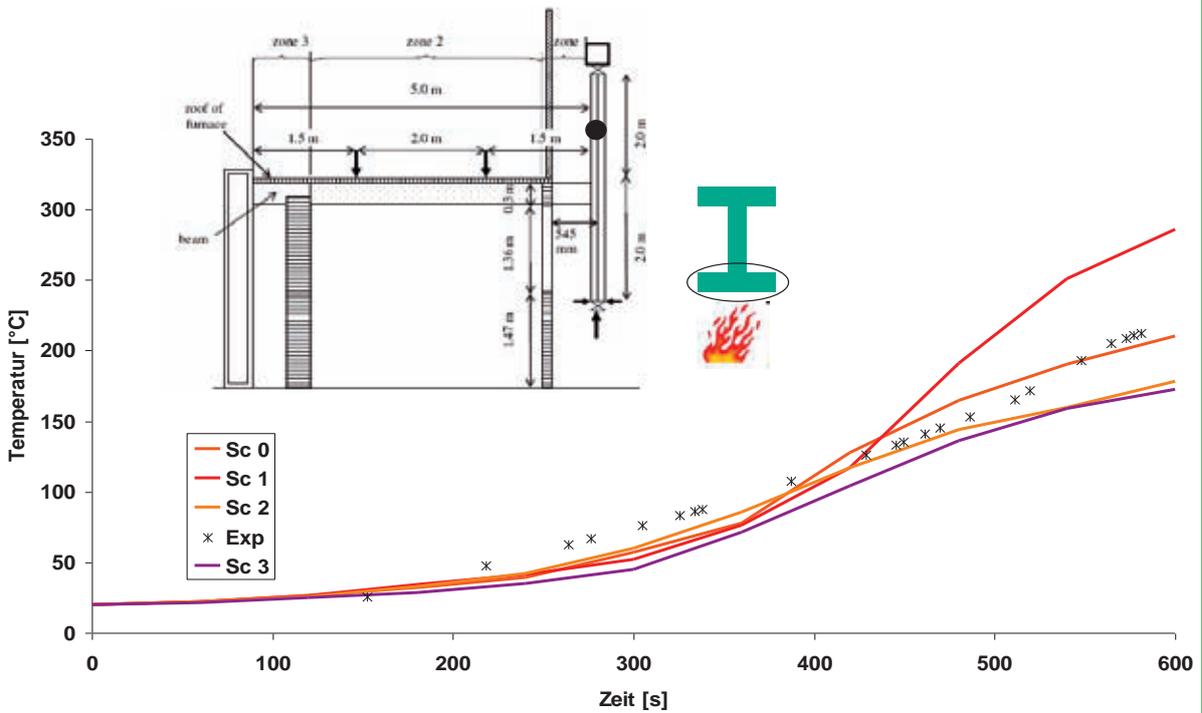
Dipl.-Ing. D. Toris
INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ



9/ von 20



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL



PROF. DR. W. KLINGSCH

Dipl.-Ing. D. Toris
INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ



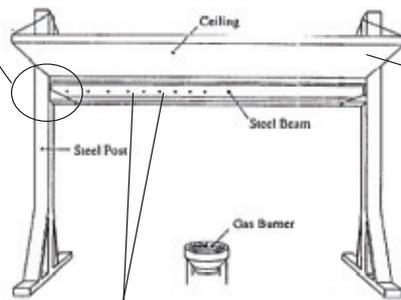
10/ von 20



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

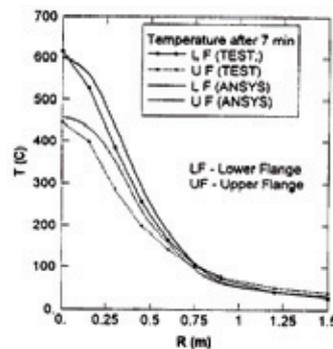
Brandversuch von Wakamatsu & Co.*

R.B. an den Lagerungen?



Was wurde gemessen?

Modellierung der Decke



*Wakamatsu, T. & Co.: Experimental Study on the Heating Mechanism of a Steel Beam under Ceiling Exposed to a Localized Fire, INTERFLAM '96, Cambridge, 1996.

