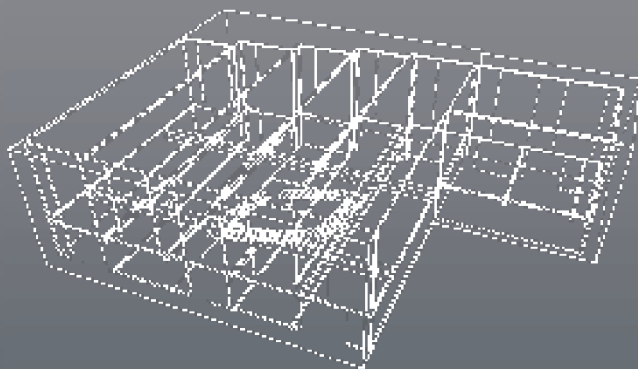


2. ANWENDERTREFFEN DER FDS USERGROUP

TAGUNGSBAND ZUSAMMENSTELLUNG DER KURZREFERATE

Datum:
04.12.-05.12.2008

Ort:
hhpberlin
Rotherstraße 19
10245 Berlin



INHALT**Vorträge 04.12.2008 (Anwendertag):**

Sensitivitätsuntersuchungen zur FDS-Validierung anhand einfacher strömungstechnischer Standardfälle Boris Stock, Karl Wallasch	2
Parameterstudie zur Modellierung von Brandszenarien mit Zonen und Feldmodell im Vergleich zu dem Brandmodell der DIN 18232-2 Sebastian Metzger	13
Ingenieurmäßige Anwendung von FDS am Beispiel einer Halle Dr. Jürgen Will	27
FDS Simulation (FDS 5.2.0), Sprinkleranlage, Hochregallager(HRL) Christian Kohler	48
Erfahrungsbericht über Aufbau und Pflege verschiedener Clustersysteme bei hhpberlin Martin Steinert	68
Performance-Vergleich von Linux- und Windows-Clustersystemen / FDS-Parallelisierungsbenchmark Dr. Susanne Kilian	76

Vorträge 05.12.2008 (Forschungstag):

FDS+EVAC - Verifizierung und Anwendung Gregor Jäger	92
Methodik zur vergleichenden Bewertung von Zeitreihen Volker Hohm, Dr. Christoph Klinzmann	105
Nachrechnungen der McCaffrey-Experimente / Variation von Gitterweite und Smagorinsky-Zahl Dimitrios Toris	118
Iterative Gebietszerlegungskonzepte für den FDS-Drucklöser zur Stärkung der globalen Kopplung Dr. Susanne Kilian	135
Ist eine Gebietszerlegung in mehrere Gitter bei FDS-Rechnungen zulässig? Matthias Münch	149
In FDS integriertes Submodell zur Berechnung der dreidimensionalen instationären Wärmeleitung in Bauteilen Andreas Vischer	162

Boris Stock, Karl Wallasch:

Sensitivitätsuntersuchungen zur FDS-Validierung anhand einfacher strömungstechnischer Standardfälle



Sensitivitätsuntersuchungen zur FDS-Validierung anhand einfacher strömungstechnischer Standardfälle – Der isotherme Freistrahler

Boris Stock, BFT Cognos GmbH, Aachen

Karl Wallasch, Hoare Lea Fire Engineering, London

Berlin, 2008

FDS|USERGROUP

Inhaltsverzeichnis

1. Warum vergleichende Untersuchungen?
2. Theoretische Grundlagen des Freistrahls
3. Das Testszenario
4. Auswertungen und Vergleich (qualitativ und quantitativ)
5. Fazit

FDS|USERGROUP

Warum vergleichende Untersuchungen?

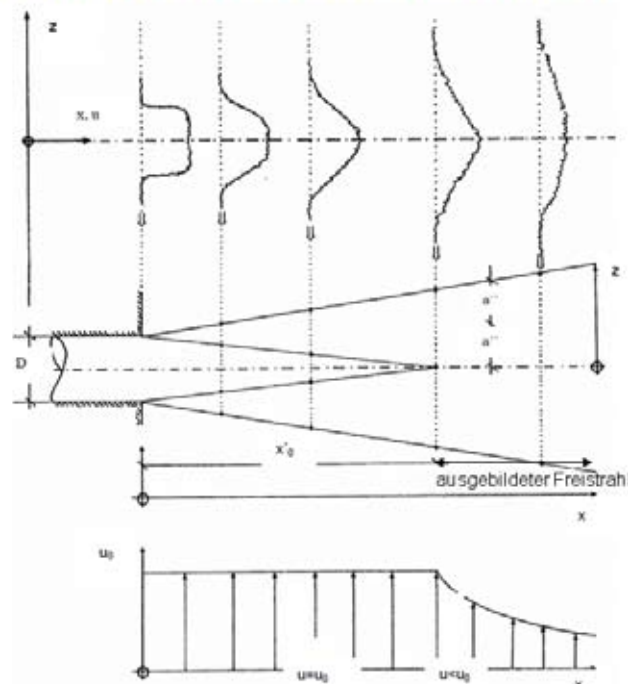
FDS hat ein breites Anwendungsspektrum und kann in vielen Bereichen **hinreichend genaue Ergebnisse** liefern.

Qualitätskontrolle in Form von **Verifikation** (Modell richtig umgesetzt?) und **Validierung** (stellen die verwendeten Modelle die Phänomene ausreichend genau dar?) hat für FDS 5 eine große Bedeutung:

- Die Definition von **Anwendungsgrenzen** und erreichbaren **Genauigkeiten** ist wichtig um das **Vertrauen in die Ergebnisse** zu stärken.
- Eine **Verbesserung** kann effektiv nur erreicht werden, wenn die Probleme bekannt sind und der **Fortschritt quantitativ erfassbar** ist.

FDS|USERGROUP

Der isotherme Freistrah



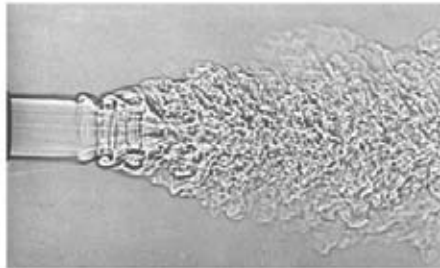
$$5 \cdot D \leq x'_0 \leq 7 \cdot D$$

$$m = \frac{D}{x'_0}$$

$$0,14 \leq m \leq 0,2$$

FDS|USERGROUP

Der isotherme Freistrah

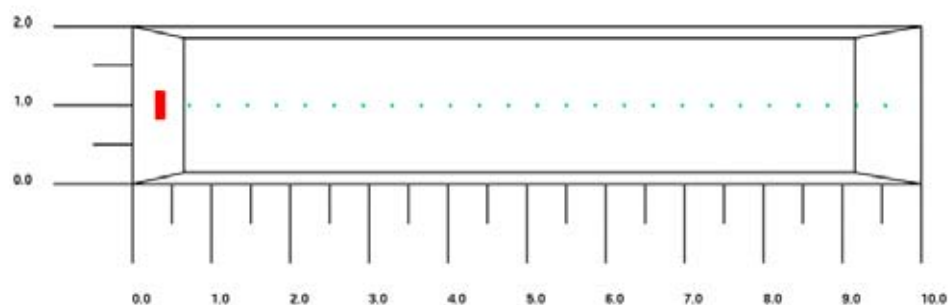


Vernachlässigt:

- Größe der Reynoldszahl hat nur im Detail leichten Einfluss auf die Kernlänge
- Ausbildung der Düse (abgerundet oder eckig) etc.

FDS|USERGROUP

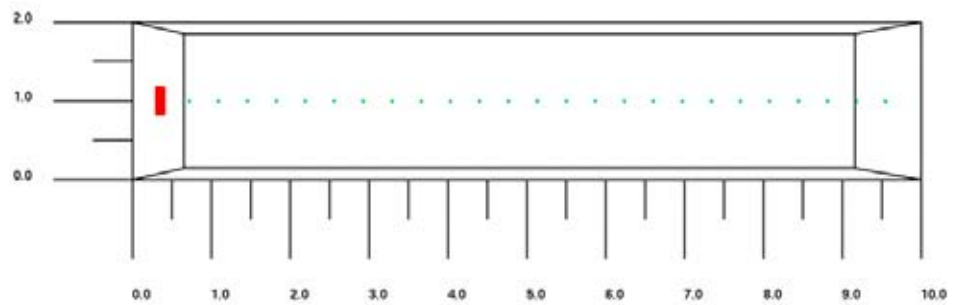
Das Testszenario



$2 \times 2 \times 10 \text{ m}^3$,
5 Seiten offen,
 $A_{\text{Düse}} = 0,4 \times 0,4 \text{ m}^2$,
 $u = 2 \text{ bzw. } 10 \text{ m/s}$,
Messpunkte entlang der Achse,
SLCF und ISO(0,1 m/s)

FDS|USERGROUP

Das Testszenario



Varianten:

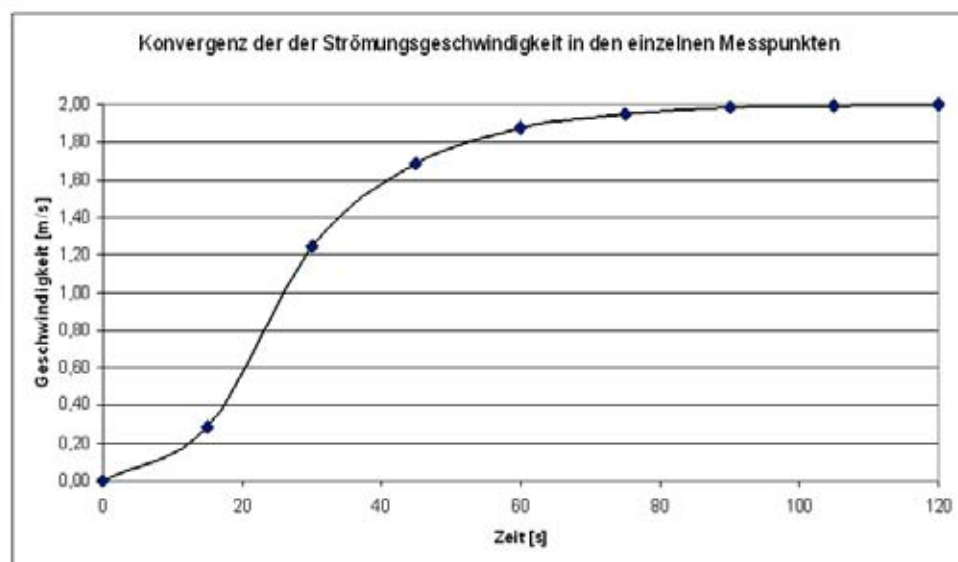
VENT,
VENT mit OBST als Düsenform,
PROFILE='PARABOLIC',
MIRROR

Zellgrößen:

0.2 m,
0.1 m,
0.05 m,
0.025 m

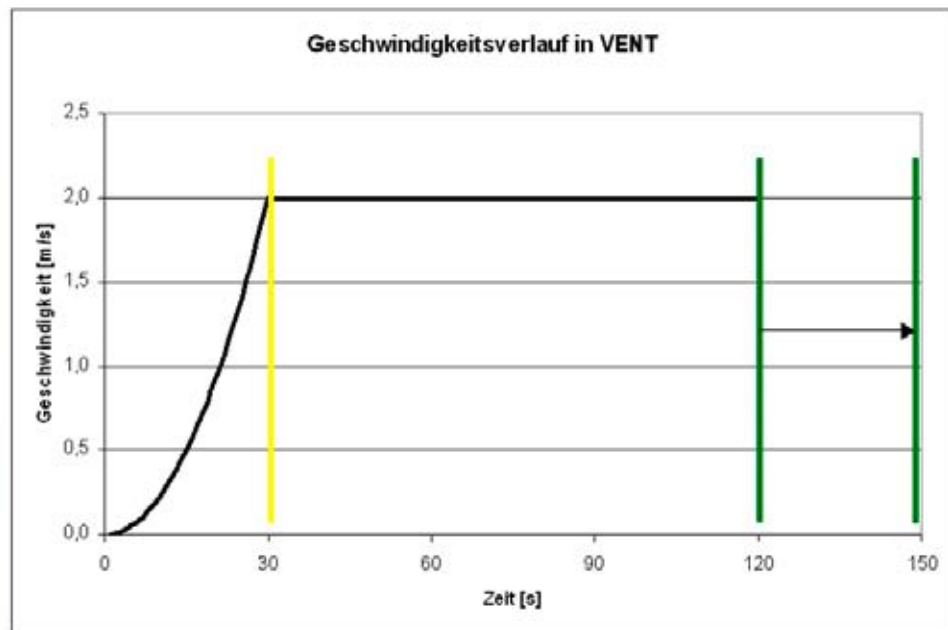
FDS|USERGROUP

Das Testszenario



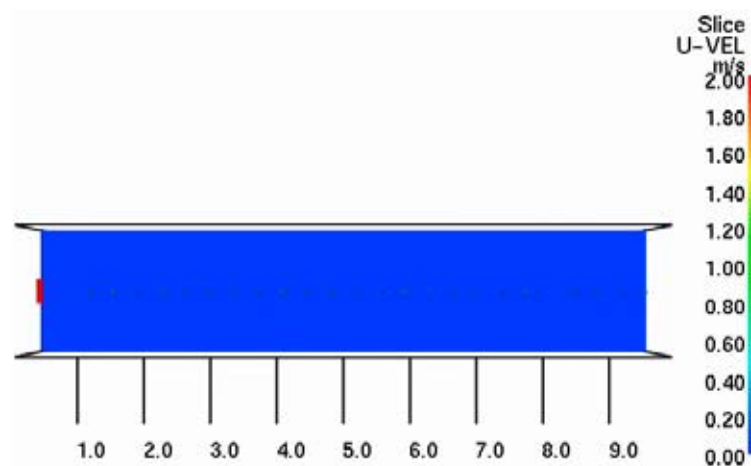
FDS|USERGROUP

Das Testszenario



FDS|USERGROUP

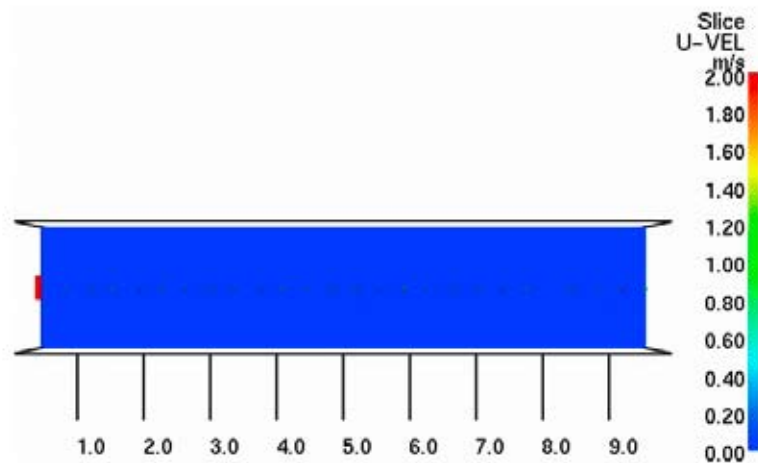
Qualitative Auswertung



20 cm Zellgröße

FDS|USERGROUP

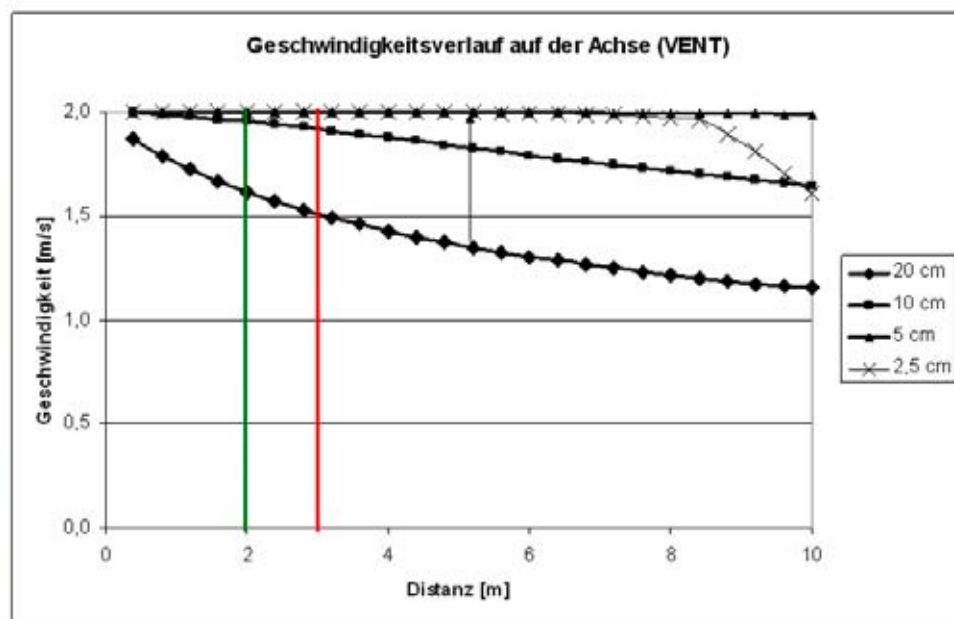
Qualitative Auswertung



2.5 cm Zellgröße -> Messwerte zur Filterung der Turbulenzen mitteln

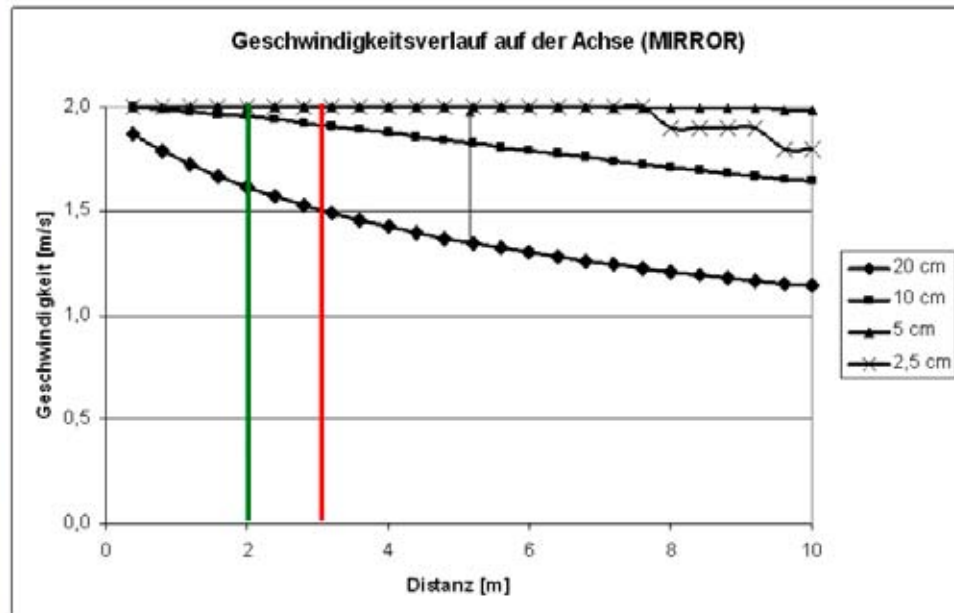
FDS|USERGROUP

Quantitative Auswertung 2 m/s



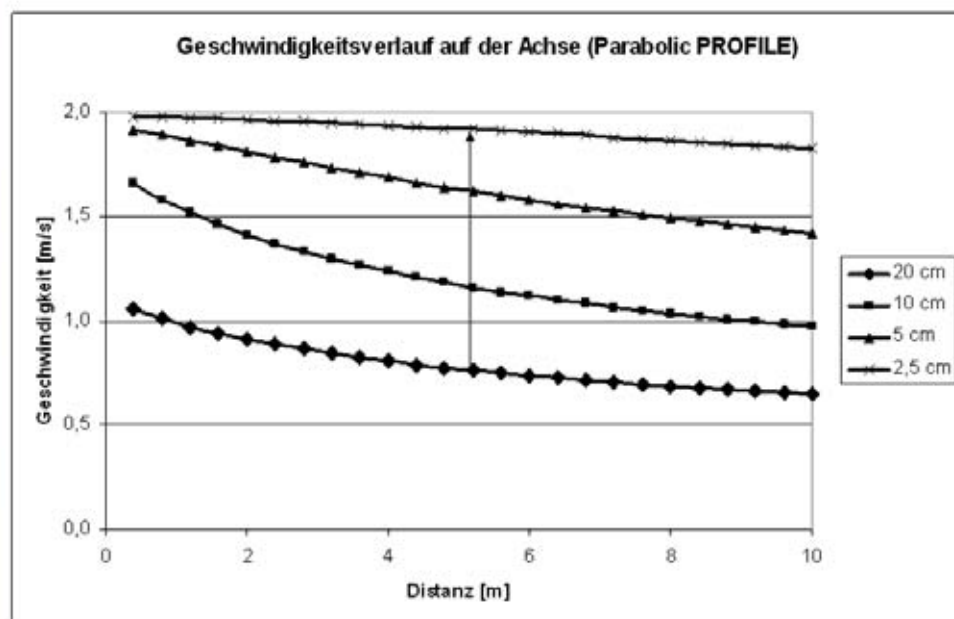
FDS|USERGROUP

Quantitative Auswertung 2 m/s



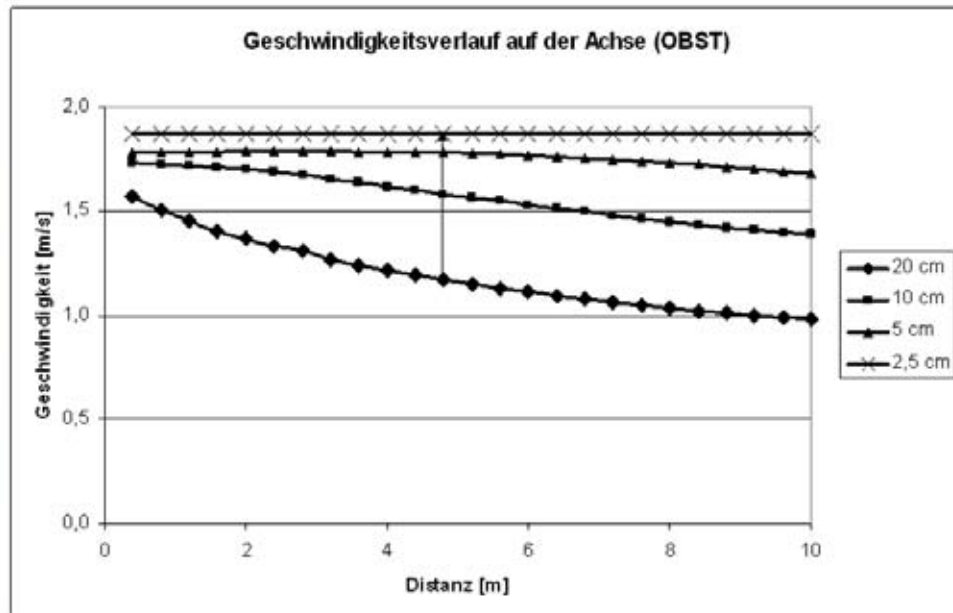
FDS|USERGROUP

Quantitative Auswertung 2 m/s



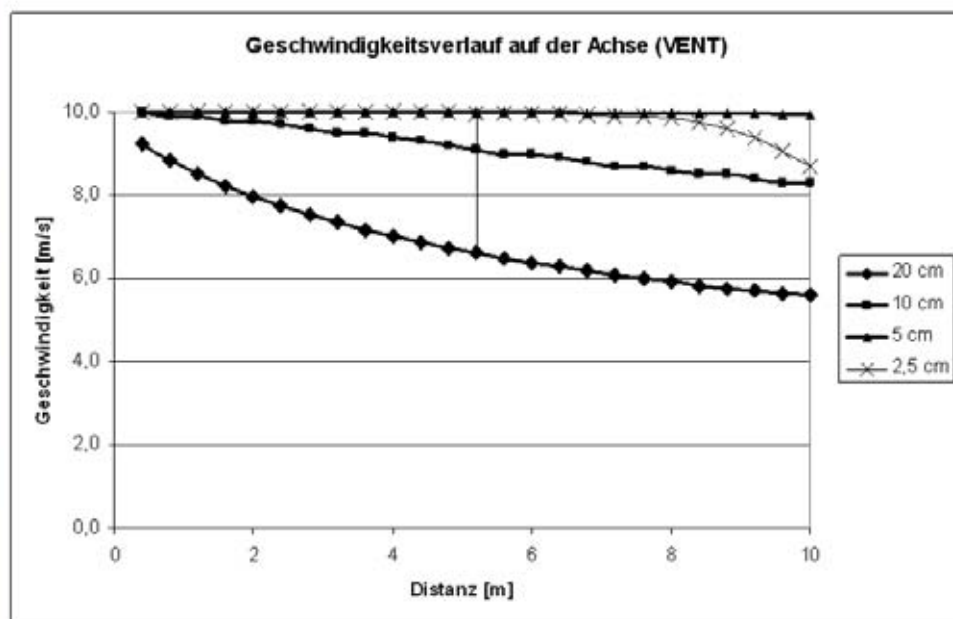
FDS|USERGROUP

Quantitative Auswertung 2 m/s



FDS|USERGROUP

Quantitative Auswertung 10 m/s



FDS|USERGROUP

Fazit

- + FDS kann wesentliche strömungstechnische Effekte wie die Unabhängigkeit der Kernlänge von der Reynoldszahl gut abbilden
- + Qualitativ gute Ergebnisse sind erreichbar
- + MIRROR ist (was den Strömungs-Solver angeht) bei üblichen Auflösungen anwendbar
- Kernlänge und Geschwindigkeit hängen sehr stark von der verwendeten Zellgröße ab
- Quantitativ bewertet neigt FDS nach bisherigem Erkenntnisstand zu einer deutlich zu kleinen Mischzahl oder zu niedrigen Geschwindigkeiten
- Profile oder eine Vorlaufzone bringen keine Verbesserung
- ? MIRROR auch anwendbar hinsichtlich der Energiefreisetzung, der Strahlung etc.?
- ? Verbesserung auch bei grober Auflösung über die Variation strömungstechnischer Parameter möglich?
- ? Liegt die Zukunft in einer adaptiven Netzanpassung?