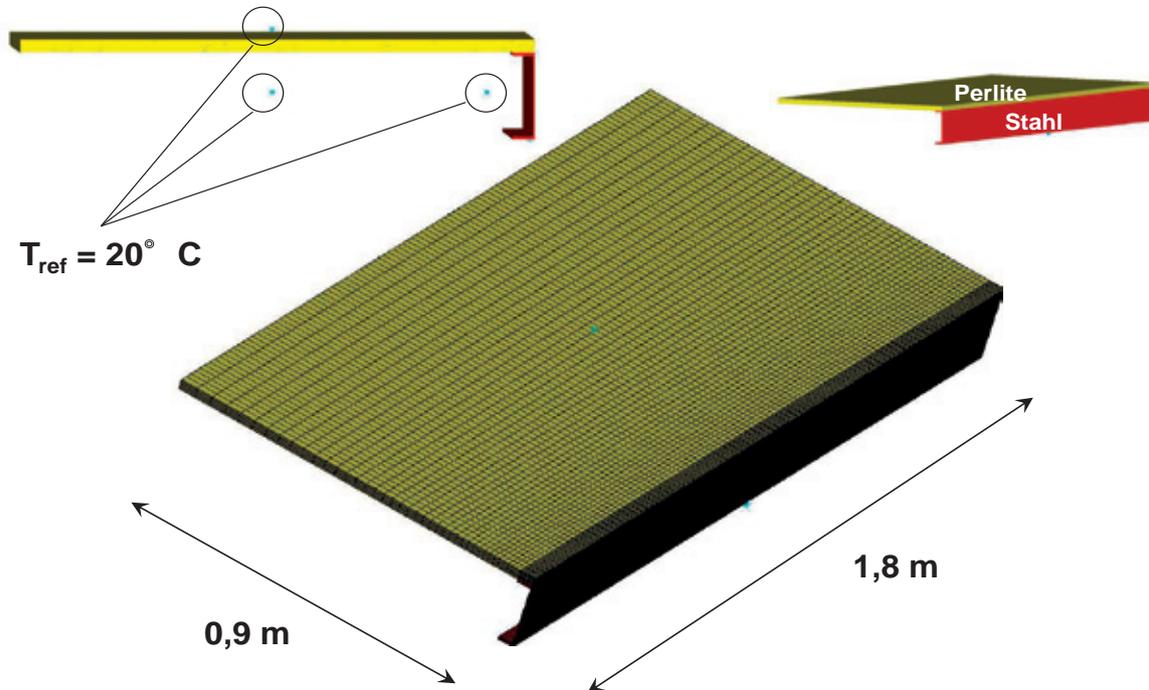
PROF. DR. W. KLINGSCH
Dipl.-Ing. D. Toris
INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ



11/ von 20



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL



PROF. DR. W. KLINGSCH
Dipl.-Ing. D. Toris
INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ

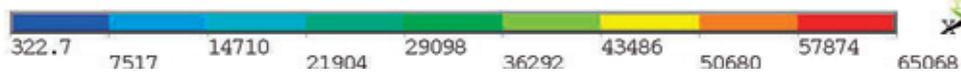
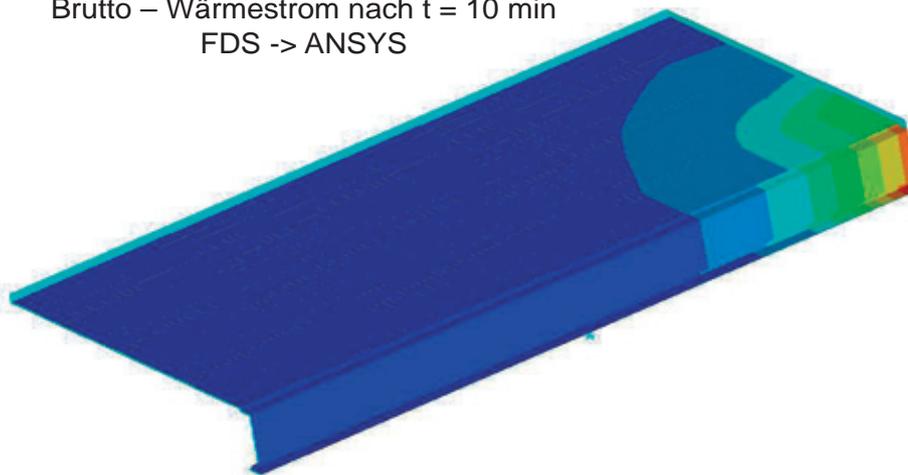


12/ von 20



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Deckenunterseite & Stahlträger:
Brutto – Wärmestrom nach $t = 10 \text{ min}$
FDS -> ANSYS



PROF. DR. W. KLINGSCH
Dipl.-Ing. D. Toris
INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ

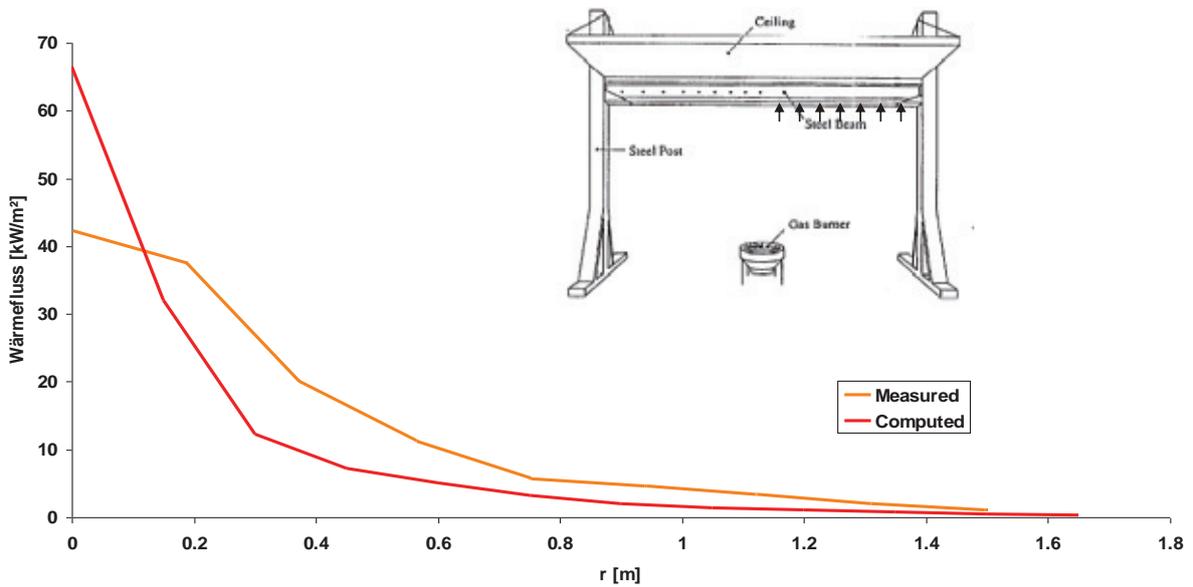


13/ von 20



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Angesätzte und gemessene Wärmeströme



PROF. DR. W. KLINGSCH
Dipl.-Ing. D. Toris
INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ

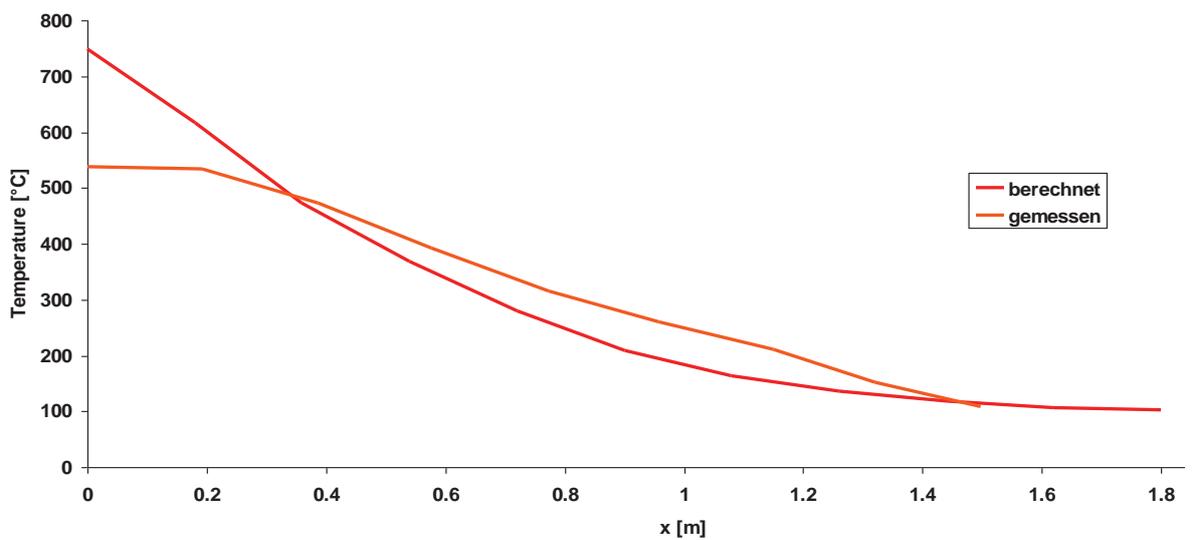


14/ von 20



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Temperaturprofil Unterflansch, t = 20min



PROF. DR. W. KLINGSCH
Dipl.-Ing. D. Toris
INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ

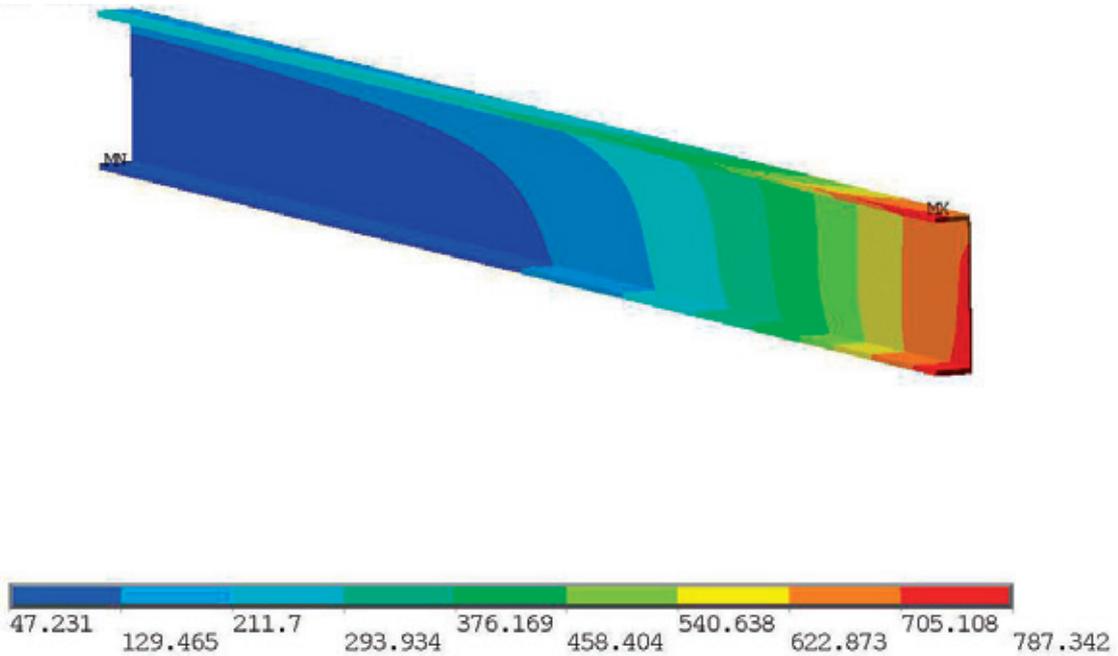


15/ von 20



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Temperaturverteilung Träger nach t = 10 min