Fazit

What should not be lost here is that a typical FDS user is doing a calc to determine a some set of quantities for some fire protection purpose. For example one might be interested in how long adequate visibility is maintained along an exit path. [...] Yes, as the grid is more refined there will be more structure resolved within the fire plume and the ceiling jet [...]. However, there will certainly be a point where more grid cells will not result in any appreciable change to the time available for egress. Validation work shows that we do a pretty good job with moving around hot gasses. How much better would we do with any added expense to the hydrodynamic solver? Would the improvement be enough to justify the cost?

Jason Floyd

In the long run, Adaptive Mesh Refinement is the only way to make an LES code „complete“ [...]. AMR is obviously an natural fit for a fire/structure model because the active domain of the fire is moving in space and time as the simulation proceeds. It is easy to realize that any future state-of-the-art fire model will necessarily incorporate AMR.

Randy McDermott



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Quellen

- „Simulation – sicher mit dem CFD-Programm FDS?“, Hausmann, Hourscht, Stock, HLH
- Wikipedia
- Offizielles Forum zu FDS

Sebastian Metzger:**Parameterstudie zur Modellierung von Brandszenarien mit Zonen und Feldmodell im Vergleich zu dem Brandmodell der DIN 18232-2****Abstract:**

Anlass der Parameterstudie war die DIN 18232-2 hinsichtlich ihres Bemessungsbrandes zu untersuchen und festzustellen wie man die Details unterschiedlicher Modellbrandszenarien, wie sie in der Praxis vorkommen können, mit ihr vergleichen kann.

Dabei wurde der Bemessungsbrand der DIN mit FDS simuliert um festzustellen ob die raucharme Schichthöhe und die zulässige optische Dichte der raucharmen Schicht eingehalten wird und den Tabellenwerten der DIN nach Bemessungsgruppe 3 entspricht.

Gleichzeitig wurden Brände aus der Literatur und selbst gewählte Modellbrände der DIN gegenübergestellt.

Bei der Berechnung der Rauchgasentwicklung von verschiedenen Brandszenarien, mit CFAST 6 und FDS 5, zeigten sich deutliche Abweichungen zu den Tabellenwerten der DIN 18232-2.

Dabei konnte festgestellt werden, dass bei den Berechnungen mit CFAST die größten raucharmen Schichthöhen erzielt wurden. Auch konnte beobachtet werden, dass die Ergebnisse von CFAST je nach Anordnung der NRA-Flächen und der Anzahl der Räume stark voneinander abweichen. Im Vergleich zum Brandmodell der DIN, konnte mit CFAST bei einer drei Raum Berechnung sehr gute Übereinstimmung erzielt werden.

Bei der Berechnung mit FDS lagen die Ergebnisse deutlich unterhalb von den Tabellenwerten der DIN. Mit der Anhebung der Brandfläche auf 1,0 m Höhe, bei dem Beispiel 'Holz', konnten sehr gute Übereinstimmung zur DIN erzielt werden. Auch konnte bei dem kubischen Brandmodell 'Holz' sehr gute Übereinstimmung zur DIN erzielt werden.

Obwohl die raucharme Schichthöhe von 3,5 m erreicht wurde konnte die optische Dichte, in einer Höhe von 2,5 m, von 0,13 1/m nicht in jedem Fall eingehalten werden.

Parameterstudie zur Modellierung von Brandszenarien mit Zonen- und Feldmodell im Vergleich zu dem Brandmodell der DIN 18232-2

Dipl. Ing. (FH) Sebastian Metzger

sebastian-metzger@web.de

Übersicht:

- Aufgabenstellung
- Brandmodell der DIN 18232-2
- Simulation mit FDS 5
 - Holz
 - Büro
 - Industrie
- Vergleich mit CFAST 6
 - zur DIN 18232-2
 - zu FDS 5
- Zusammenfassung

Aufgabenstellung:

- Vergleich der raucharmen Schichthöhe der DIN 18232-2 mit FDS 5 und CFAST 6
- Vergleich von unterschiedlichen Bemessungsbrandszenarien von FDS 5 und CFAST 6 mit der DIN 18232-2
- Vorgehensweise zur Modellierung von Bemessungsbrandszenarien entwerfen

Brandmodell der DIN 18232-2

- 5 Bemessungsgruppen (BM)
- Brandfläche für BM1 = 5 m², verdoppelt sich für weitere BM
- Spezifische Brandleistung 300 kW/m²
- Strahlungsverlust 20 %
- Verhältnis von Zu- Abluftflächen 1,5 : 1
- Zur Bestimmung des Massenstroms in die Rauchgasschicht wurde der Heizwert von Holz mit 15000 kJ/kg berücksichtigt

Brandmodell der DIN 18232-2

Nach Zukoski [3] berechnet sich der Massenstrom in die Rauchgasschicht unter Berücksichtigung der Lage des virtuellen Plumeursprungs z_0 , der sich aus der Flammenhöhe und der konvektiven Brandleistung errechnet, aus:

$$\dot{m}_{pl} + \dot{K} = 0,076 \cdot Q \cdot \left(\frac{d - z_0}{Q^{0,4}} \right)^{1,667} = 0,076 \cdot (d - z_0)^{1,667} \cdot Q^{0,233} \text{ in kg/s} \quad (\text{A.3})$$

mit

$$Q = (1 - f_{t,p}) A_{br} \dot{h}_c'' \text{ in kW} \quad (\text{A.4})$$

$$z_0 = h_{fl} - 0,175 \cdot Q^{\frac{2}{5}} \quad (\text{A.5})$$

$$h_t = 42 \cdot D \cdot \left(\frac{(1 - f_{t,p}) \cdot \dot{h}_c''}{\frac{1}{H_{ul,eff} \cdot (g \cdot D)^{\frac{1}{2}}}} \right)^{0,61} \quad h_{fl} \quad \text{Flammenhöhe, in m;} \quad (\text{A.6})$$

Brandmodell der DIN 18232-2

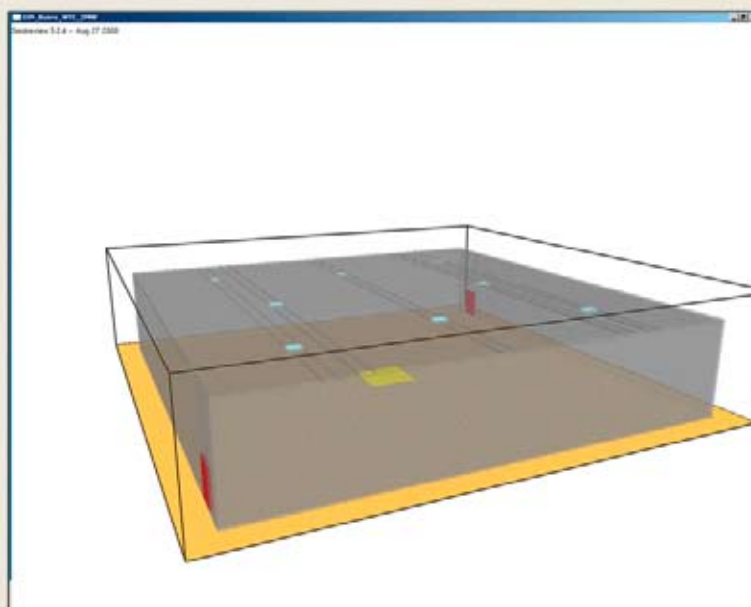
Modellversuch Maßstab 1:20

- Brandherdsimulationsanlage
- BM 3, HRR = **6 MW**
- Brandrauchvolumenstrom = **25,2 m³/s**

„Dabei konnte festgestellt werden, dass bei einer Rauchabschnittsfläche von 1600 m² gute Übereinstimmungen zwischen den Versuchen und den in der Norm veröffentlichten Werten erzielt wurden.“

Bauphysik Heft 5, „Überarbeitung der Norm über natürliche Rauch und Wärme-Abzugsanlagen DIN 18232 Teil 2“, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, Oktober 2005

Simulation mit FDS 5



Simulation mit FDS 5

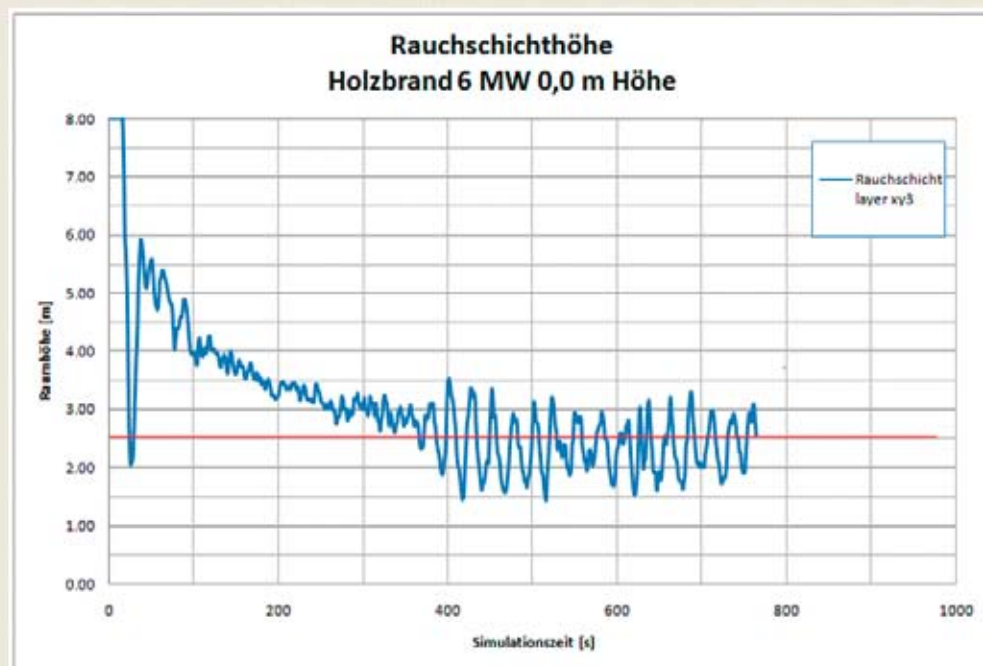
Notwendige Rauchabzugsfläche A_w in m^2 nach DIN 18232-2

Raumhöhe h in m	Höhe der Rauchschicht z in m	Höhe der Raucharmen Schicht d in m	Notwendige Rauchabzugsfläche A_w in m^2				
			Bemessungsgruppe				
			1	2	3	4	5
8,0	5,5	2,5	1,5	1,9	2,5	3,3	4,6
	5,0	3,0	2,1	2,8	3,6	4,8	6,5
	4,5	3,5	2,8	3,9	5,0	6,6	8,8
	4,0	4,0	3,6	5,2	6,9	8,9	11,7
	3,5	4,5	4,4	6,5	9,3	11,8	15,4
	3,0	5,0	5,4	8,1	11,9	15,7	20,2
	2,5	5,5	6,5	9,9	14,8	20,7	26,5
	2,0	6,0	8,4	12,2	18,6	27,2	34,9
	1,5	6,5	11,7	15,2	23,6	35,2	47,1
	1,0	7,0	17,1	19,9	31,4	47,7	66,8

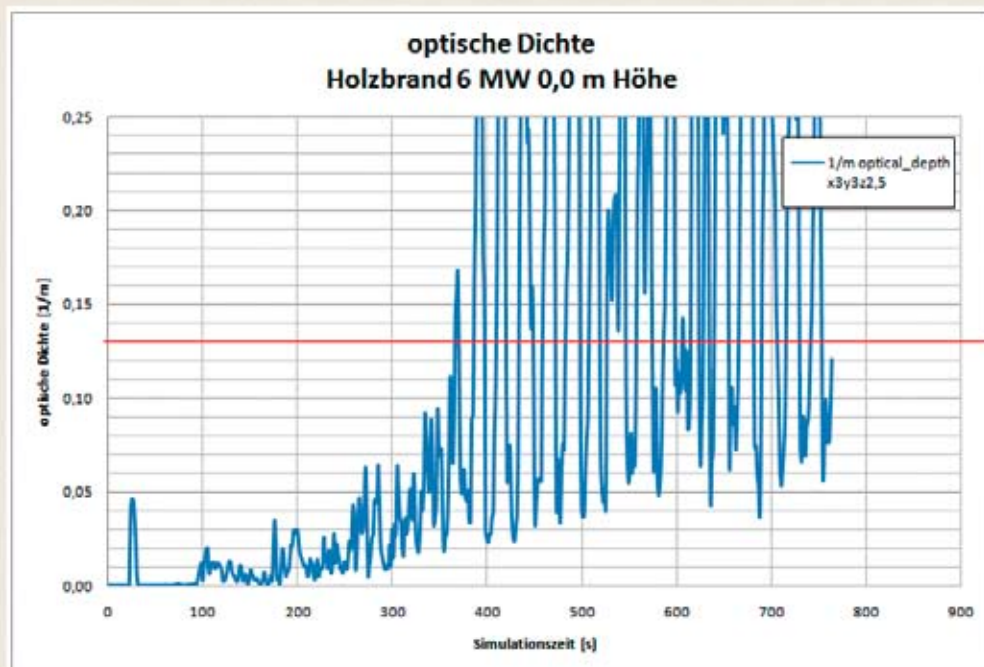
Simulation mit FDS 5

```
&REAC ID='HOLZ-DIN'  
FYI='Mischbrandlast aus:100% Tanne,'  
C=1  
H=1.7  
O=0.74  
N=0.002  
SOOT_YIELD=0.010  
HEAT_OF_COMBUSTION=15000  
VISIBILITY_FACTOR=3  
MASS_EXTINCTION_COEFFICIENT=8700/  
&RADI RADIATIVE_FRACTION=0.2 /
```

Simulation mit FDS 5

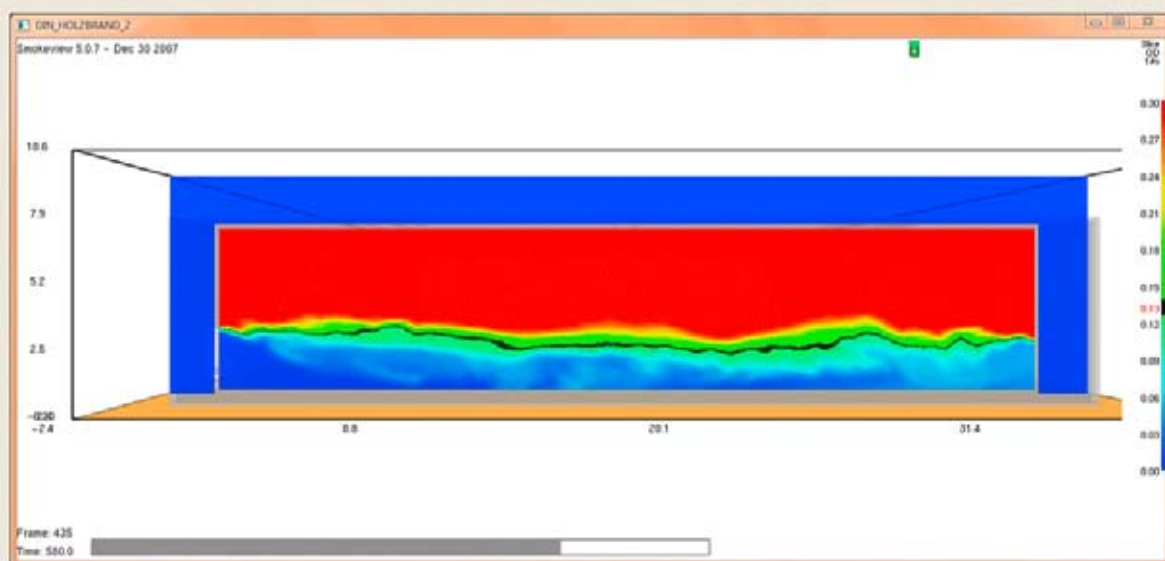


Simulation mit FDS 5

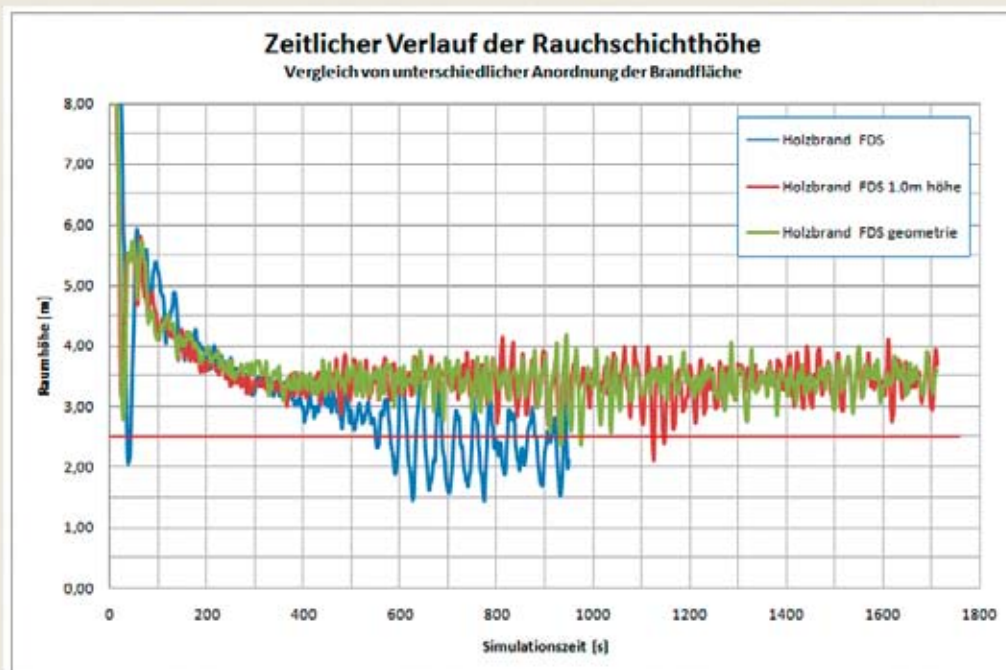


Simulation mit FDS 5

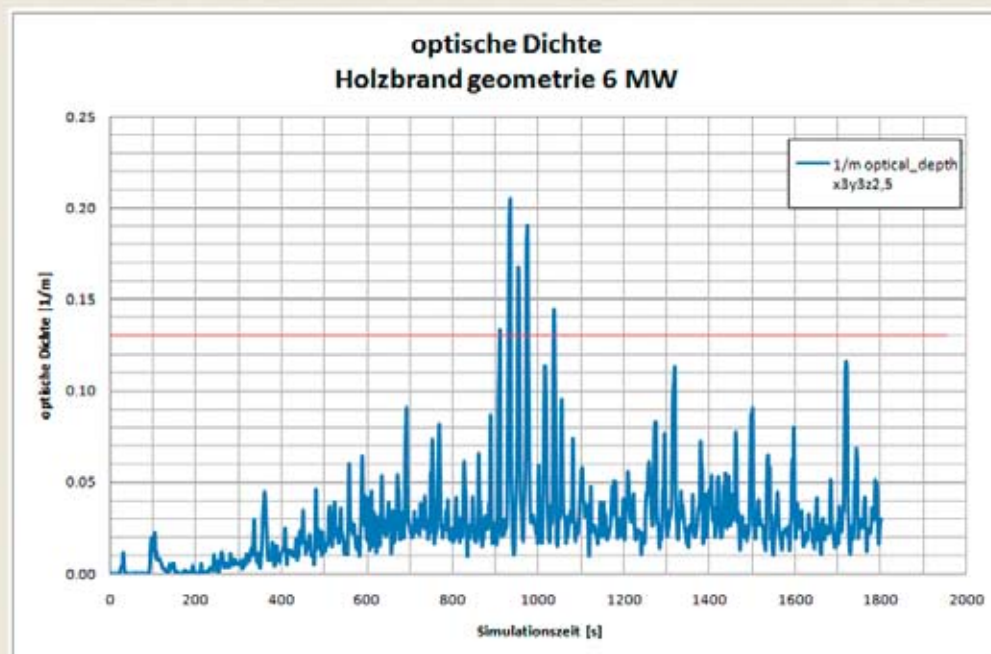
Optische Dichte Holzbrand 6 MW, 0,0m Höhe