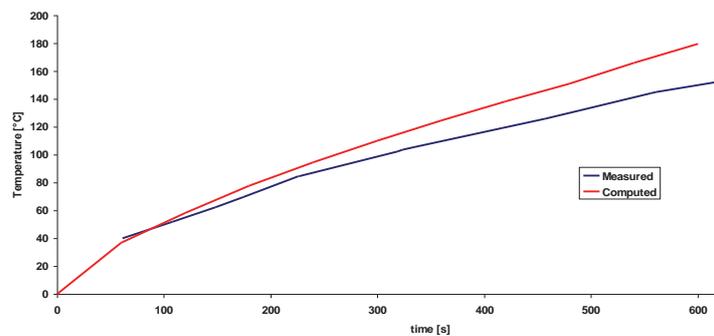
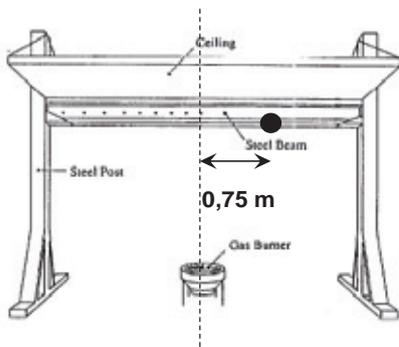
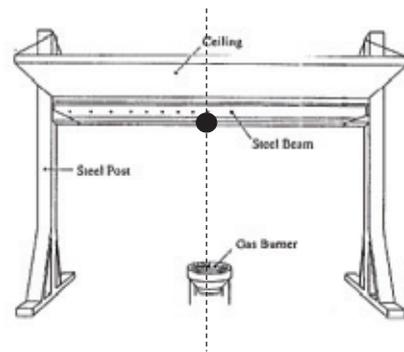
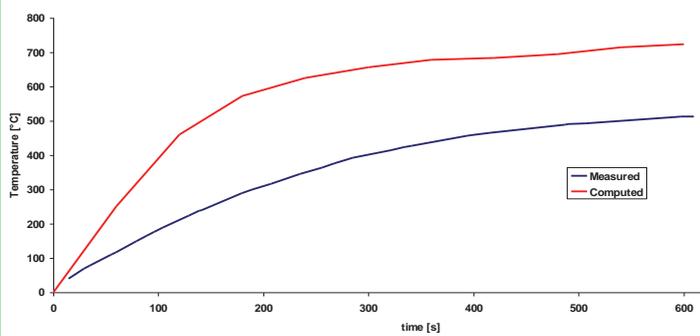
PROF. DR. W. KLINGSCH
Dipl.-Ing. D. Toris
INGENIEURMETHODEN IM BRANDSCHUTZ



16/ von 20



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL





Problematik

- Validierung: Zuverlässigkeit bei der Anwendung auf reale Aufgaben
- In der Fachliteratur dokumentierte Versuche sind Nachrechnungen oder „blinde“ Rechnungen. Hoher Dokumentations(nachhol)bedarf!
- Keine programmgerechte Versuchsplanung.

Programm soll Prognosen der realen Abläufe geben

Programm soll **DGLn** numerisch mit einer best. Genauigkeit lösen

DGLn sollen best. **Leitvorgänge** der Physik ausreichend beschreiben

Die **Leitvorgänge** der Physik sollen die erwartete **Realität** möglichst vollständig beschreiben

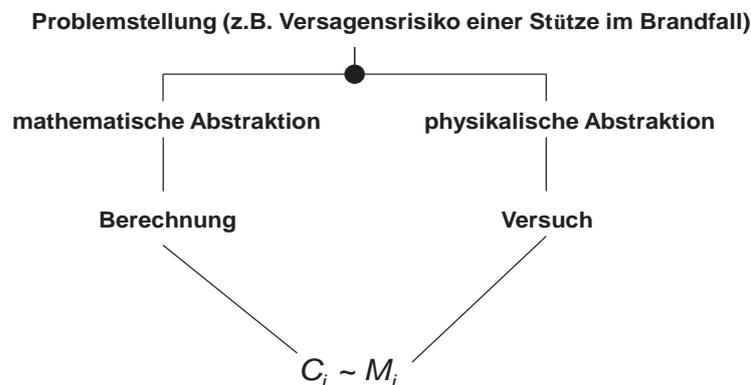
Die erwartete **Realität** soll die tatsächlich auftretenden **realen Abläufe** abdecken

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\partial\varphi}{\partial T} \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$\frac{\text{Programm}}{\text{reale Abläufe}} = \frac{\text{Programm}}{\text{DGLn}} \cdot \frac{\text{DGLn}}{\text{Leitvorgänge}} \cdot \frac{\text{Leitvorgänge}}{\text{erwartete Realität}} \cdot \frac{\text{erwartete Realität}}{\text{reale Abläufe}}$$