Simulation mit FDS 5

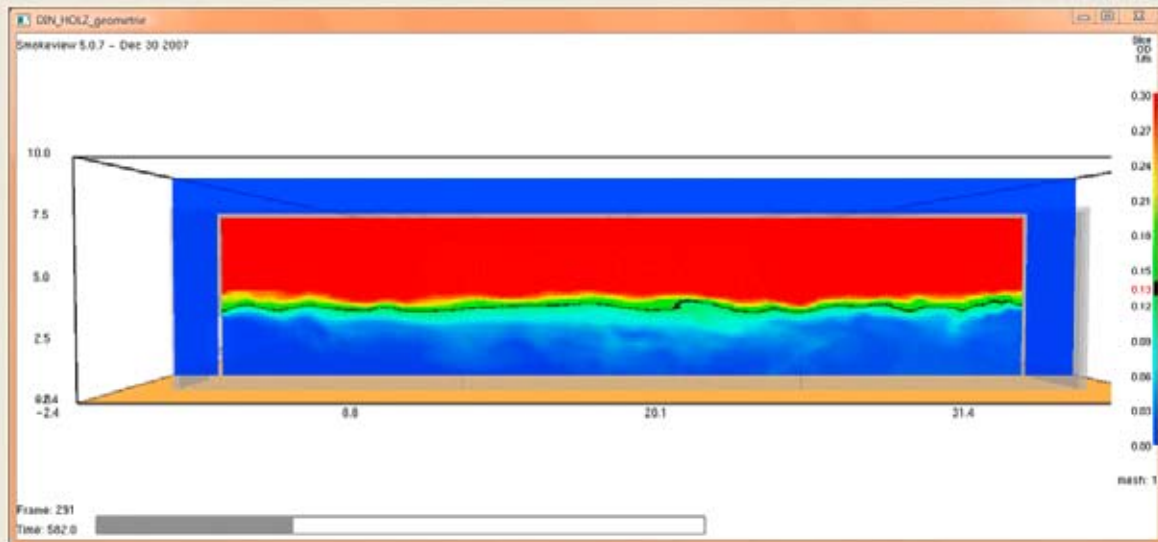


Simulation mit FDS 5



Simulation mit FDS 5

Optische Dichte Holzbrand 6 MW, geometrie



Simulation mit FDS 5

Bürobrand

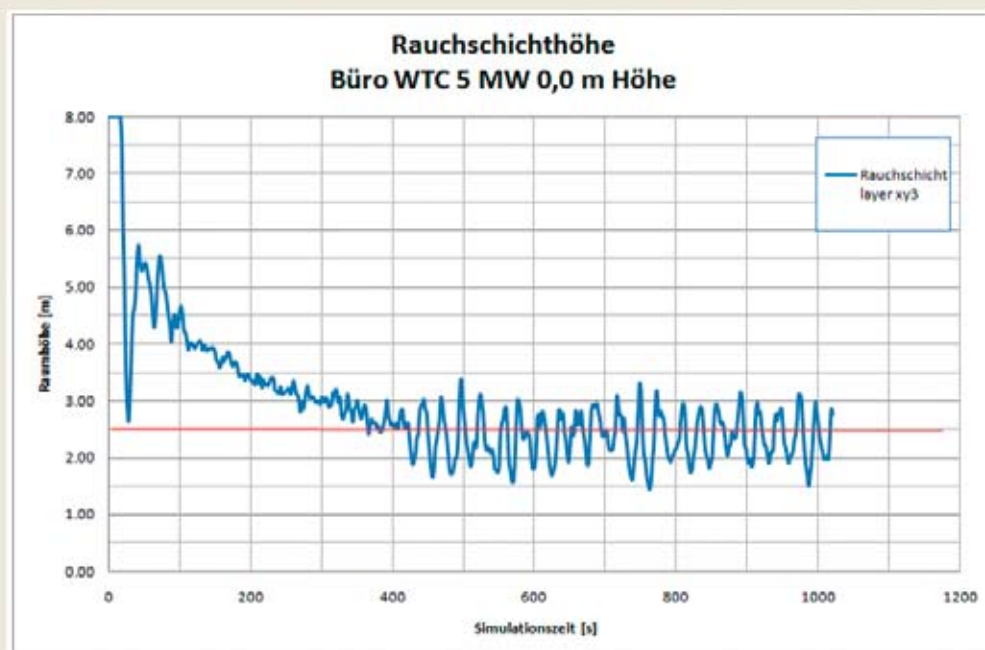
- NIST NCSTAR 1-5 (Draft) Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster
- „Experiments and Modelling of Multiple Workstations Burning in a Compartment“,**
NIST 2005

<http://www.wtc.nist.gov/pubs/NISTNCSTAR1-5EDraft.pdf>

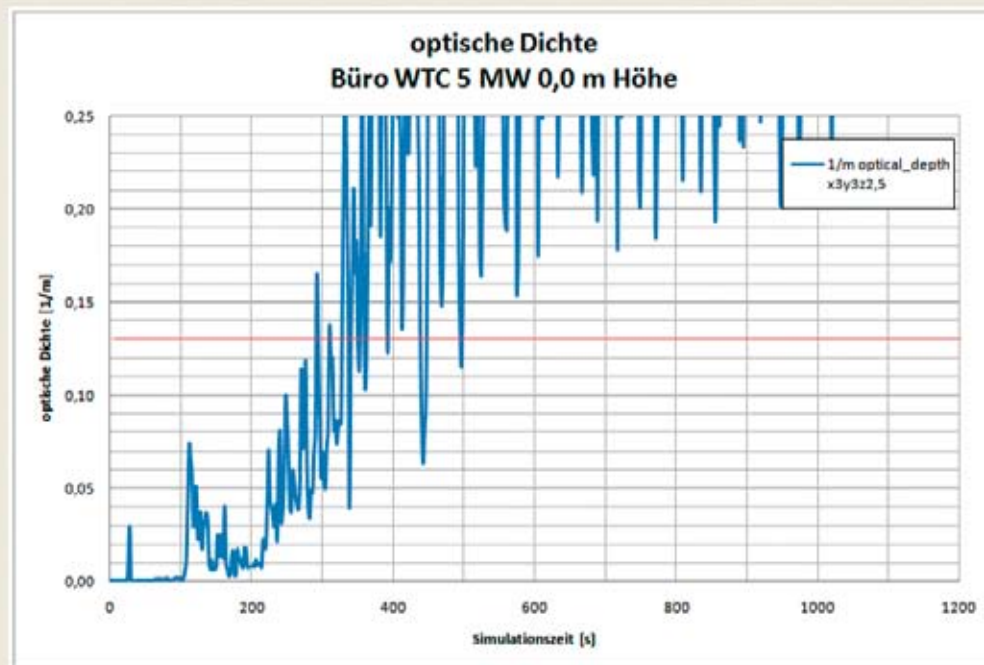
Simulation mit FDS 5

		Büro WTC					Büro WTC				
		FYI=Mischbrandlast aus: 70% Tanne, 14% Nylon, 8% Polyurethan, 8% Polyvinylchlorid,					FYI=Mischbrandlast aus: 45% Tanne, 14% Nylon, 8% Polyethylen, 8% Polyvinylchlorid, 25% Papier,				
		C= 1					C= 1				
		H= 1,658					H= 1,71375				
		O= 0,5594					O= 0,5651325				
		N= 0,0832					N= 0,0247				
		Other= 0,04					Other= 0,04				
		MW_OTHER = 33,433					MW_OTHER = 35,453				
		SOOT_YIELD= 0,04476					SOOT_YIELD= 0,05081				
		CO_YIELD= 0,0162					CO_YIELD= 0,01408				
		HEAT_OF_COMBUSTION= 19104					HEAT_OF_COMBUSTION= 19917				
		IDEAL= FALSE					IDEAL= FALSE				
		VISIBILITY_FACTOR= 3					VISIBILITY_FACTOR= 3				
		MASS_EXTINCTION_COEFFICIENT= 8700					MASS_EXTINCTION_COEFFICIENT= 8700				
		RADI_RADIATIVE_FRACTION= 0,3					RADI_RADIATIVE_FRACTION= 0,3				

Simulation mit FDS 5

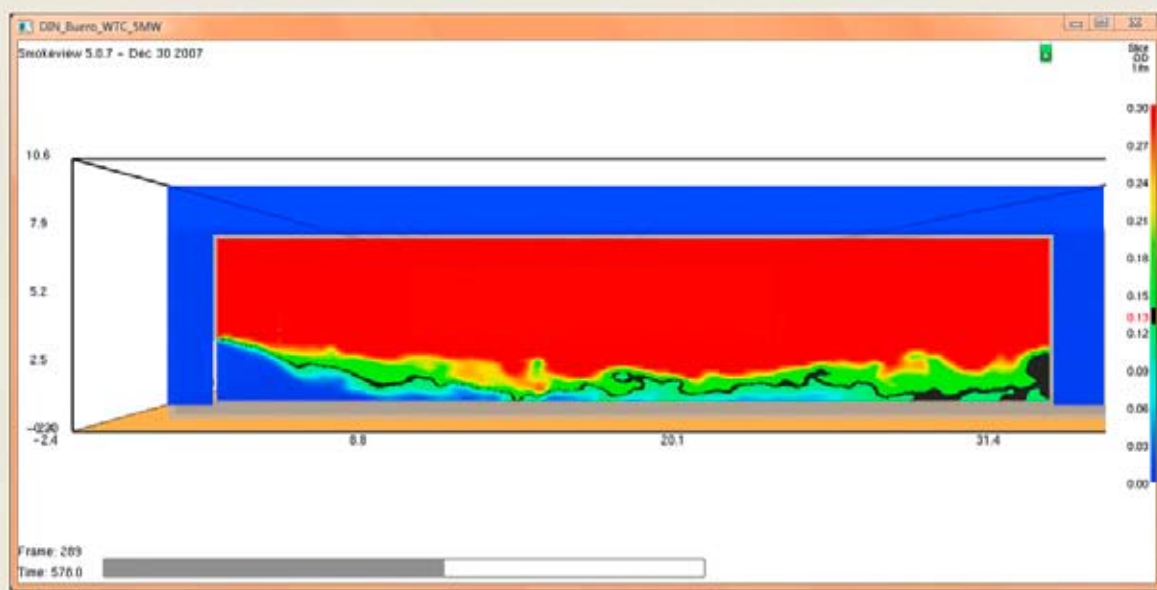


Simulation mit FDS 5



Simulation mit FDS 5

Optische Dichte Büro 5 MW, 0,0m Höhe



Simulation mit FDS 5

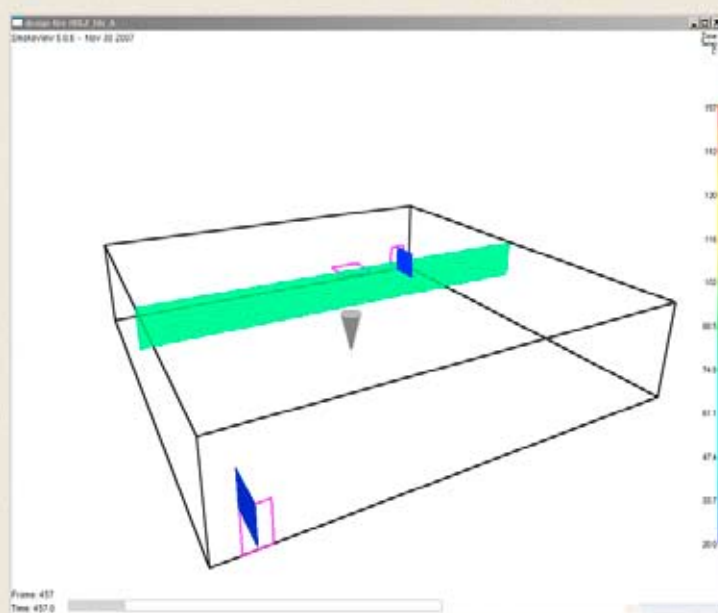
Industriebrand

DIN 18230 !

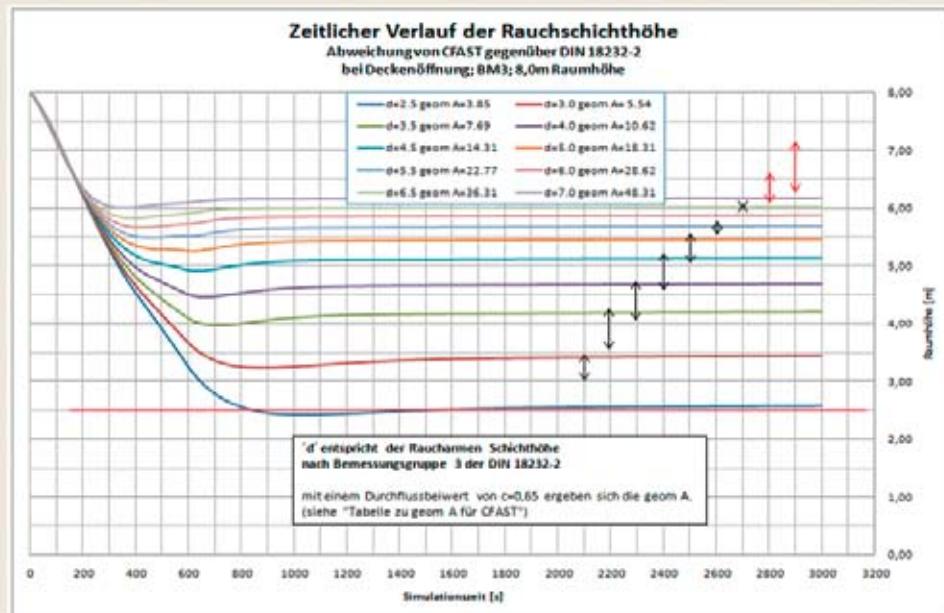
- 6 MW; 0,0m
- 10 MW; 1,0m
- 10MW; geometrie



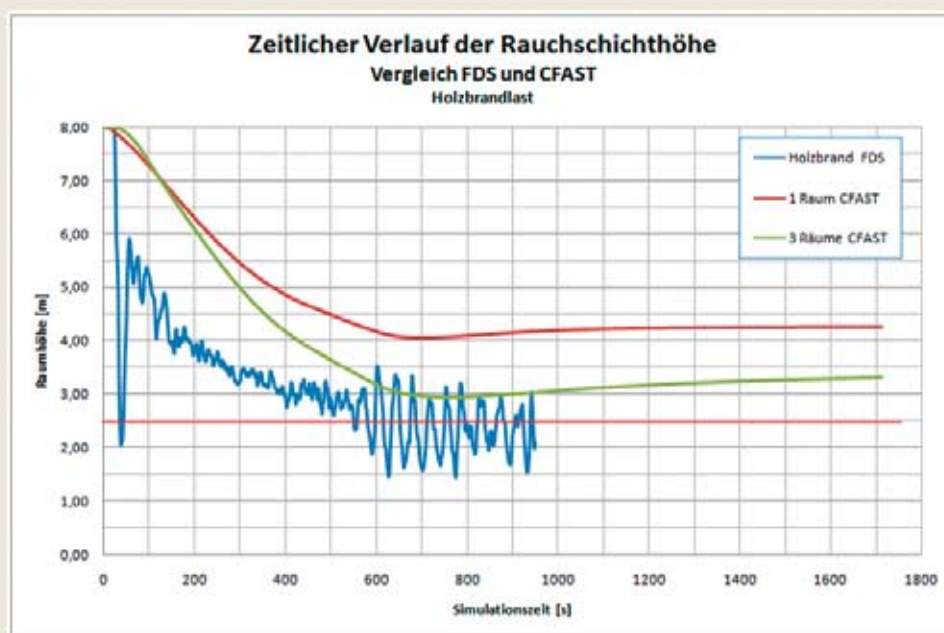
Simulation mit CFAST 6



Simulation mit CFAST 6



Simulation mit CFAST 6



Zusammenfassung

- FDS 5 > Ergebnisse liegen unter der DIN 18232-2
- CFAST 6 > Ergebnisse deutlich über der DIN 18232-2
- soot yield Werte aus vfdb-Leitfaden verwendbar ?
- FDS Eingangswerte konservativ wählen ?
 - vgl. Zonenmodelle
- DIN 18232-2
 - Realbrandversuch ?
 - Personenschutz ?

Vielen Dank für ihre
Aufmerksamkeit !

Fragen ?

sebastian-metzger@web.de

Dr. Jürgen Will:

Ingenieurmäßige Anwendung von FDS am Beispiel einer Halle

Abstract:

Unter dem Aspekt einer ingenieurmäßigen Anwendung wird der Einfluss verschiedener Parameter in FDS auf die Rauch- und Wärmeausbreitung untersucht. Dazu wird eine ca. 1.800 m² große und 10 m hohe Halle, die in zwei Rauchabschnitte unterteilt ist, mit Entrauchungsmaßnahmen in Anlehnung an DIN 18232 - 2 (NRA) vorgegeben.

Bezüglich der Gittereinteilung werden neben drei verschiedenen Gitterabmessung eine Darstellung mit zwei Gittern und mit Gitterstauchung bzw. -dehnung gewählt. Der Brandherd wird als zusammenhängende Fläche dargestellt bzw. in 9 oder 36 Teilflächen untergliedert. Entsprechend werden die Brandeigenschaften entweder für ein „typisches“ Brandlastgemisch, für Holz oder für Propan (Default) vorgegeben. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten werden keine anderen Parameter variiert. Auf Basis dieser Parametervariation werden 9 Fällen untersucht und der Verlauf der Rauch- und Wärmeausbreitung anhand der Verteilung der Rußkonzentration und der Temperatur verglichen. Die Ergebnisse dieser Vergleiche dienen als Anhalt bei der Vorgabe der untersuchten Parameter zur effizienten Anwendung von FDS als Ingeniemethode des Brandschutz.



Sachverständige

Ingenieurmäßige Anwendung von FDS am Beispiel einer Halle

2. Anwender-Treffen der FDS Usergroup
04.12 - 05.12.2008

Jürgen Will

Einleitung



- **Auslegung der Entrauchungsmaßnahmen**
 - ◆ Nicht-gesprinkelte Industriegebäude ($> 1.600 \text{ m}^2$)
 - ◆ Versammlungsräume ($> 1.000 \text{ m}^2$)
 - ◆ Ladenstraßen
 - ◆ Atrien
- **DIN 18232-2 oder DIN 18232-5**
 - ◆ „einfache“ Geometrie und Strömungsverhältnisse
 - ◆ Begrenzung auf 1.600 m^2
 - ◆ Begrenzung auf 12 m bzw. 10 m Höhe
 - ◆ Unwirtschaftliche Lösungen
 - ◆ Störung des Betriebsablaufs (z.B. Rauchschürzen)

Ingenieurmethoden



- Experimente (z.B. Rauchversuche)
- Physikalische Modelle
- Numerische Simulation der Rauch- und Wärmeausbreitung
 - ◆ Mehrraum-Zonenmodell
 - ◆ Feldmodell

Problemstellung



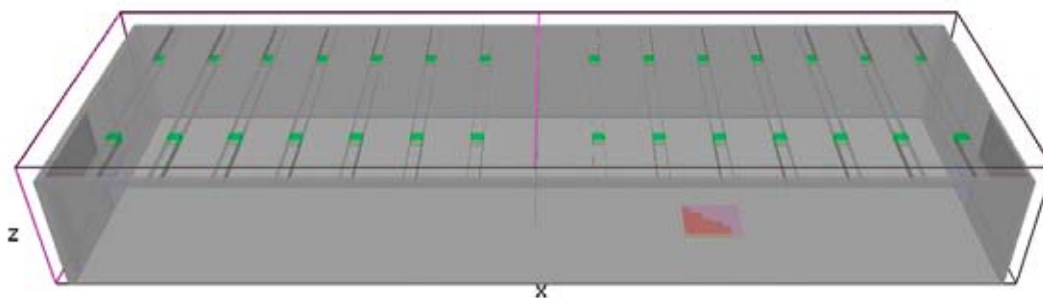
- Brandszenarium
 - ◆ Vorgabe der Rauch- und Wärmefreisetzung
 - ◆ Brandort
 - ◆ Brandlast: Brandeigenschaften / Brandparameter
- Effiziente Anwendung
 - ◆ Ergebnisse / Anforderungen
 - ◆ Rauchabzugsflächen / Volumenstrom
 - ◆ Lage der Rauchabzugsanlagen
 - ◆ Rauchabschnittsbildung
 - ◆ Zuluft
 - ◆ Begrenzter Zeit- und Arbeitsaufwand

Parametervariation



- Darstellung des Brandherds
 - Spezifische Wärmefreisetzungsrate (konstant)
 - Brandherdfläche
 - ◆ Plausible Darstellung der Rauchmenge und Temperatur
- Brandlast: Brandparameter
 - Effektive Verbrennungswärme
 - Kohlendioxid-, Kohlenmonoxid-, Rußausbeute (Yield's)
 - ◆ Abdeckende Darstellung der Rauch- und Wärmefreisetzung
- Gitter
 - Zellenabmessung
 - Mehrere Gitter
 - Gitterdehnung / -stauchung

„Konstante“ Randbedingungen



Berechnungsgebiet: 80 m * 25 m * 12 m

Halle: 77 m * 24 m * 10 m

Druckausgleich: 2 Öffnungen 1 m * 1 m

Mobile Rauchschürze

Rauchabzug: 2 * 14 NRA mit je $A_w = 1 \text{ m}^2$

Zuluft: 2 Tore je 5 m breit * 2,5 m hoch

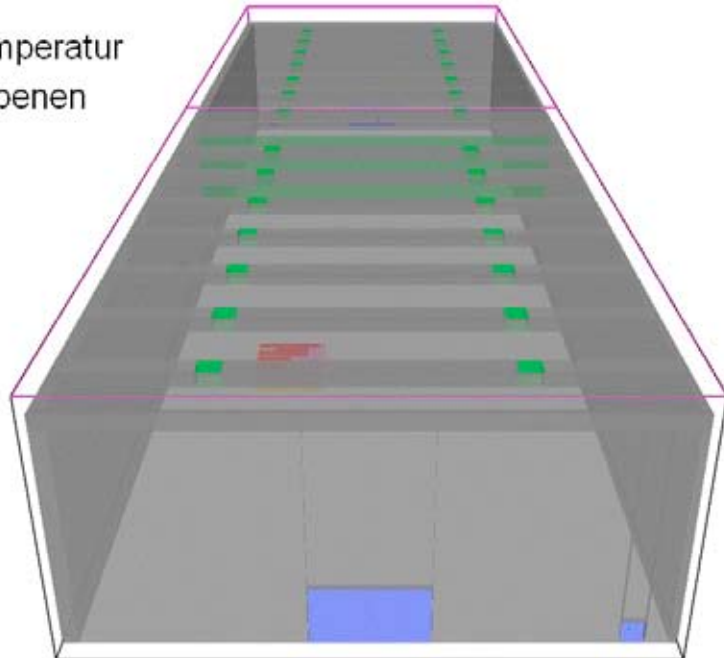
Auslösung Rauchabzug, Zuluft und Rauchschürze nach 120 Sekunden

Daten / Bewertungsgrundlage

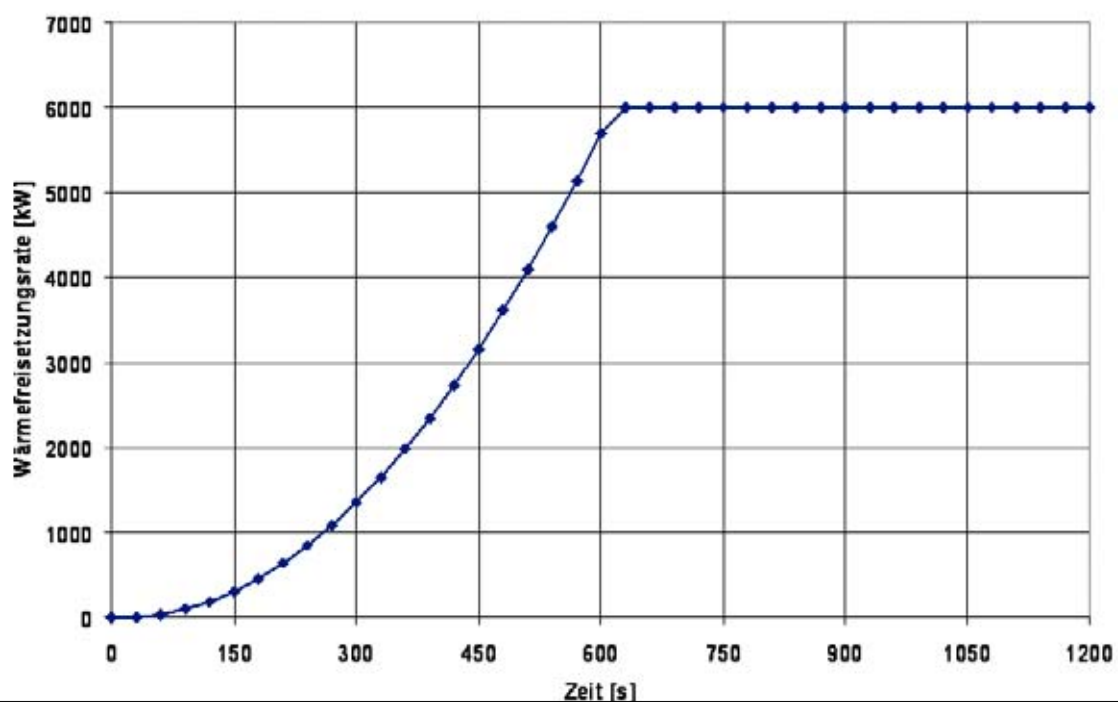


„Datenaufzeichnung“:
Rußkonzentration und Temperatur
7 Punkte * 3 Reihen * 3 Ebenen
* 2 Rauchabschnitte

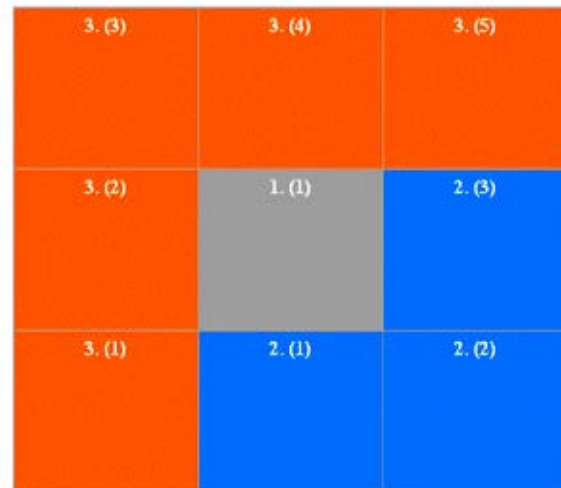
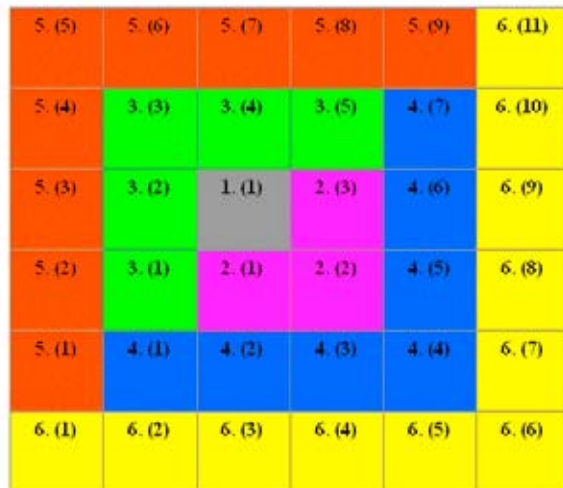
PLOT3D:
Temperatur,
Geschwindigkeiten,
Rußkonzentration



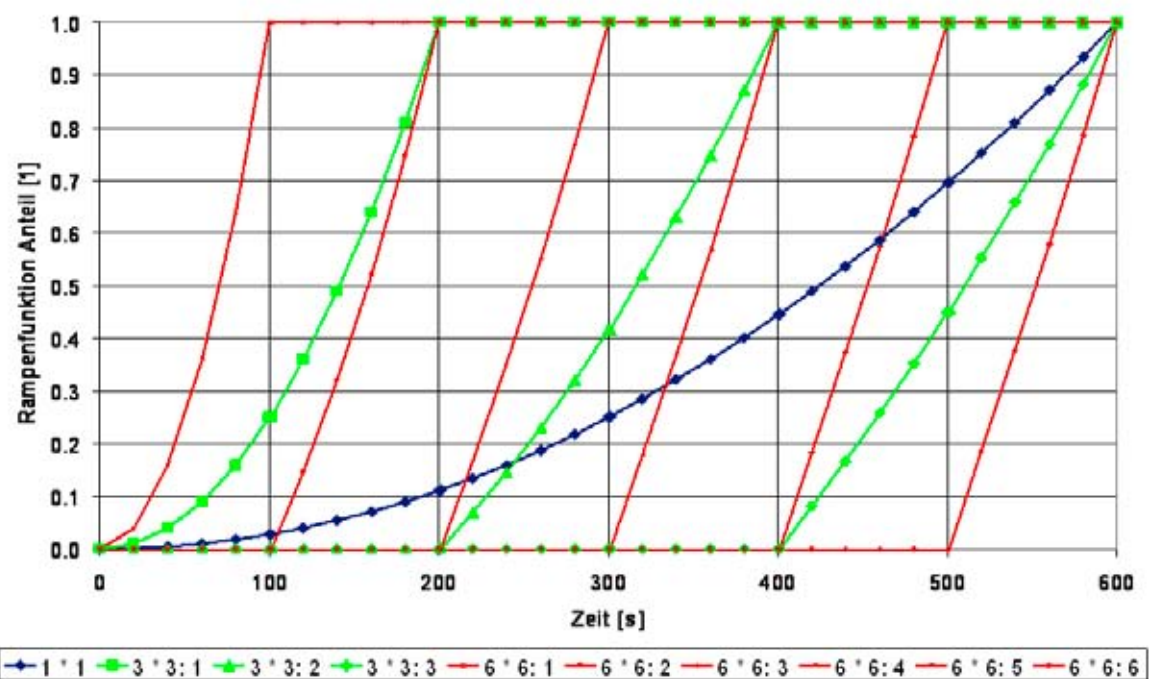
Brandverlauf



Brandherd „6 × 6“ und „3 × 3“



Rampenfunktionen



Gitter



	„Standard“	„Fein“	„Grob“	2 Gitter	Dehnung / Stauchung
Δx [m]	0,333	0,200	0,500	0,333	0,333 0,500
Δy [m]	0,333	0,200	0,500	0,333	0,333
Δz [m]	0,333	0,200	0,333	0,333	0,333
Anzahl Zellen	648.000	3.000.000	288.000	2×324.000	540.000

Brandparameter



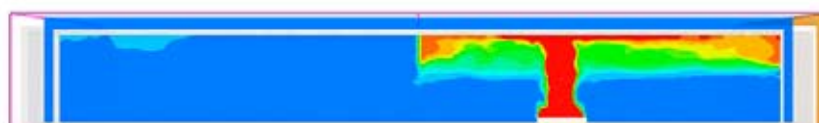
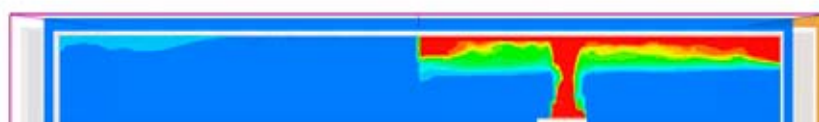
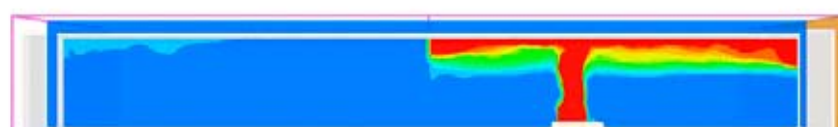
Parameter	„Gemisch“	Holz	Propan
C	58,7	3,4	3,0
H	93,3	6,2	8,0
O	11,3	2,5	-
N	1,5	-	-
Heizwert	32,40 kJ/g	17,20 kJ/g	46,40 kJ/g
effektive Verbrennungswärme	25,46 kJ/g	12,48 kJ/g	46,12 kJ/g
Rußausbeute	0,082 g/g	0,015 g/g	0,01 g/g
bezogen auf $h_{c,eff}$	3,22 g/J	1,20 g/J	0,22 g/J
CO-Ausbeute	0,031 g/g	0,05 g/g	-
bezogen auf $h_{c,eff}$	1,22 g/J	4,01 g/J	-
Strahlungsanteil	0,20	0,37	0,35

Parametervariation



Brandherd	Brandparameter	Gittereinteilung
„6 × 6“	„Gemisch“	Standard
„3 × 3“	„Gemisch“	Standard
„1 × 1“		
„6 × 6“	Holz	Standard
	Propan	
„6 × 6“	„Gemisch“	fein
		grob
		2 Gitter
		Dehnung / Stauchung

Brandherd: Rußkonzentration



300. Sekunde

„6 × 6“

„3 × 3“

„1 × 1“

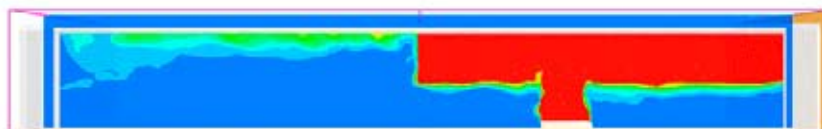


Brandherd: Rußkonzentration

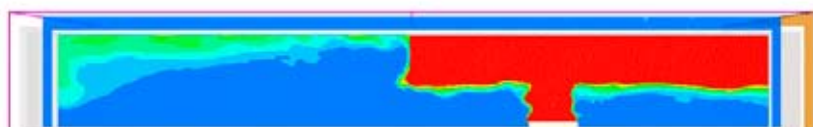


600. Sekunde

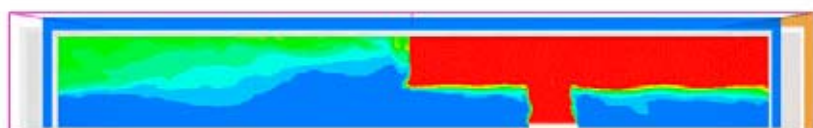
„6 × 6“



„3 × 3“



„1 × 1“

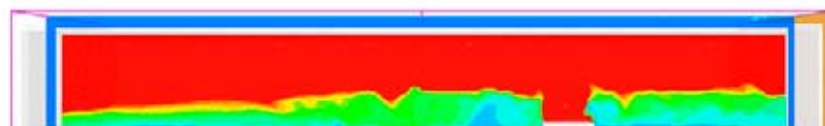


Brandherd: Rußkonzentration

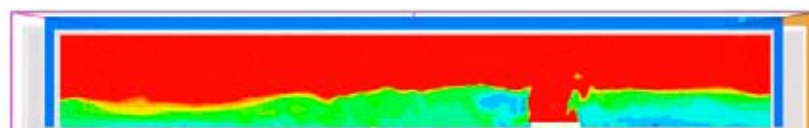


1200. Sekunde

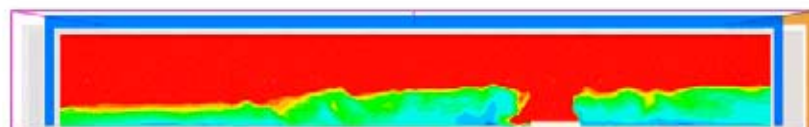
„6 × 6“



„3 × 3“



„1 × 1“



Brandherd: Temperatur



300. Sekunde



„6 x 6“



„3 x 3“

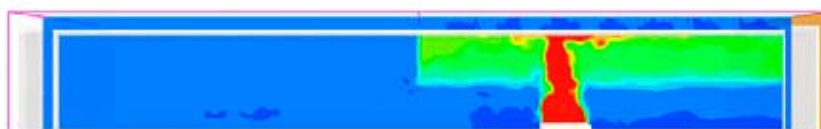


„1 x 1“

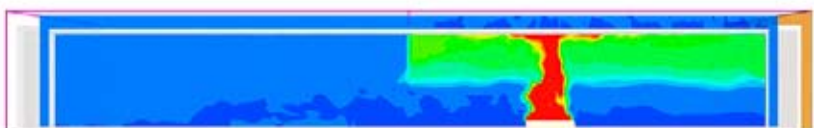
Brandherd: Temperatur



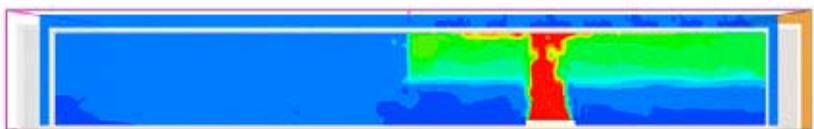
600. Sekunde



„6 x 6“

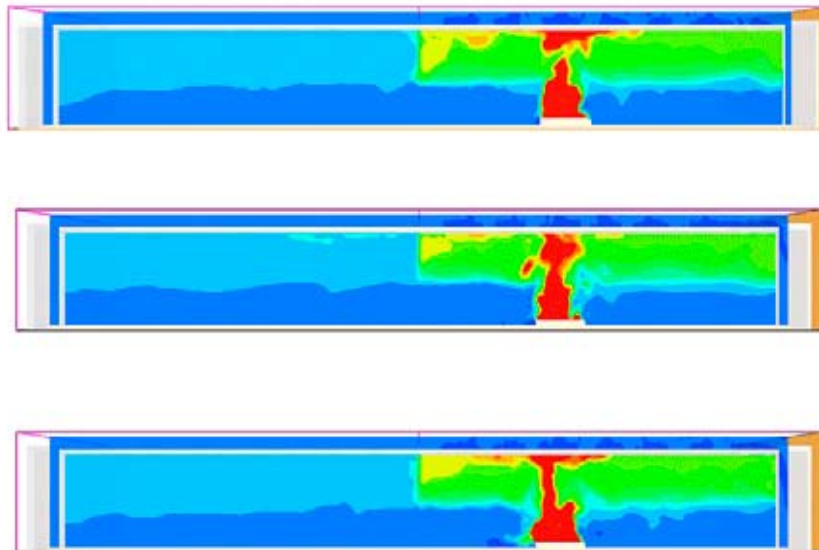


„3 x 3“



„1 x 1“

Brandherd: Temperatur



1200. Sekunde

„6 × 6“

c

120

110

100

90.0

80.0

70.0

60.0

50.0

40.0

30.0

20.0

„1 × 1“

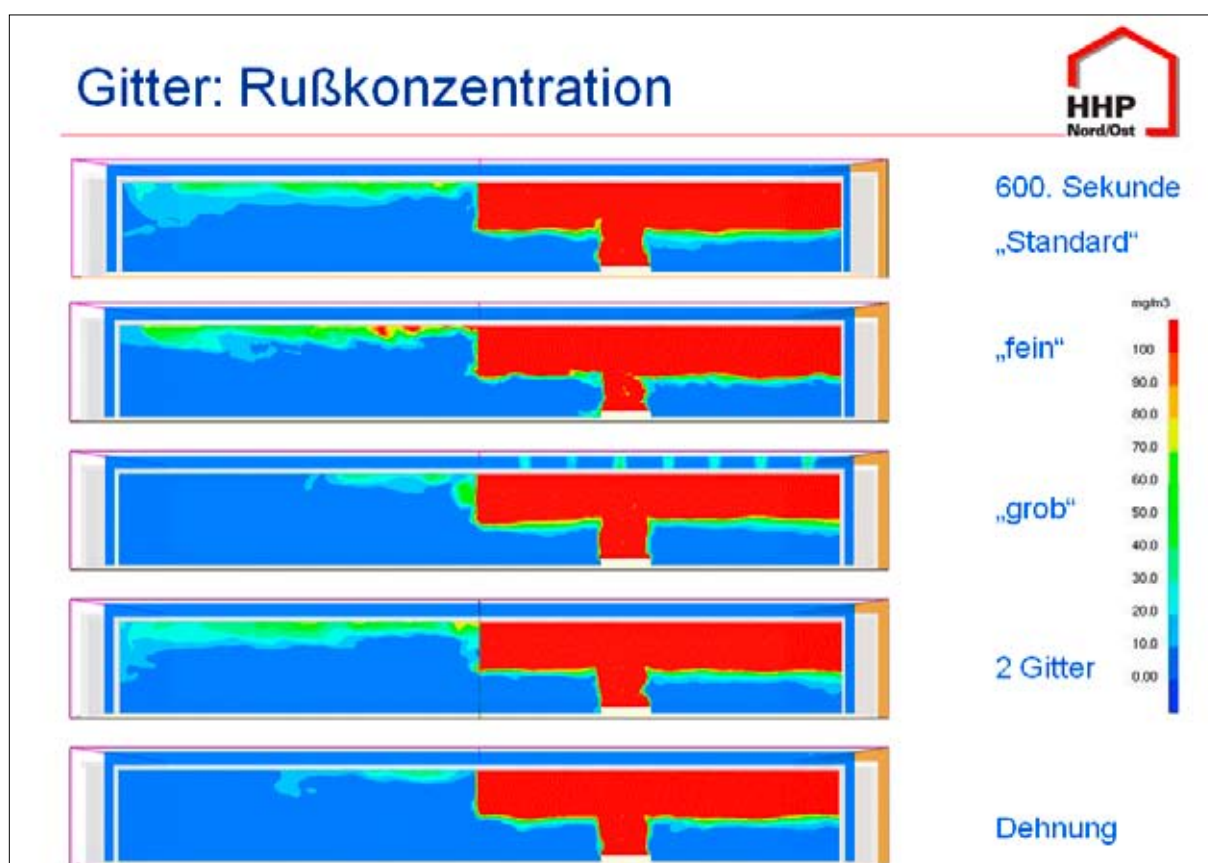
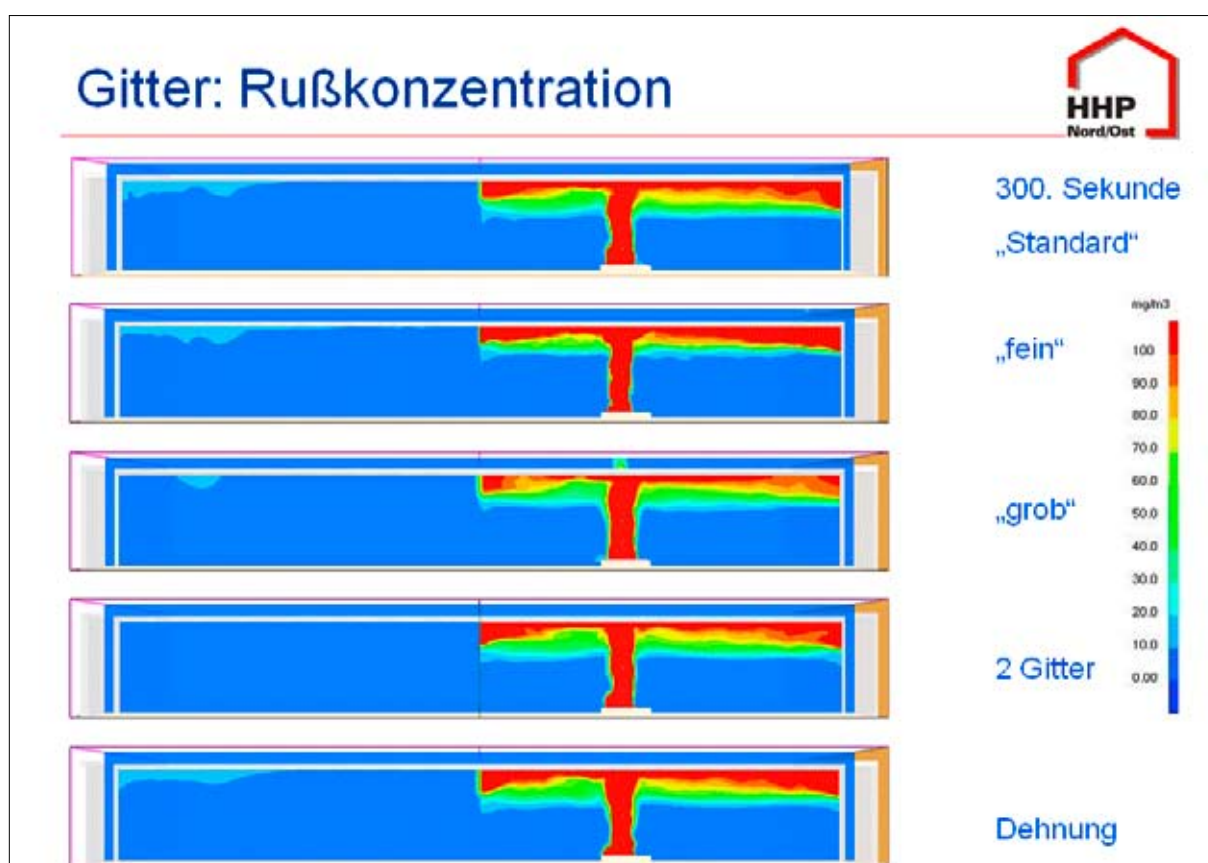
Einfluss Brandherd



„Feine“ Darstellung des Brandherds („6 × 6“)



- ◆ Heißgasplume mit geringem Umfang in der Anfangsphase
- ◆ höhere Temperatur im Plume und in der Heißgasschicht
- ◆ langsame Ausbreitung und langsames Herabsinken von Rauch (Rußkonzentration)
- ◆ langsames Herabsinken von „Heißgas“ (Temperaturverteilung)
- Unterschiede verschwinden in der „stationären“ Phase