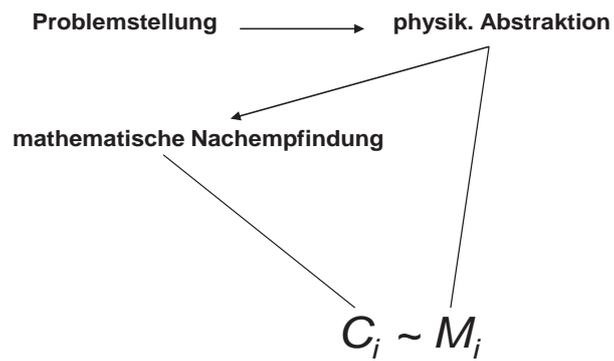


Validierung – „blindes Rechnen“

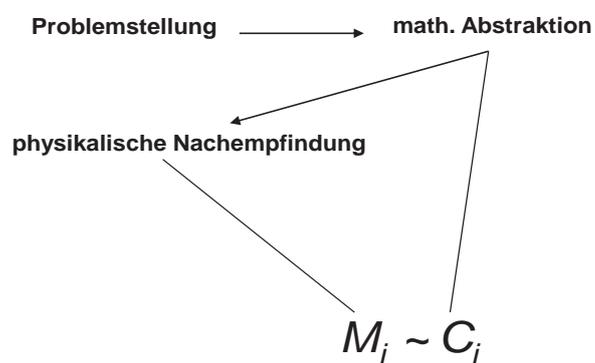




Validierung – „Nachrechnung von Versuchen“



Validierung – „versuchsbasierte Hinterfragung von Rechenergebnissen“



Grußwort der FDS-Hauptentwickler vom NIST anlässlich des 4. Anwendertreffens der FDS Usergroup



Dear Friends and Colleagues:

We hope that everyone has had a nice summer and is ready for a productive year in FDS development. Here in Maryland, the testing and code revisions continue at a dizzying pace. In addition to the nice work by Susan Kilian on the multi-mesh pressure solver and the OpenMP development of Christian Rogsch, we have made improvements to the turbulence model, the scalar transport scheme, and the species and reaction model. Further work has been done to improve the accuracy and efficiency of the particle model. We have also implemented turbulent inflow vents and have added capabilities to patch velocity profiles locally within the domain which may act as an enhanced fan model. There are still more features under development, such as the HVAC model Jason Floyd is implementing and Randy's immersed boundary and embedded mesh methods. We also look forward to committing Andreas Vischer's 3D heat transfer model. As you can see, several of these enhancements are a direct result of our June meeting in Berlin and we are thankful for our wonderful collaboration.

Our goal is to be ready for FDS 6.0 release sometime around the beginning of the year. Very shortly we will switch our focus from development to clean up, testing, and documentation. As always, we welcome your feedback through the discussion forum and issue tracker.

In the mean time, we wish you an engaging, productive, and enjoyable meeting.

Sincerely,

Kevin and Randy

P.S. Hard to believe it's been four months since Gabriele and Randy won the World Cup kicker tournament! Beware. Randy's father bought a new table so that he can practice over the holidays.

Die deutsche FDS Usergroup ist ein unabhängiges Forum für die deutschsprachigen FDS-Anwender. Sie bietet den Nutzern des Fire Dynamics Simulator die geeignete Plattform für einen intensiven, wissenschaftlichen Austausch.

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.

"Mir, als Mathematikerin mit dem Schwerpunkt Numerik geht es vor allem um die Optimierung des mathematischen Kerns. Das vorrangige Ziel besteht darin, durch das Design und die Implementierung eines optimierten Drucklösers die Qualität und Zuverlässigkeit der parallelen Programmversion erheblich zu verbessern, sodass mittelfristig der Übergang auf massiv parallele Anwendungen möglich ist. Langfristig möchte ich durch adaptive Gitterverfeinerungstechniken eine Verbesserung der Auflösungsgenauigkeit erreichen."

Dr. Susanne Kilian
Initiatorin der FDS Usergroup

hhppress

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

ISSN 2191-463X
4. Tagungsband FDS Usergroup Treffen
Jahrgang 2010