Gitter: Rußkonzentration



1200. Sekunde

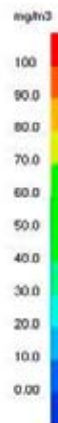
„Standard“

„fein“

„grob“

2 Gitter

Dehnung



Gitter: Temperatur



300. Sekunde

„Standard“

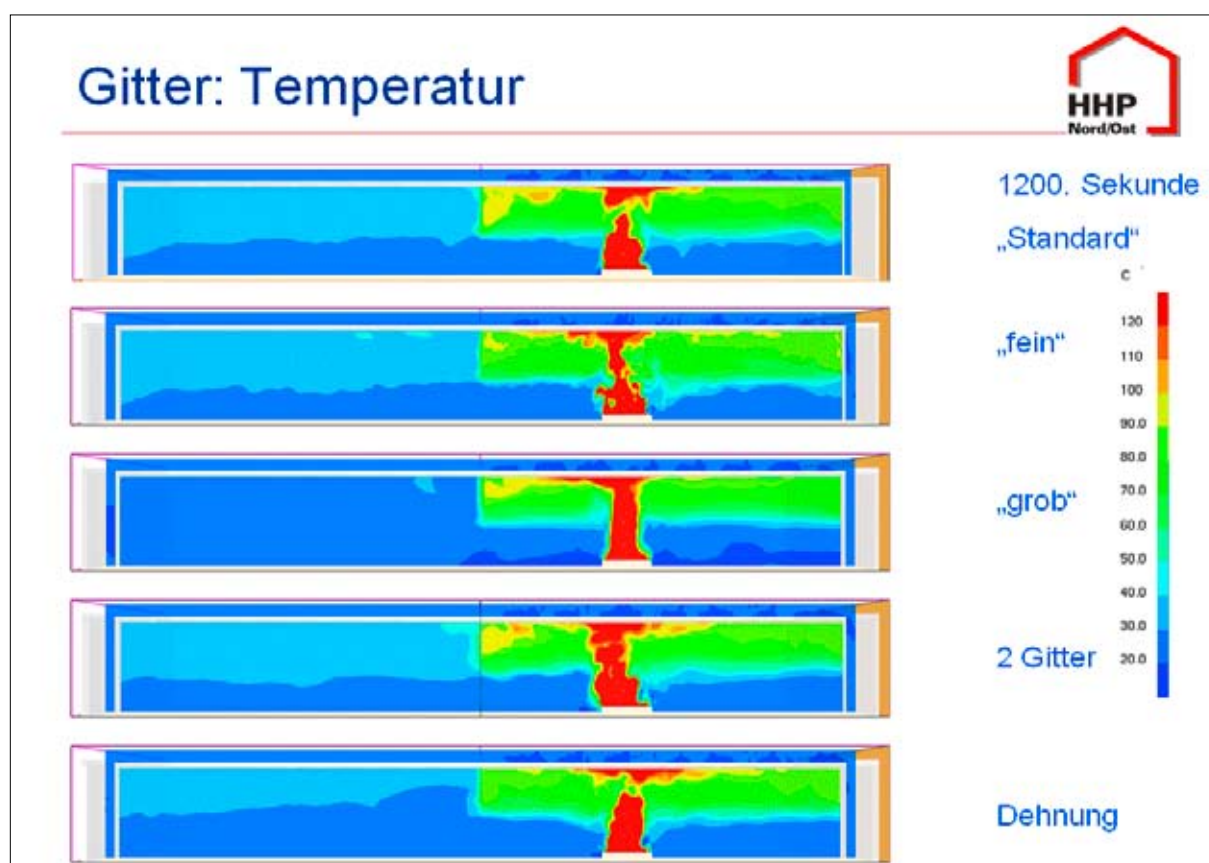
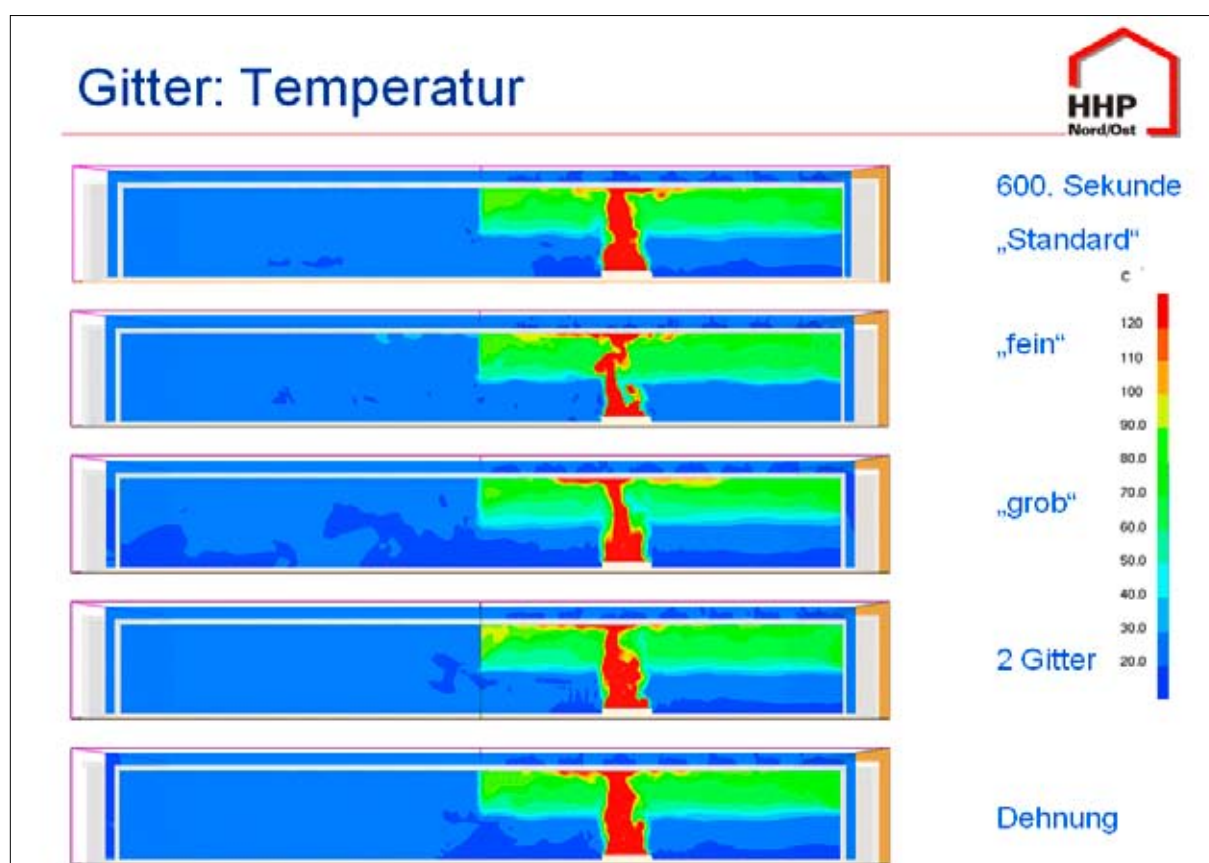
„fein“

„grob“

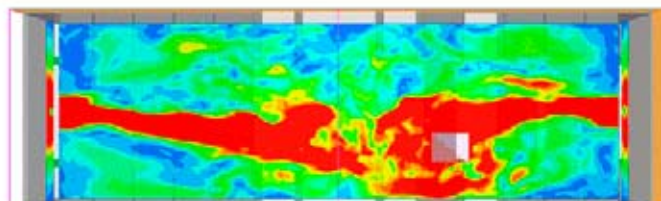
2 Gitter

Dehnung



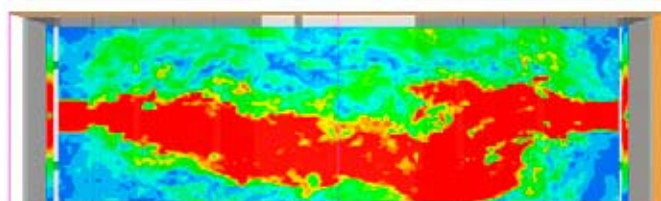


Gitter: Geschwindigkeit

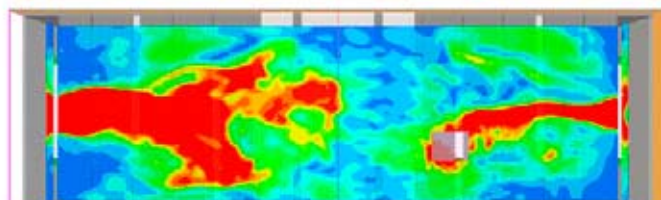


1200. Sekunde

„Standard“



„fein“

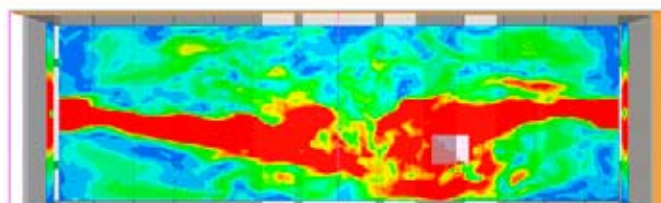


„grob“

1 m über dem Boden

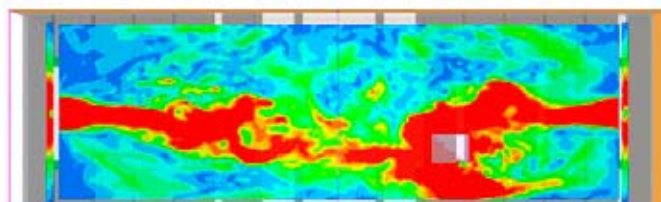
Skala: 0 – 1 m/s

Gitter: Geschwindigkeit

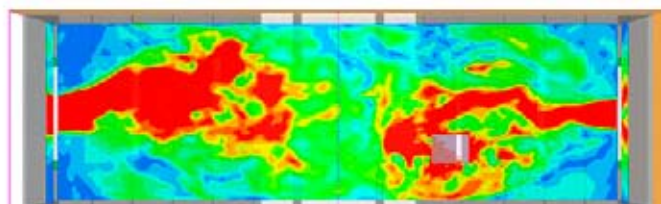


1200. Sekunde

„Standard“



2 Gitter



Dehnung

1 m über dem Boden

Skala: 0 – 1 m/s

Einfluss Gitter



„Fein“ - „Standard“ - „Grob“ ↔

- ◆ „Fein“ und „Standard“ nahezu gleicher Verlauf der Rauchausbreitung
- ◆ Besonderheit „Fein“:
 - Geringere Umfang des Heißgasplumes mit stärkeren Turbulenzen
 - Höhere Temperatur im Plume
 - Flachere Heißgasschicht in der Anfangsphase (rechts)
- ◆ Besonderheit „Grob“:
 - Späteres Unterströmen der Rauchschräge und langsamere Rauchausbreitung (links), vgl. „Witte“
 - Geringfügig dickere „Rauchgasschicht“ rechts bis zur 600. s
 - deutlich weniger Rauch links
 - erklärt sich aus geringerem Massenstrom durch Rauchabzugsöffnungen („Fein“)
 - Höherer Geschwindigkeit der Zuluft („Fein“)

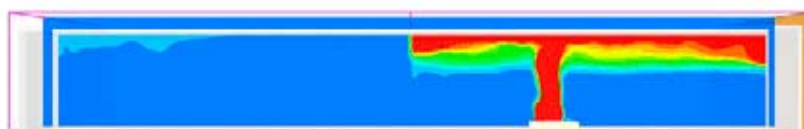
Einfluss Gitter



„Standard“ - „2 Gitter“ - „Dehnung“ ↔

- ◆ Nur geringe Unterschiede in der Brandherdumgebung und im rechten Abschnitt
- ◆ „2 Gitter“: Anfangs keine Rauchausbreitung nach links
- ◆ „Dehnung“: Geringeres Unterströmen der Rauchschräge und geringere Rauchausbreitung links, ggf. verursacht durch ca. 20 % größeren Zuluftmassenstrom von links bei geringerer Geschwindigkeit

Brandparameter: Rußkonzentration



300. Sekunde

„Gemisch“

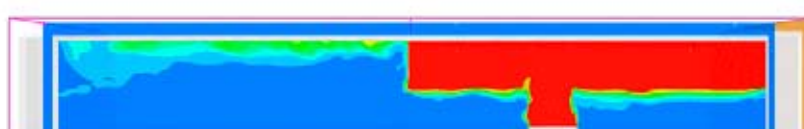
mg/m³

Holz



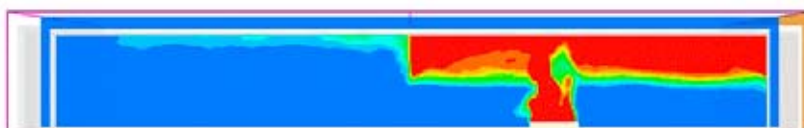
Propan

Brandparameter: Rußkonzentration



600. Sekunde

„Gemisch“

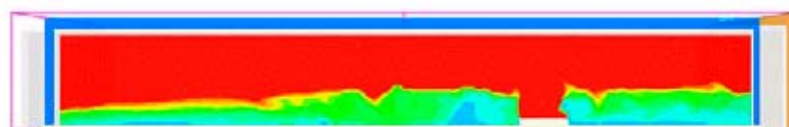
mg/m³

Holz



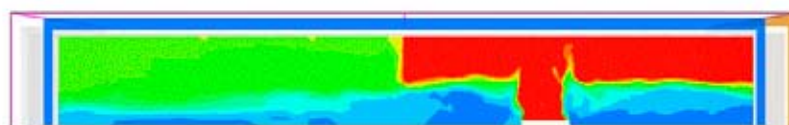
Propan

Brandparameter: Rußkonzentration



1200. Sekunde

„Gemisch“



Holz



Propan

mg/m³

100

90.0

80.0

70.0

60.0

50.0

40.0

30.0

20.0

10.0

0.00

Brandparameter: Temperatur



300. Sekunde

„Gemisch“



Holz



Propan

°C

120

110

100

90.0

80.0

70.0

60.0

50.0

40.0

30.0

20.0

Brandparameter: Temperatur



600. Sekunde

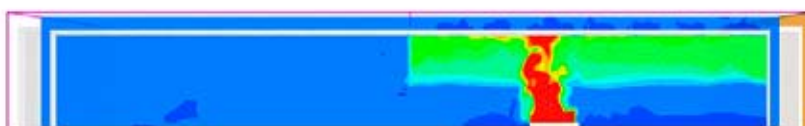
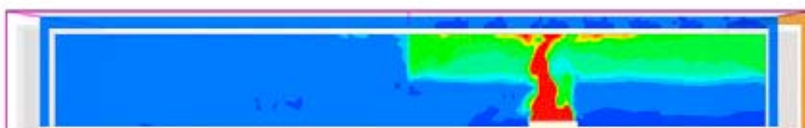
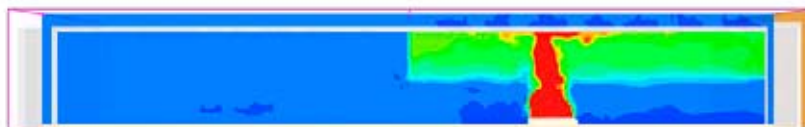
„Gemisch“

°C



Holz

Propan



Brandparameter: Temperatur



1200. Sekunde

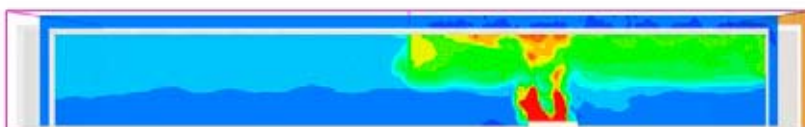
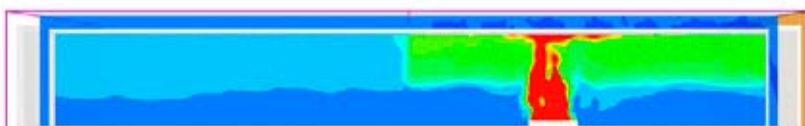
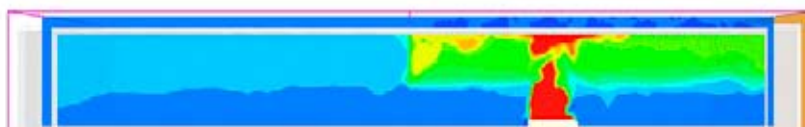
„Gemisch“

°C



Holz

Propan



Einfluss Brandparameter



„Gemisch“ - Holz - Propan ↔

- ◆ Rauchausbreitung / Rußkonzentration abhängig von der Rußausbeute
- ◆ Holz nur wenn maßgebliche Brandlast
- ◆ Propan im Allgemeinen ungeeignet
- Geringe Unterschiede bei der Temperaturverteilung
 - ◆ ggf. Wirkung auf Strahlungsaustausch
 - Absorption von Wärmestrahlung des Brandes in der Rauchgasschicht
 - Strahlung der Rauchgasschicht

Dauer der Simulationsrechnung



Brandherd	Brandparameter	Gittereinteilung	Dauer [min]	Differenz
„6 × 6“	„Gemisch“	Standard	1307,00	-
„3 × 3“	„Gemisch“	Standard	1320,88	+ 1,1 %
„1 × 1“			1240,05	- 0,51 %
„6 × 6“	Holz	Standard	1175,23	- 10,1 %
	Propan		1172,85	- 10,3 %
„6 × 6“	„Gemisch“	fein	10267,05	+ 685,5 %
		grob	568,75	- 56,5 %
		2 Gitter	1376,87	+ 0,53 %
		Delunung / Stauchung	1125,1	- 13,9 %

Zusammenfassung



- Spezifischen Wärmefreisetzungsrate (HRRPUA)
 - ◆ „grobe“ Darstellung: Mehr Rauch bei ansteigender oder anklingender Wärmefreisetzungsrate
- Gittereinteilung in Wechselwirkung zu Strömungsverhältnissen
 - ◆ Gittereinteilung im Einzelfall „optimieren“
 - ◆ Vorsicht bei Verwendung von mehr als einem Gitter
- Wesentlicher Einfluss der Brandparameter
 - ◆ Festlegung in der Verantwortung des Anwenders
 - ◆ Propan (Default) für „Entrauchung“ ungeeignet

Schlussfolgerungen



- Simulation der Brandes
 - ◆ Effektive Verbrennungswärme und Rußausbeute sind die Parameter mit dem größten Einfluss auf die Rauchausbreitung
 - ◆ Unterteilung der Brandherdoberfläche ergibt realistischen Plume
 - Beides kein nennenswerter Zeitaufwand
- Gittereinteilung
 - ◆ Optimierung der Rechendauer
 - ◆ Absicherung erforderlich (oder Erfahrung)
 - ◆ Gitterdehnung zur Reduzierung der Gitterpunkte
 - ◆ Vorsicht bei mehreren Gittern

Christian Kohler:

FDS Simulation (FDS 5.2.0), Sprinkleranlage, Hochregallager(HRL)



Sicherheitsinstitut | Institut de Sécurité | Istituto di Sicurezza

2. Anwender-Treffen der FDS Usergroup
04. 12. - 05. 12. 2008, Berlin

Präsentation:
FDS-Simulation (FDS 5.2.0)
Hochregallager (HRL)



Sicherheitsinstitut Zürich
Christian Kohler
Dipl. Natw. ETH
Brandschutzfachmann CFPA
christian.kohler@swiss.ch
++41 44 217 43 62



Ausgangslage

Aufgrund von Richtlinienabweichungen bezüglich der **Platzierung der Sprinkler** in einem neu erstellten Hochregallager (HRL) eines grossen Logistikunternehmens, tätig im Pharma-Medizinalbereich, wurde eine Expertise beim Sicherheitsinstitut in Auftrag gegeben.

Fragestellung

Die zu lösende Fragestellung lautete, ob aufgrund der Abweichung mit einer signifikanten Auslöseverzögerung der Sprinklerdüsen und damit auch einer reduzierten Löschwirkung zu rechnen ist.

Sicherheitsinstitut
Zürich Basel Neuenburg Lugano

Fragestellung

Gemäss Schweizer Sprinkler-Richtlinien (SES) sind Regalsprinkler in den Kreuzungspunkten der vom Lagergut gebildeten vertikalen Schächten und von Zwischenebene zu Zwischenebene seitlich gegeneinander versetzt anzuordnen.

Lagergut →

Holzpalett →

Regal →

Deckensprinkler
7.8 m

Regalsprinkler
6.2 m

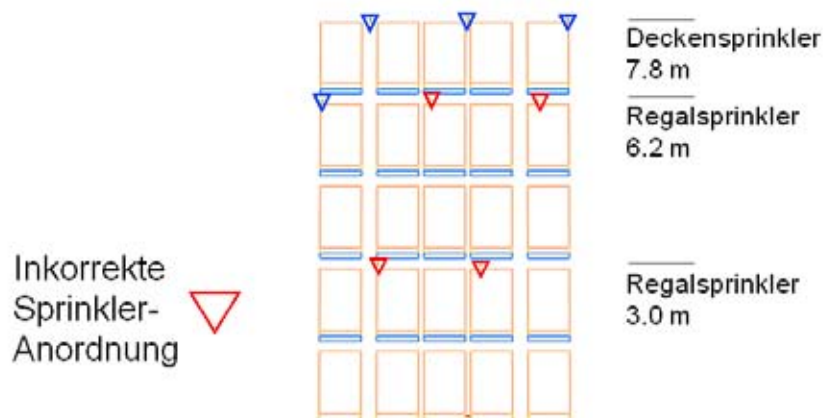
Regalsprinkler
3.0 m

Soll-Situation



Fragestellung

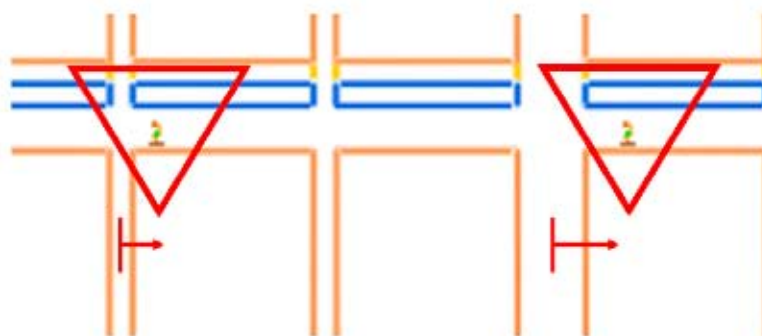
Die Regalsprinkler waren nicht in den Kreuzungspunkten sondern versetzt angeordnet worden und erfüllen somit die Schweizer Sprinkler-Richtlinien nicht.



Ist-Situation



Fragestellung



Sprinkler **15 bis 25 cm** versetzt
angeordnet.

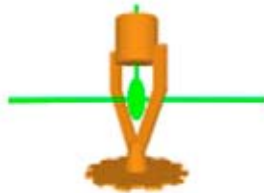


Sprinkler

Folgende Sprinkler Spezifikationen wurden für die FDS Simulation verwendet:

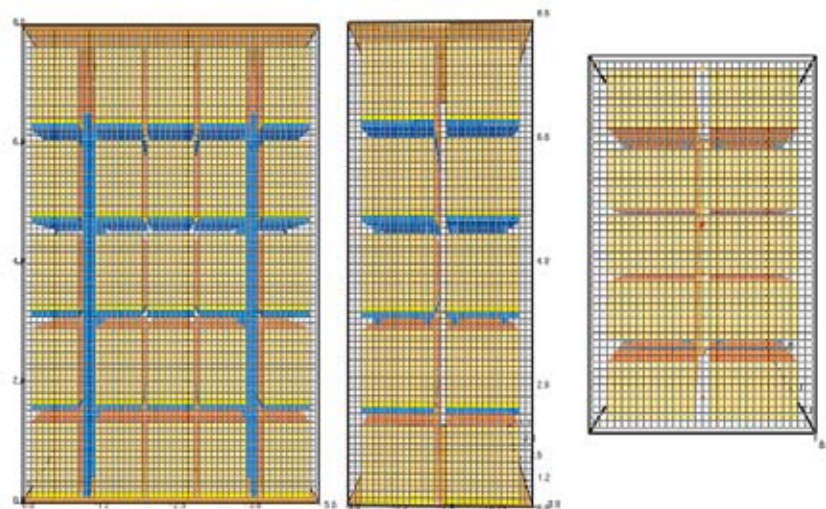
FLOW_RATE	90.0 l/min
RTI	50 (m · s) ^{0.5}
ACTIVATION_TEMPERATURE	68°C

Sprinkler hängend angeordnet (pendent Sprinkler).



Numerisches Modell

FDS Zellengrößen 0.1 x 0.1 x 0.1 m



Seitenansicht a

Seitenansicht b

Aufsicht



Theorie Solid Fuels

Sicherheitsinstitut
Zürich Basel Neuenburg Lugano



Theorie Solid Fuels

Sicherheitsinstitut
Zürich Basel Neuenburg Lugano

Das FDS 5 Pyrolyse-Modell für Solid Fuels basiert auf der chemischen Reaktionskinetik für die Umsetzung von Produkten zu Edukten.

Die Anzahl Reaktionen wird über N_REACTIONS eingegeben. Weiter kann angegeben werden, was für Produkte entstehen über NU_RESIDUE, NU_WATER, NU_FUEL.

Mit N_REACTIONS=1 und NU_FUEL=1 wird der einfachste Fall einer Reaktion abgebildet.



Theorie Solid Fuels

Weiter muss die Reaktionsgeschwindigkeitskonstante (Arrhenius-Gleichung) angegeben werden. Dies kann direkt über Eingabe der Werte E (Aktivierungsenergie) und A (Pre-exponential Faktor) oder indirekt über `REFERENCE_RATE` und `REFERENCE_TEMPERATURE` geschehen.

Arrhenius-Gleichung

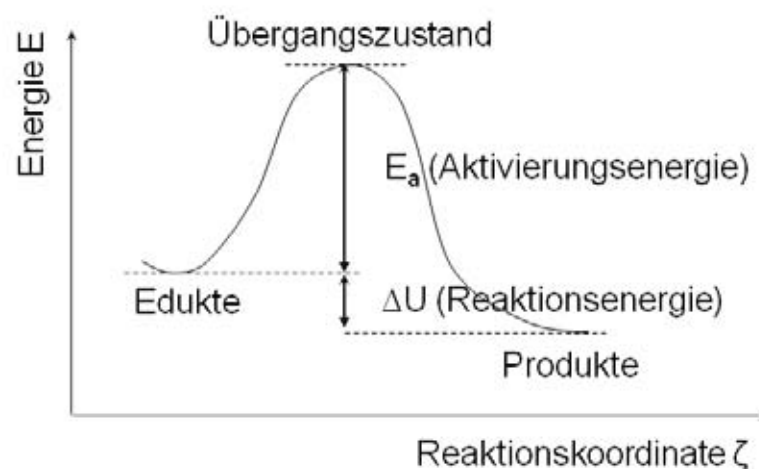
$$k = A \cdot e^{\frac{-E_A}{RT}}$$

k =Reaktionsgeschwindigkeitskonstante



Theorie Solid Fuels

Über die Reaktionsenergie (`HEAT_OF_REACTION`) muss definiert werden, ob es sich um eine endotherme oder eine exotherme Reaktion handelt.





FDS Pyrolyse Modell 1

Beispiel Cellulose (FDS-Example-File *charring_solid.fds*)

&MATL ID	'CELLULOSE'
CONDUCTIVITY_RAMP	'k_cell'
SPECIFIC_HEAT	2.3
DENSITY	400.
N_REACTIONS	1
A	2.8E19
E	2.424E5
HEAT_OF_REACTION	0.
NU_RESIDUE	1.0
RESIDUE	'ACTIVE'

A, E, HEAT_OF_REACTION sind nicht tabellarisierte Werte.



FDS Pyrolyse Modell 1

Beispiel Plastic (Example-File *cable_tray.fds*)

&MATL ID	'PLASTIC'
CONDUCTIVITY	0.2
SPECIFIC_HEAT	1.5
DENSITY	1500.
N_REACTIONS	1
HEAT_OF_REACTION	3000.
HEAT_OF_COMBUSTION	25000.
REFERENCE_TEMPERATURE	400.
NU_FUEL	1.0

REFERENCE_TEMPERATURE, (REFERENCE_RATE),
HEAT_OF_REACTION sind nicht tabellarisierte Werte.



FDS Pyrolyse Modell 2

Das FDS Pyrolyse-Modell 2 über eine spezifizierte Abbrandrate rechnet nicht die chemische Reaktionskinetik aus, sondern benötigt nur Angaben über das Abbrandverhalten.

HRRPUA	500 kW/m ²
IGNITION_TEMPERATURE	280°C
RAMP_Q	T=30.0 F=0.24 T=60.0 F=1.00
HEAT_OF_VAPORIZATION	1000 kJ/kg



FDS Pyrolyse Modell 2

Annahmen

Die Verdampfungswärme für den Stoff ist nicht bekannt. Aus der FDS 4 DATABASE sind folgende Angaben zur Verdampfungswärme für Festkörper gemacht worden:

HEAT_OF_VAPORIZATION	[kJ/kg]
Upholstery	1500
Carpet	2000
Spruce	500
PMMA	1620

- HEAT_OF_VAPORIZATION wird auf 1000 kJ/kg festgesetzt.
- Für RAMP_Q wird ein t²-Verlauf angenommen.



FDS Simulationen

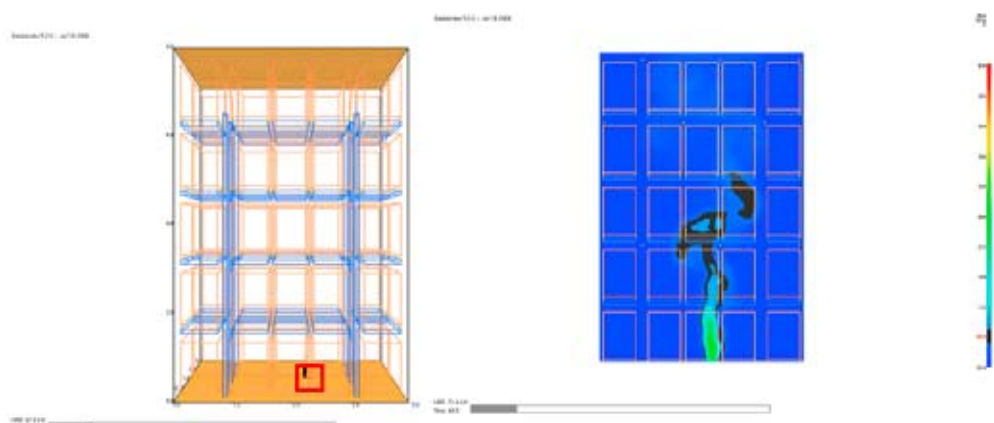
Die FDS Simulation wurden mit FDS 5.2.0 (win) durchgeführt. Dabei wurde die Zündung (Ignition) über einen 50 kW-Propan-Brenner (VENT) durchgeführt. Folgende Simulationen wurden durchgeführt:

Simulation 1	Brandherd	Lagerbucht (Mitte)
	Sprinkleranordnung	korrekt (SES)
Simulation 2	Brandherd	Lagerbucht (Mitte)
	Sprinkleranordnung	inkorrekt
Simulation 3	Brandherd	Querbucht (Rand)
	Sprinkleranordnung	korrekt (SES)
Simulation 4	Brandherd	Querbucht (Rand)
	Sprinkleranordnung	inkorrekt

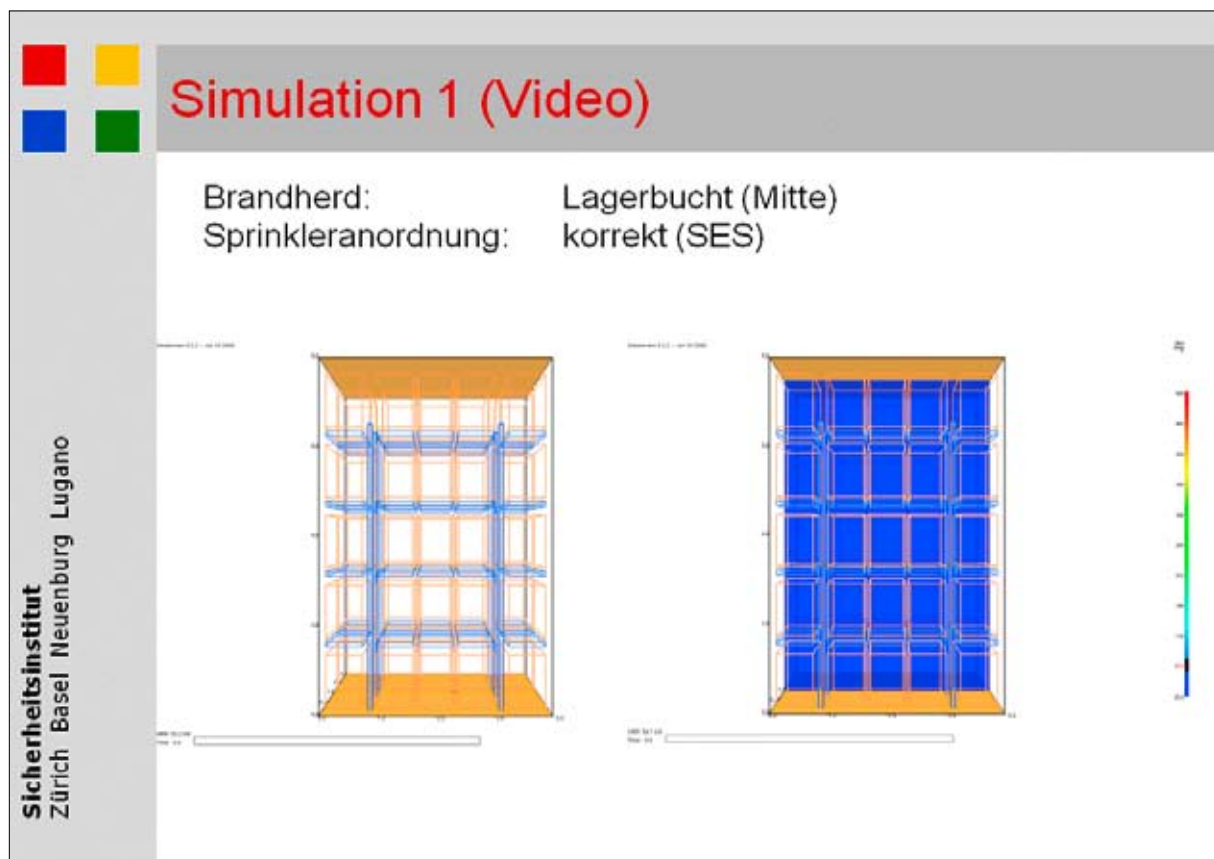
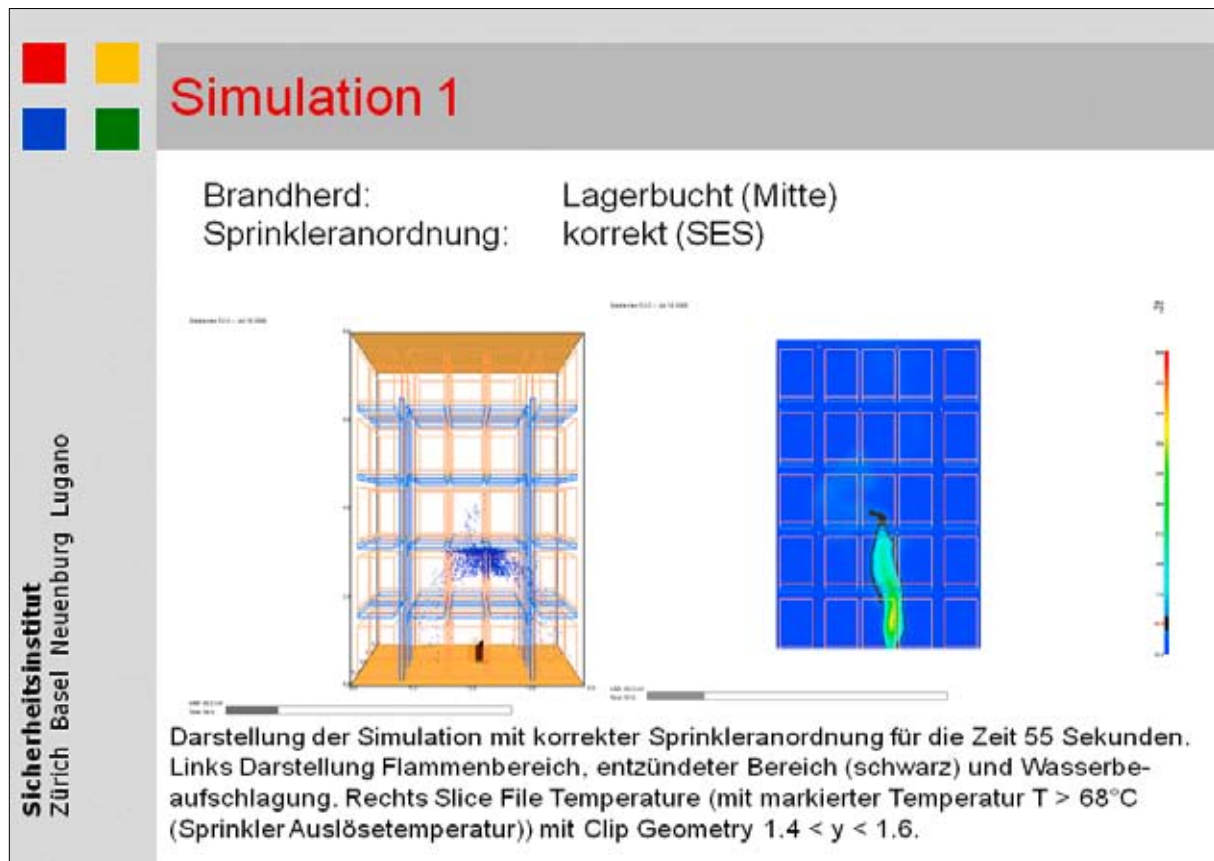


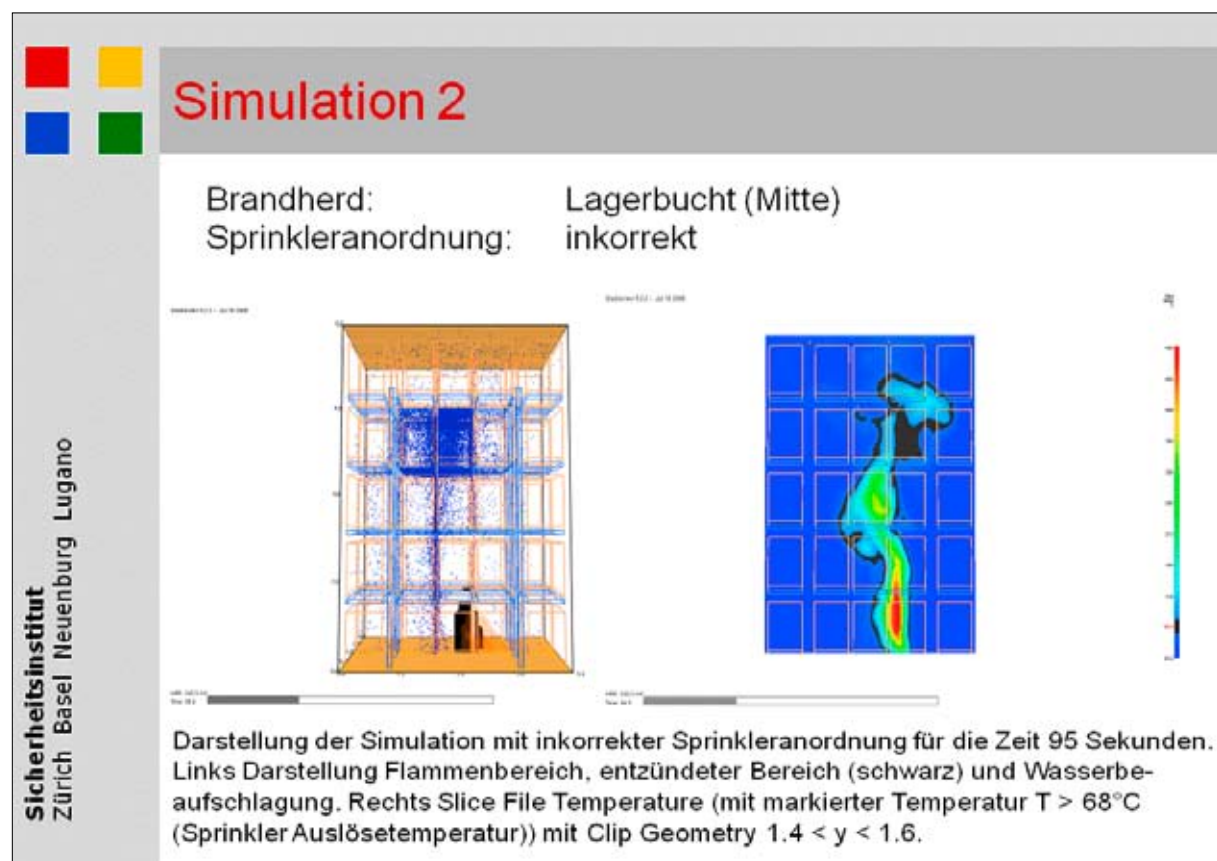
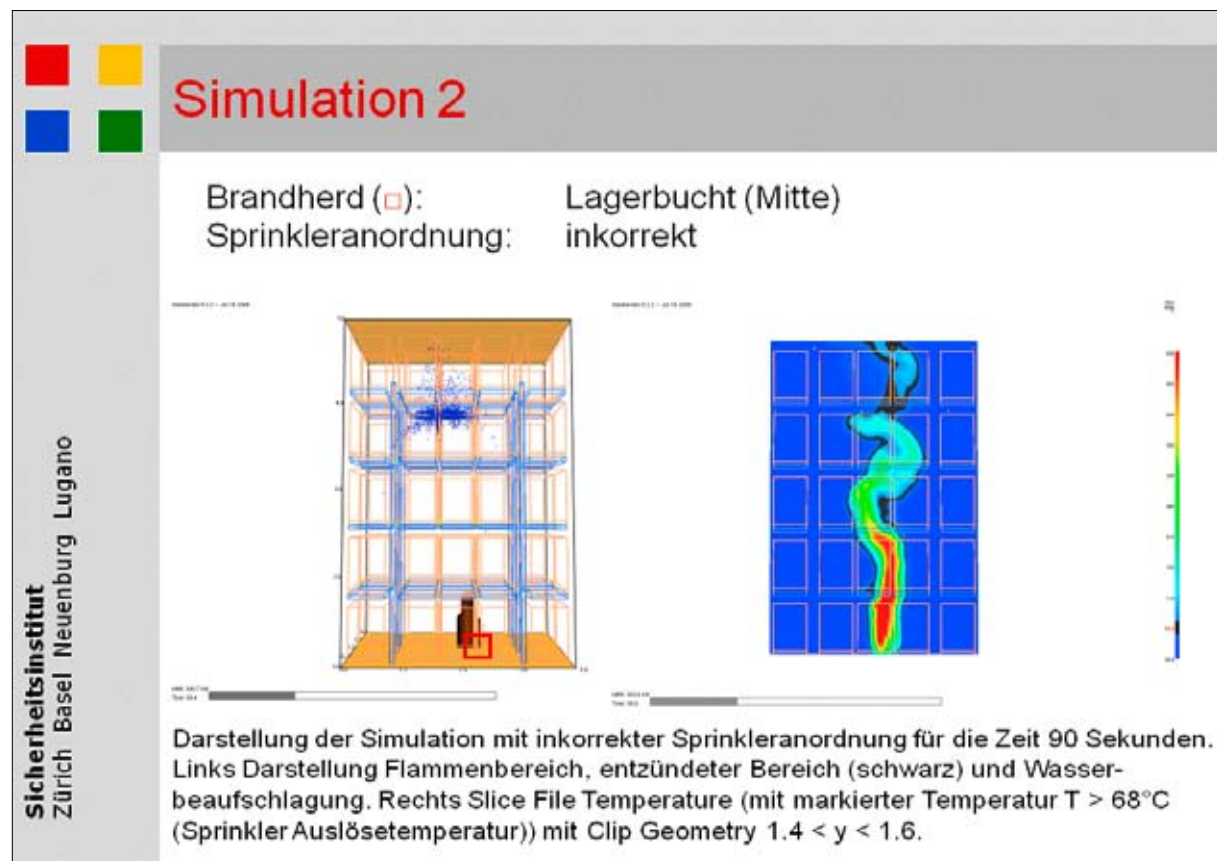
Simulation 1

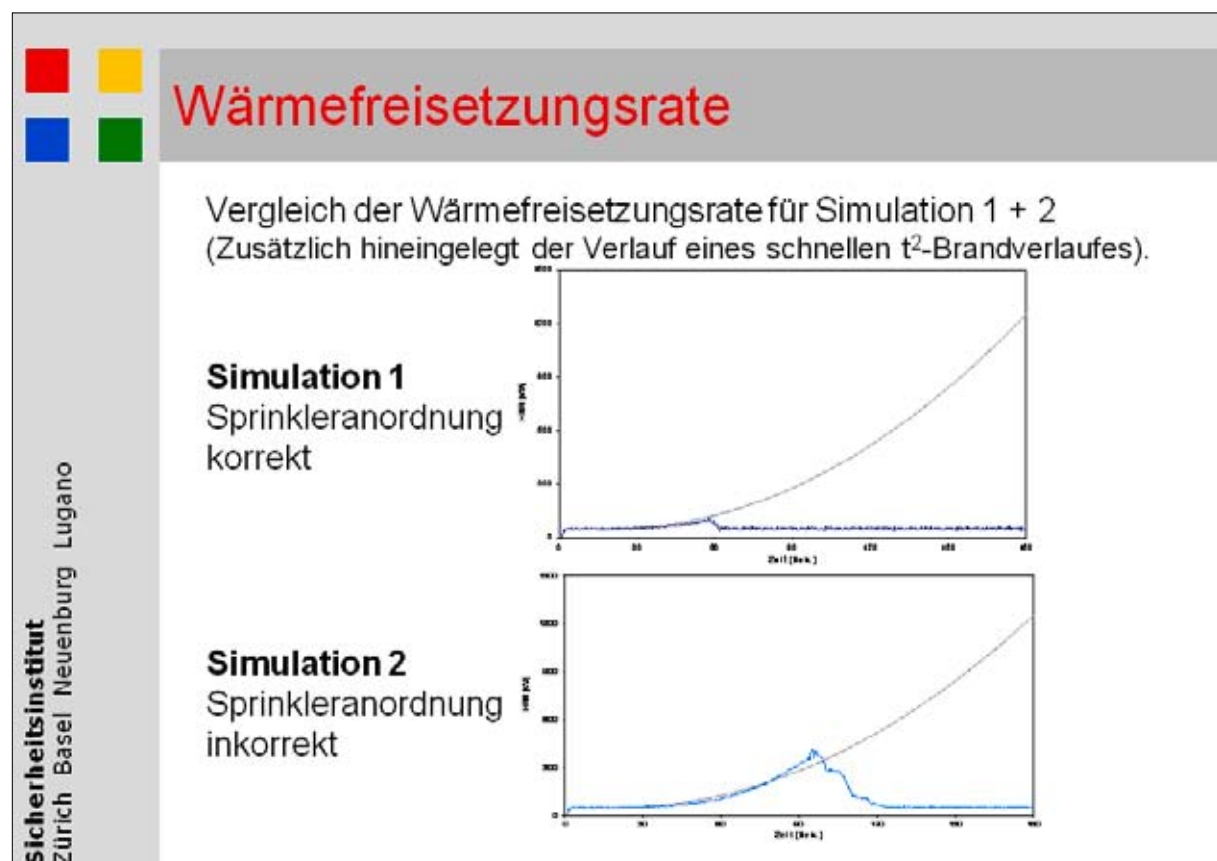
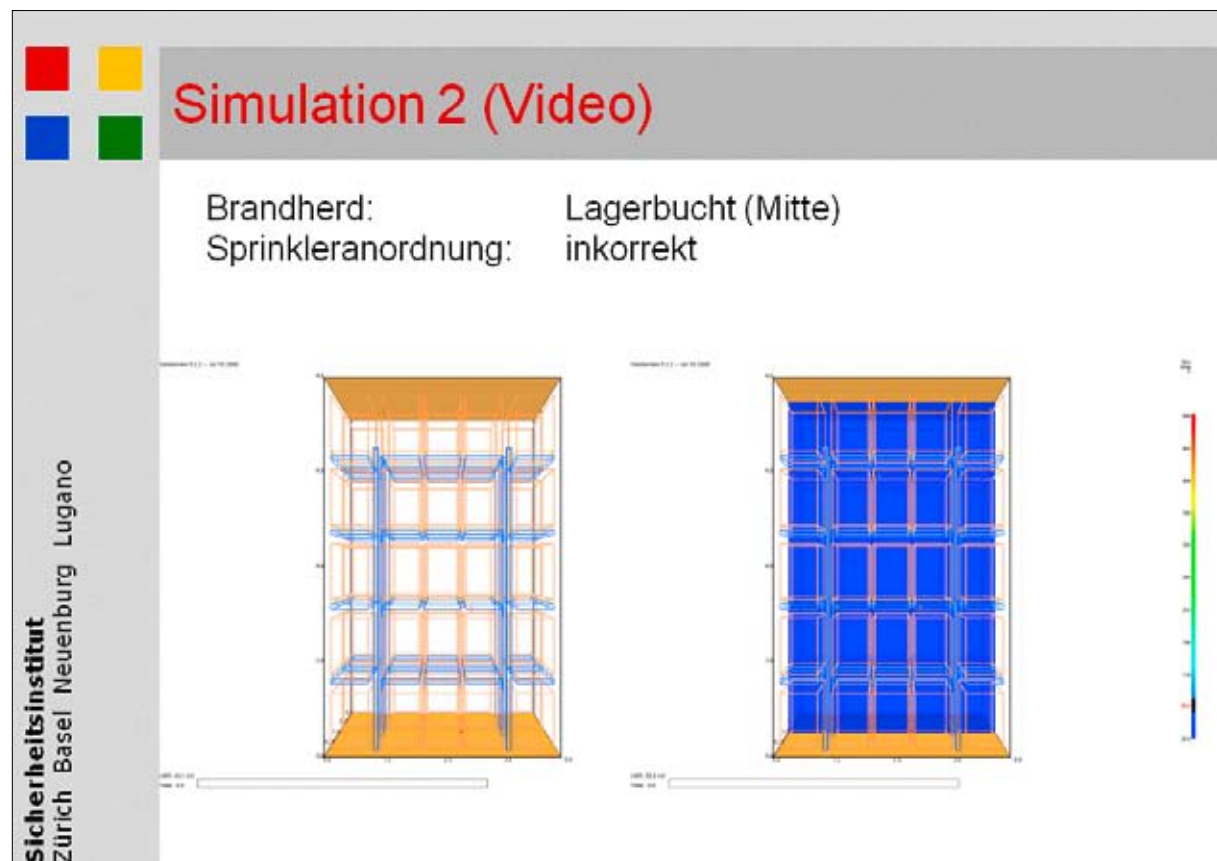
Brandherd (□): Lagerbucht (Mitte)
Sprinkleranordnung: korrekt (SES)



Darstellung der Simulation mit korrekter Sprinkleranordnung für die Zeit 45 Sekunden. Links Darstellung Flammenbereich, entzündeter Bereich (schwarz). Rechts Slice File Temperature (mit markierter Temperatur $T > 68^{\circ}\text{C}$ (Sprinkler Auslösetemperatur)) mit Clip Geometry $1.4 < y < 1.6$.





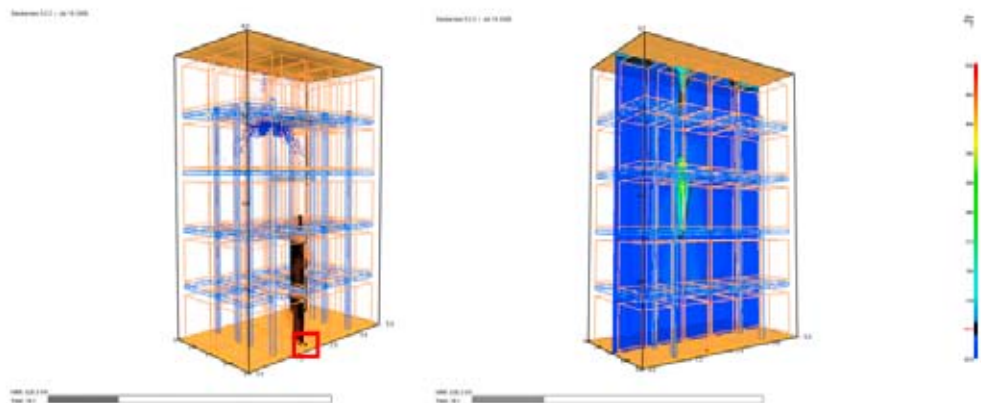




Simulation 3

Brandherd (□):
Sprinkleranordnung:

Querbucht (Rand)
korrekt (SES)



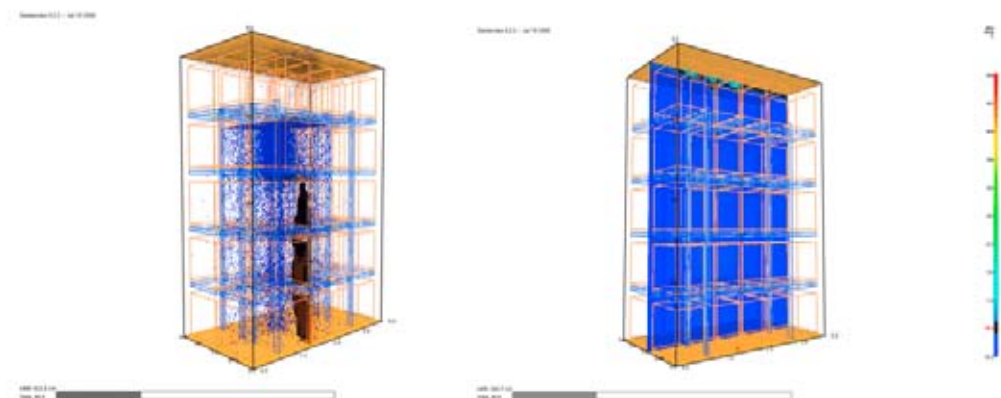
Darstellung der Simulation mit korrekter Sprinkleranordnung für die Zeit 75 Sekunden. Links Darstellung Flammenbereich, entzündeter Bereich (schwarz) und Wasserbeaufschlagung. Rechts Slice File Temperature (mit markierter Temperatur $T > 68^{\circ}\text{C}$ (Sprinkler Auslösetemperatur)) mit Clip Geometry $1.4 < y < 1.6$.



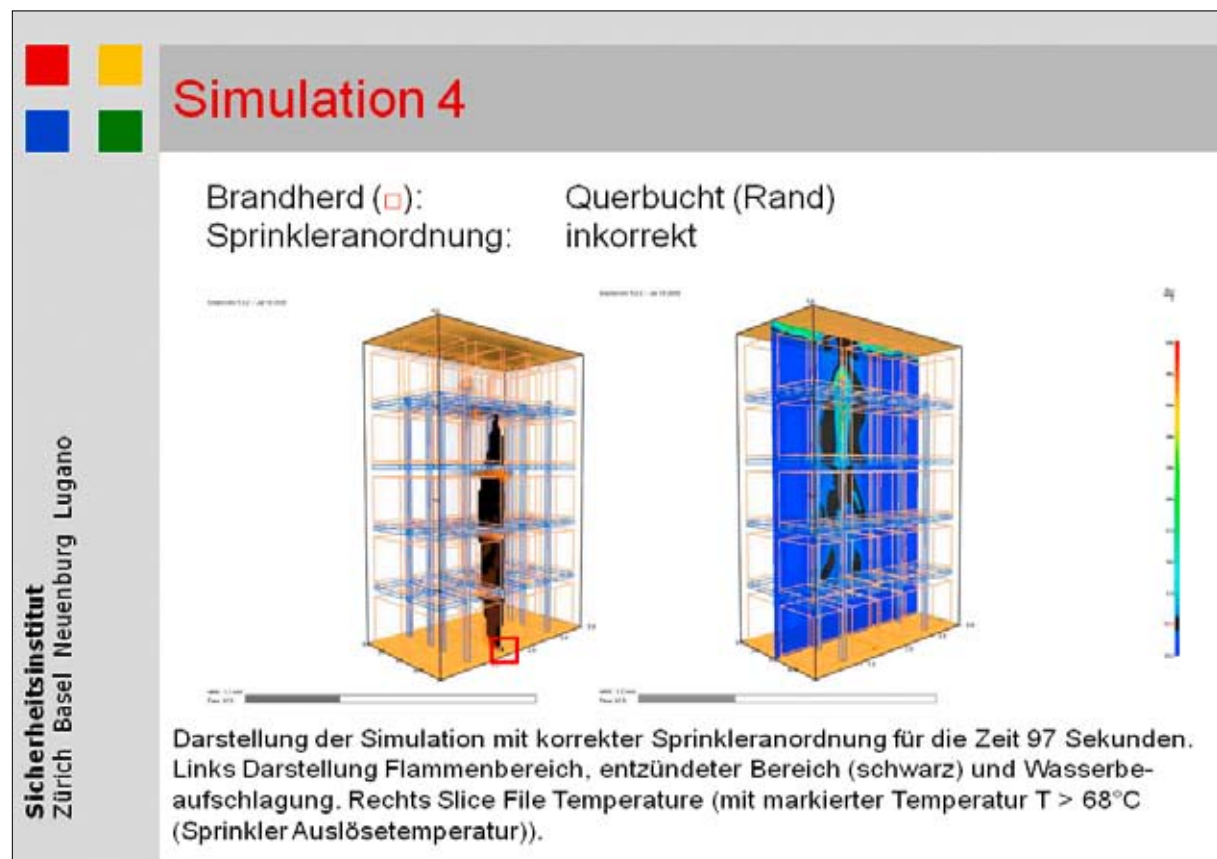
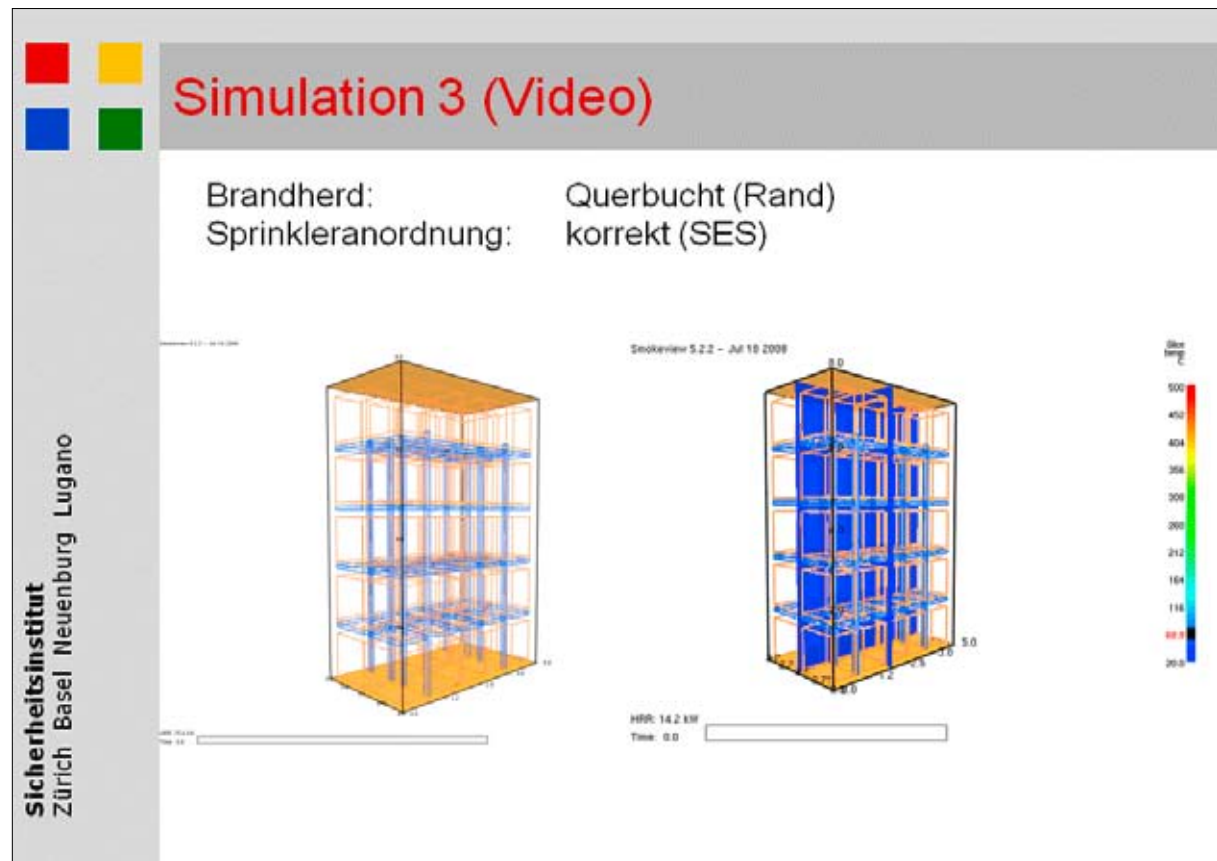
Simulation 3

Brandherd:
Sprinkleranordnung:

Querbucht (Rand)
korrekt (SES)



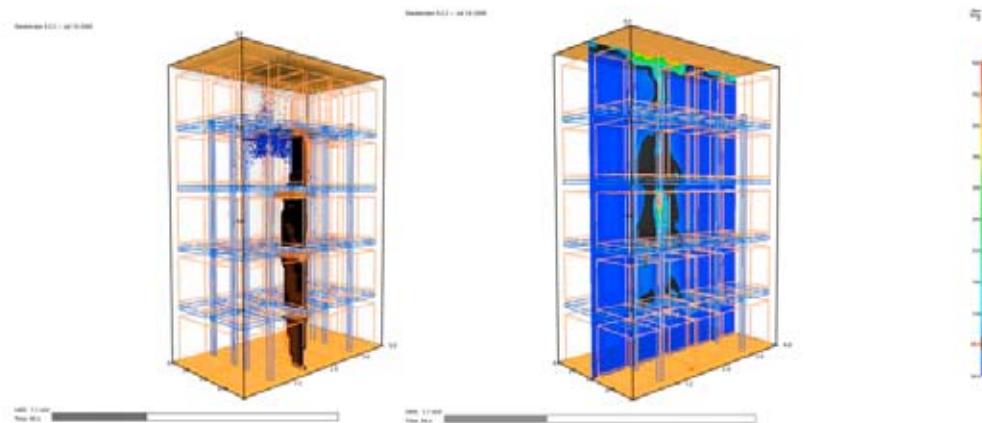
Darstellung der Simulation mit korrekter Sprinkleranordnung für die Zeit 90 Sekunden. Links Darstellung Flammenbereich, entzündeter Bereich (schwarz) und Wasserbeaufschlagung. Rechts Slice File Temperature (mit markierter Temperatur $T > 68^{\circ}\text{C}$ (Sprinkler Auslösetemperatur)) mit Clip Geometry $1.4 < y < 1.6$.





Simulation 4

Brandherd: Querbucht (Rand)
 Sprinkleranordnung: inkorrekt

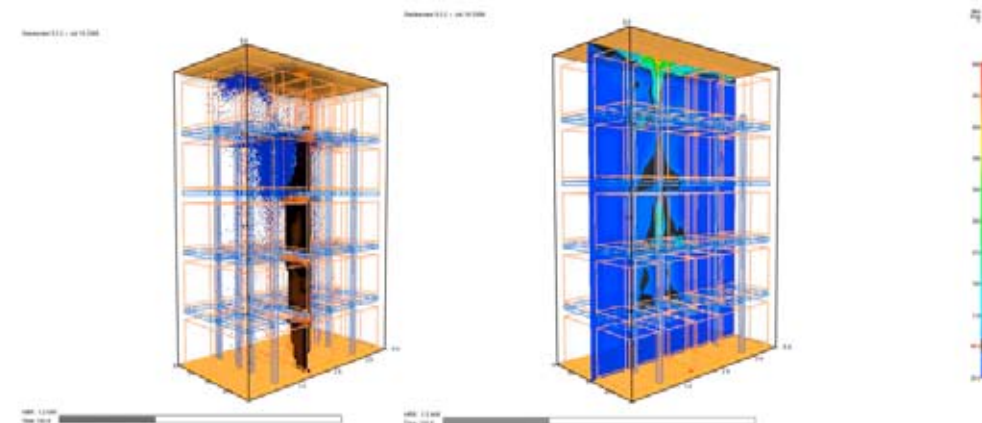


Darstellung der Simulation mit korrekter Sprinkleranordnung für die Zeit 100 Sekunden. Links Darstellung Flammenbereich, entzündeter Bereich (schwarz) und Wasserbeaufschlagung. Rechts Slice File Temperature (mit markierter Temperatur $T > 68^{\circ}\text{C}$ (Sprinkler Auslösetemperatur)).

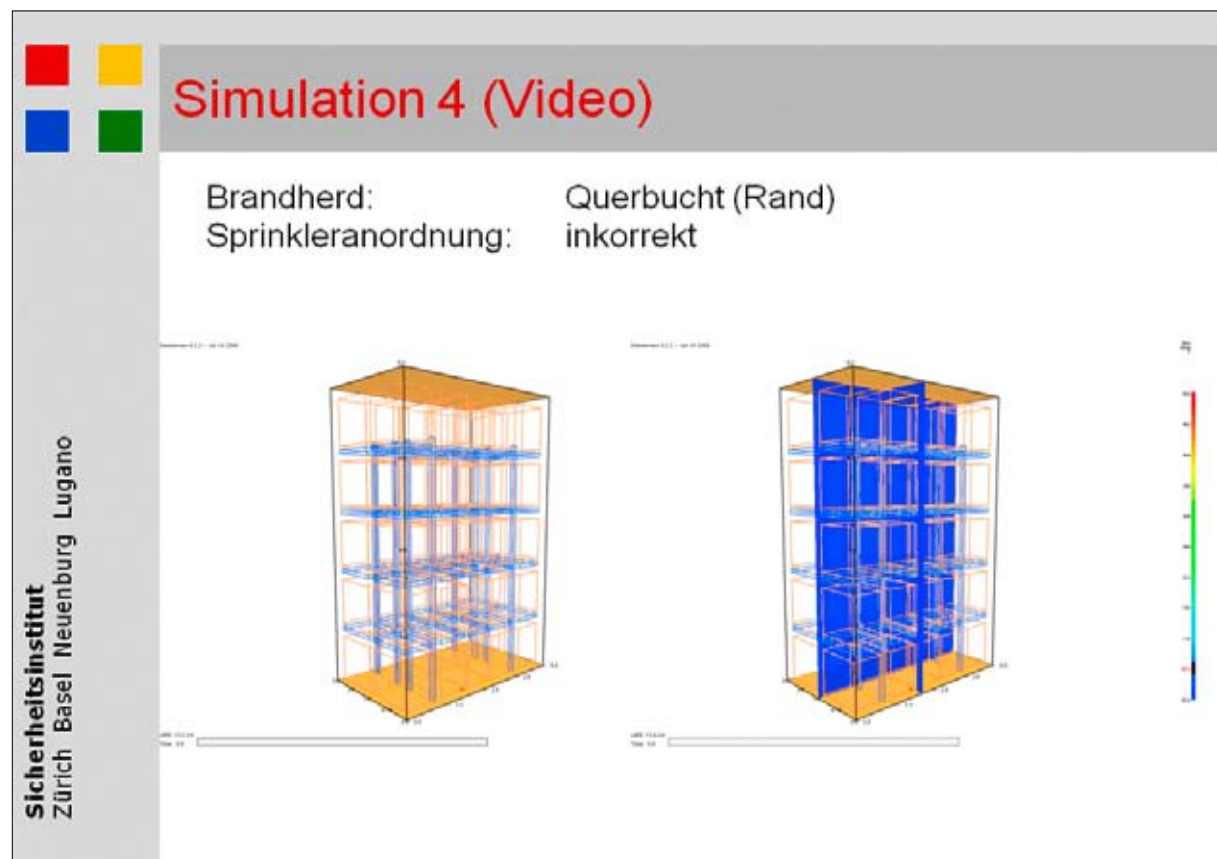
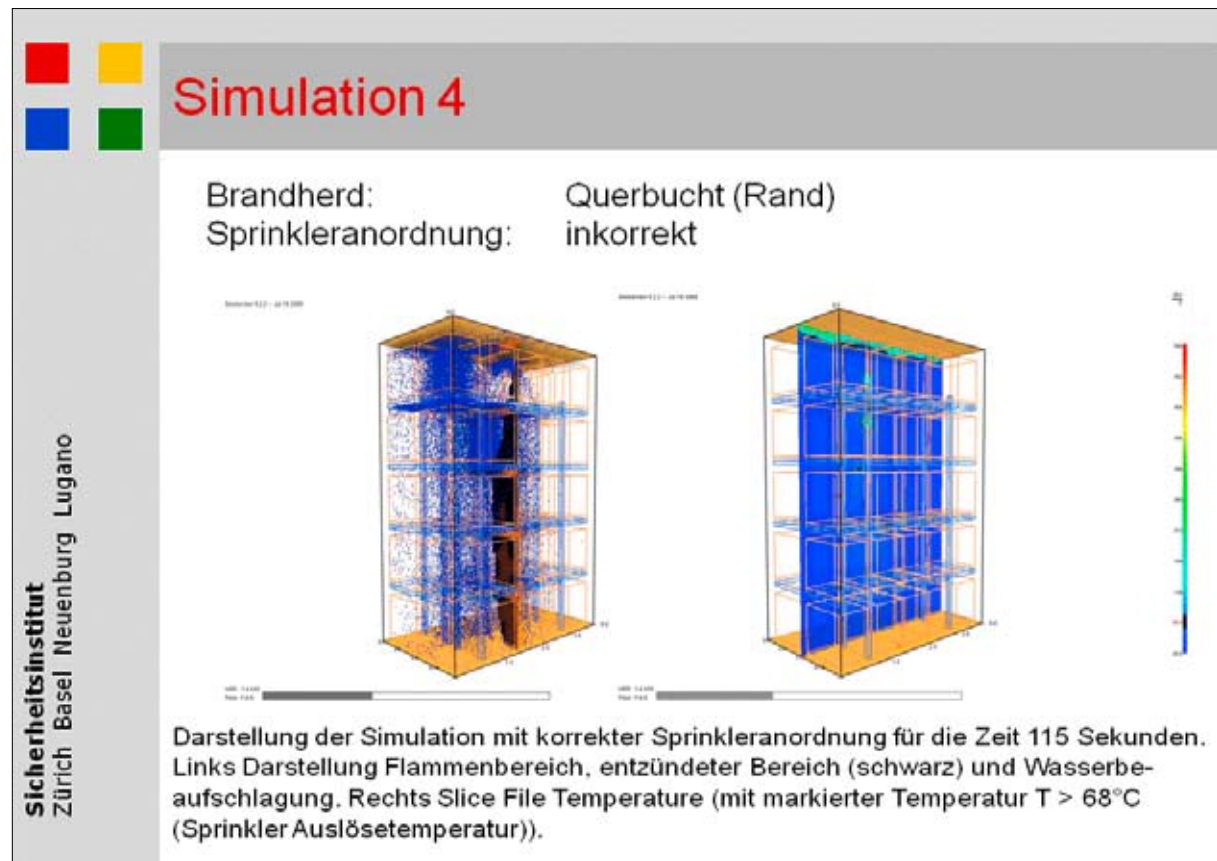


Simulation 4

Brandherd: Querbucht (Rand)
 Sprinkleranordnung: inkorrekt



Darstellung der Simulation mit korrekter Sprinkleranordnung für die Zeit 102 Sekunden. Links Darstellung Flammenbereich, entzündeter Bereich (schwarz) und Wasserbeaufschlagung. Rechts Slice File Temperature (mit markierter Temperatur $T > 68^{\circ}\text{C}$ (Sprinkler Auslösetemperatur)).

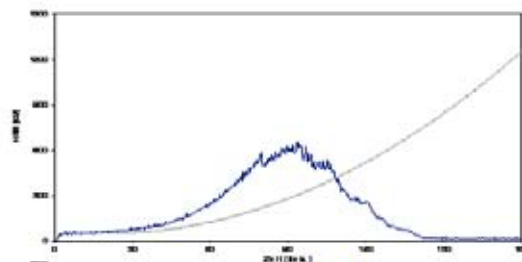




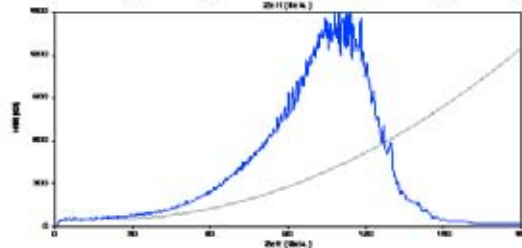
Wärmefreisetzungsrate

Vergleich der Wärmefreisetzungsrate für Simulation 3 + 4
(Zusätzlich hineingelegt der Verlauf eines schnellen t^2 -Brandverlaufes).

Simulation 3
Sprinkleranordnung
korrekt

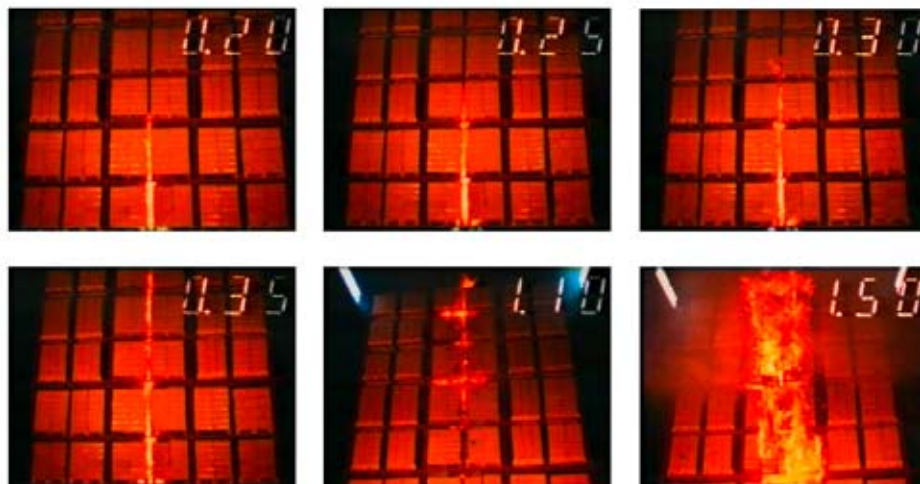


Simulation 4
Sprinkleranordnung
inkorrekt



Verifizierung

Brandversuche Hochregallager



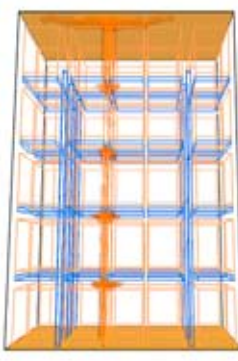
Aus bvfa (Bundesverband Technischer Brandschutz)-Infofilm



Sicherheitsinstitut
Zürich Basel Neuenburg Lugano

Verifizierung

Brandversuche Hochregallager

Simulation ohne Sprinkler
Zeit 1.50

Aus bvfa (Bundesverband Technischer Brandschutz)-Infofilm



Sicherheitsinstitut
Zürich Basel Neuenburg Lugano

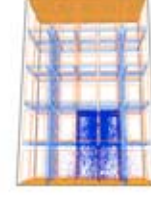
Verifizierung

Brandversuche Hochregallager mit Sprinkler







Zeit |

→ 10 Sek.

Zeit |

→ 10 Sek.

Aus bvfa (Bundesverband Technischer Brandschutz)-Infofilm



Sicherheitsinstitut
Zürich Basel Neuenburg Lugano

Schlussfolgerung

1. Die Installation des Sprinklerschutzes kann belassen werden; die Konformitäts-Abweichung wird von allen Risikoträgern akzeptiert. Zukünftige Installationen müssen jedoch korrekt erfolgen.
2. Die Resultate der Berechnungen dienen nicht automatisch einer Akzeptanz ähnlicher Installationen. Die Berechnungen wurden lediglich als weitere Betrachtung der Problematik durchgeführt.



Sicherheitsinstitut
Zürich Basel Neuenburg Lugano

Schlussfolgerung

Die Simulation eines non-defined HRR-Brandes ist nach wie vor eine sehr grosse Herausforderung.

Die in FDS 5 neu vorhandenen Möglichkeiten zur Eingabe der Pyrolyse sind der richtige Ansatz für die Zukunft. Die Eingabe-Parameter für die Reaktionskinetik von Lagergütern (meist in heterogener Form vorhanden) sind jedoch nicht vorhanden und müssten aufwändig bestimmt werden.

Die durchgeführte Simulation mit der spezifizierten Abbrandrate ergab eine gute Übereinstimmung mit vorhandenen Brandversuchen Hochregallager.

Martin Steinert:

Erfahrungsbericht über Aufbau und Pflege verschiedener Clustersysteme bei hhpberlin

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Betrieb verschiedener Cluster-Systeme bei hhpberlin

Martin Steinert



Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Inhaltsübersicht

Entwicklung bei hhpberlin

- vernetzte Einzelrechner
- SUN E10k
- Cluster
 - Linux cluster
 - MS HPC

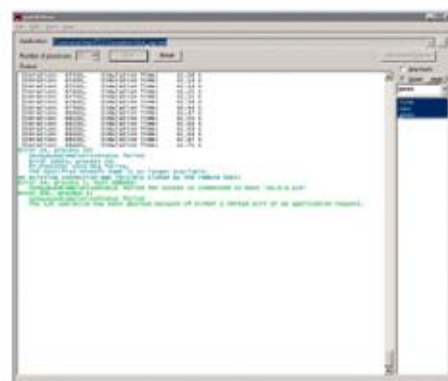
Vernetzte Einzelrechner

- 2 Prozessorkerne je Rechner
- Verbindung via LAN
- Erste Versuche mit CCP
- MPIRUN
- Später durch Server ersetzt



Vernetzte Einzelrechner

- Vorteile:
 - Wenig Infrastruktur
 - Entkoppelung von Arbeitsplätzen
- Nachteile
 - Verfügbarkeit
 - Zuordnung von Jobs zu Prozessoren schwierig/
Übersichtlichkeit



Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

SUN E10k

- Idee massiver Parallelisierung
- 60 Prozessoren
- Beginn Forschung zu Parallelisierung von FDS



Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

SUN E10k

- Vorteile:
 - Viele Prozessoren
 - Gemeinsamer Speicher
- Nachteile:
 - ineffizient wegen mangelnder Skalierbarkeit von FDS auf hohe Prozessorzahlen
 - Einzelprozessoren zu langsam
 - Stromverbrauch

➔ Übergang zu 64bit System



Cluster

- 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 Projekttechniker nicht

Cluster

- Linux oder Microsoft Compute-Cluster-Pack?

	Linux Cluster	MS CCP
+	• Entwicklungsumgebung für SKI • Erfahrungswerte von Hochschulen	• Homogene MS Umgebung
-	• Linux-Insel in MS Umgebung • Überwachung • Diagnose • ...	• Keine 64bit Kompilate für FDS

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

➤ Linux cluster

- Suse Linux 64bit Standard Installation
- Torque/Maui batch system
- Installation durch externe Berater
- Zugang über Putty
- Datentransfer über scp und smb

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

➤ MS CCP → MS HPC

- Microsoft zeigt Interesse an Portierung Open Source Projekte
- hhpberlin und Microsoft arbeiten zusammen an Portierung FDS auf HPC

Ziel: bei ähnlicher Performance – Wechsel zu HPC um homogene OS Umgebung zu schaffen

- Aufbau eines separaten Clusters gleicher Größe zu Vergleichszwecken
- ANSYS 12 ist HPC supported

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

MS CCP → MS HPC

- Microsoft zeigt Interesse an Portierung Open Source Projekte
- hhpberlin und Microsoft arbeiten zusammen an Portierung FDS auf HPC

Ziel: bei ähnlicher Performance – Wechsel zu HPC um homogene OS Umgebung zu schaffen

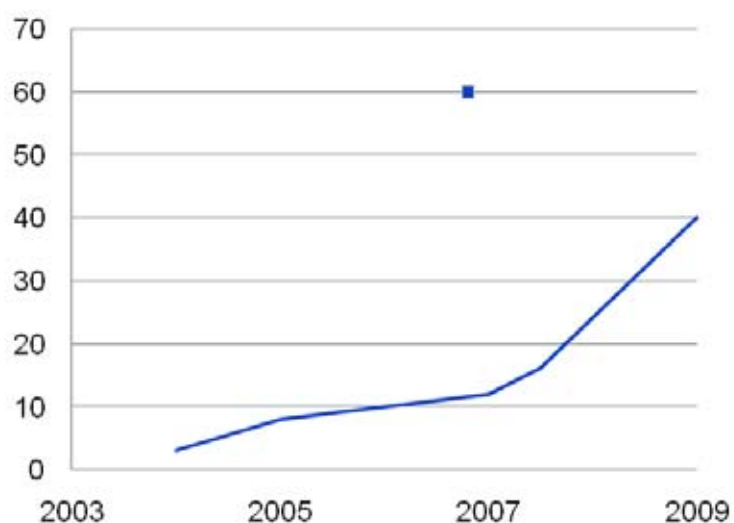
- Aufbau eines separaten Clusters gleicher Größe zu Vergleichszwecken
- ANSYS 12 ist HPC supported

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Entwicklung bei hhpberlin

Anzahl Prozessorkerne

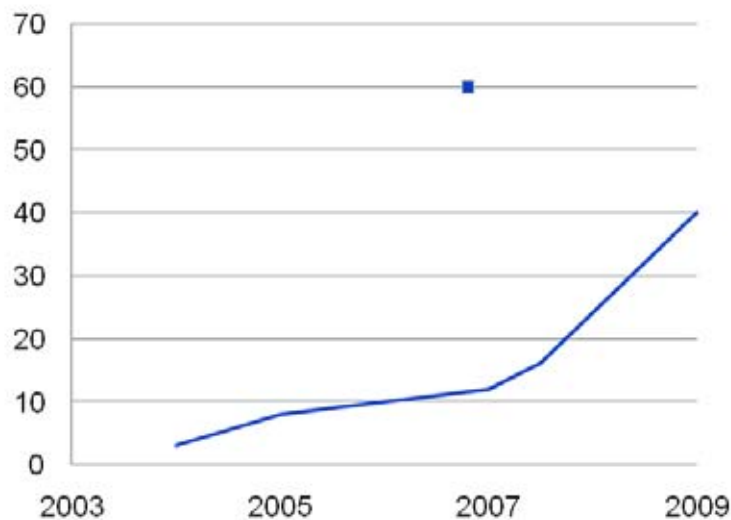


Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Entwicklung bei hhpberlin

Anzahl Prozessorkerne



Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Ausblick

- Individuelle Anpassungen auf unsere Bedürfnisse
- Parallel debuggen
- FDS Parallelisierung vorantreiben
- SUN E10k?

Dr. Susanne Kilian:

Performance-Vergleich von Linux- und Windows-Clustersystemen / FDS-Parallelisierungsbenchmark

Abstract:

Performance-Vergleich von Linux- und Windows-Clustersystemen

Mit Hilfe des so genannten Intel-MPI-Benchmarks werden verschiedene Parallelrechner-Architekturen auf Basis von Windows- und Linux-Betriebssystemen miteinander verglichen. Dabei werden explizit verschiedene Kommunikationstypen einander gegenüber gestellt, nämlich die Intra-Knoten-Kommunikation, d.h. die Kommunikation zwischen den einzelnen Kernen eines Multicore-Prozessors, sowie die Inter-Knoten-Kommunikation, d.h. die Kommunikation zwischen separaten Prozessoren unter Verwendung eines Netzwerkes. Aus den präsentierten Resultaten lassen sich eine Reihe von Empfehlungen für die effiziente Zusammenstellung von Plattformen zur Parallelverarbeitung herleiten.

FDS-Parallelisierungsbenchmark

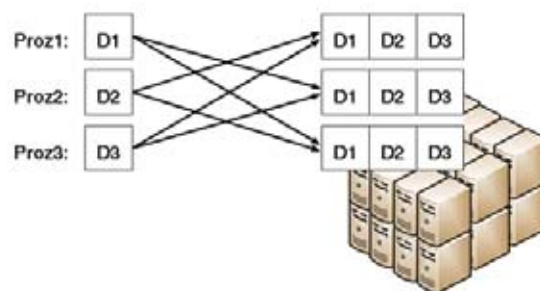
Auf Basis einer einfachen Plume-Geometrie wird die Skalierbarkeit von FDS auf größere Prozessorzahlen getestet. Hierzu werden unterschiedliche Gebietszerlegungen mit wachsender Anzahl an Teilgebieten vorgenommen, für die jeweils die Qualität einer FDS-Simulation mit Druckkorrektur mit derjenigen ohne Druckkorrektur verglichen wird. Die aufgezeigten Ergebnisse verdeutlichen, dass noch weiterer Entwicklungsbedarf zur Verbesserung des zugrunde liegenden Parallelisierungsansatzes besteht bzw. dass die aktuelle Druckkorrektur-Variante noch deutliche Schwächen aufweist.

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Performance-Vergleich von Linux- und Windows-Clustersystemen auf Basis des Intel-MPI-Benchmarks

Dr. Susanne Kilian



Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Intel-MPI-Benchmark (IMB)

- standardisierte Durchführung wichtiger MPI-Befehle
z.B.: **MPI_PingPong**, **MPI_SendRecv**, **MPI_Exchange**, **MPI_Gather**, **MPI_Scatter**, **MPI_Reduce**, **MPI_Bcast**, **MPI_AlltoAll**, **MPI_Barrier**, ...
 - für unterschiedliche Nachrichtenlängen von 1, 2, 4, 8, ... 4.194.304 Bytes
 - in 1000-facher Wiederholung
- Messung der:
 - **Durchsatzraten** in *Mbytes/sec* (kommunizierte Datenmenge pro Zeiteinheit)
 - „je mehr, desto besser“
 - **Kommunikationszeiten** in *usec* (Gesamtzeit für Datenaustausch)
 - „je weniger, desto besser“



Elementare Vergleichbarkeit verschiedener Clustersysteme

Cluster-Architekturen im Vergleich

• Aktuelles Windows HPC-Cluster bei hhpberlin (Intel-Xeon-Prozessoren)

- 3 x Quadcore: 3.00 GHz, 2 x 6 MB Level2-Cache
- 3 x Doppel-Dualcore: 3.00 GHz, 2 x 4 MB Level2-Cache
- 3 x Doppel-Dualcore: 2.66 GHz, 2 x 4 MB Level2-Cache

—————→ **36 Rechenkerne, 144 GB Speicher**

• Ehemaliges Linux-Cluster bei hhpberlin (Intel-Xeon-Prozessoren)

- 3 x Doppel-Dualcore: 3.00 GHz, 2 x 4 MB Level2-Cache
- 3 x Doppel-Dualcore: 2.66 GHz, 2 x 4 MB Level2-Cache
- 3 x Dualcore: 3.00 GHz, 4 MB Level2-Cache

—————→ **30 Rechenkerne, 120 GB Speicher**

• LIDo: Linux-Cluster der TU-Dortmund (AMD-Opteron)

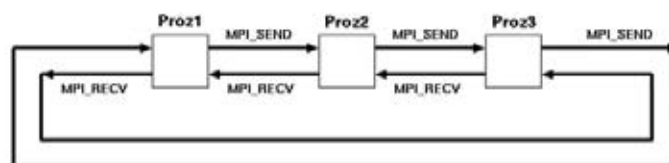
- 144 Doppel-Monocores: 2.4 GHz, 2 x 1 MB Level2-Cache

—————→ **288 Rechenkerne, 1,152 TB Speicher**

MPI-Funktionen unter Betracht

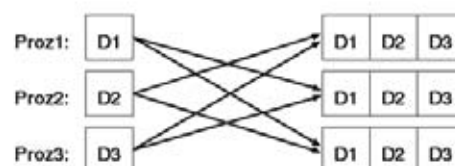
MPI_EXCHANGE (lokale Operation)

- Prozesse bilden eine periodische Kommunikationskette
- Jeder Prozess sendet und empfängt in beide Richtungen



MPI_ALLGATHER (globale Operation)

- Daten, die in einer Prozessgruppe verteilt sind, werden an alle verteilt
- Entspricht N-fachem Gather



Testkonstellationen unter Betracht

1. Cluster-Vergleich:

Windows-Cluster ↔ Linux-Cluster ↔ LiDo-Cluster

2. Knoten-Vergleich im Windows-Cluster:

Quad 3 GHz ↔ Doppel-Dual 3 GHz ↔ Doppel-Dual 2.66 GHz

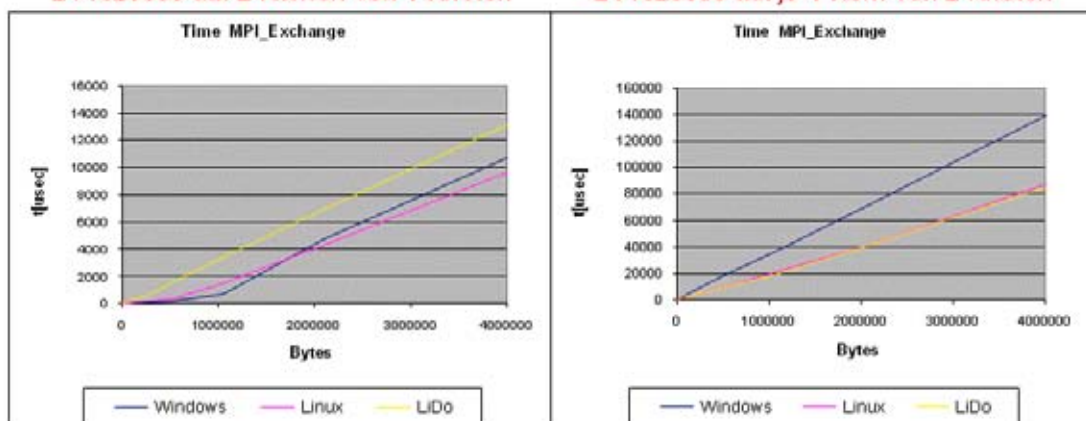
➡ Vergleich identischer Mehr-Prozess-Rechnungen:

- auf verschiedenen Knoten-Kern-Konstellationen in allen Clustern
- auf verschiedenen Knoten-Kern-Konstellationen im Windows-Cluster

1. Cluster-Vergleich: Kommunikationszeiten MPI_EXCHANGE

2 Prozesse auf 2 Kernen von 1 Knoten

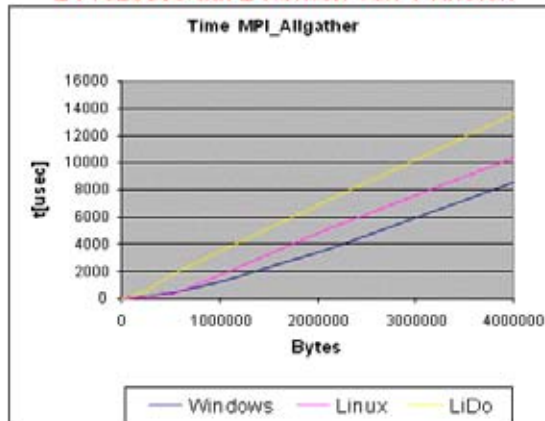
2 Prozesse auf je 1 Kern von 2 Knoten



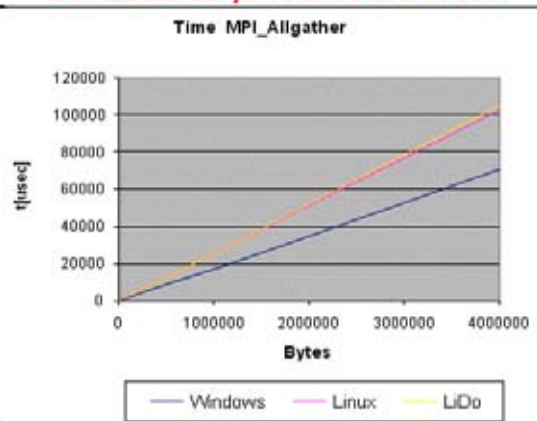
- ➡
- **Intra-Knoten:** Windows schneller bis nahe 2 MB, danach Linux (~ Faktor 1.1)
 - **Inter-Knoten:** rund 13 x langsamer als Intra-Knoten! Windows schlechter

1. Cluster-Vergleich: Kommunikationszeiten MPI_ALLGATHER

2 Prozesse auf 2 Kernen von 1 Knoten



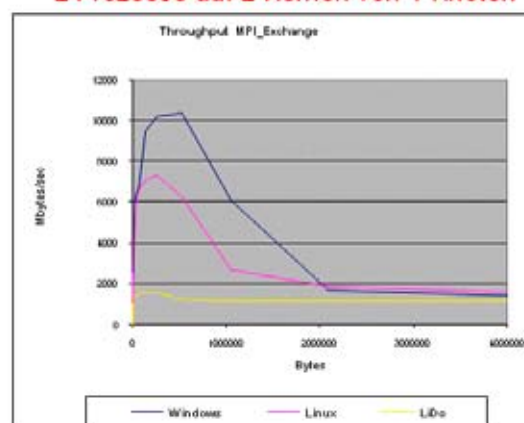
2 Prozesse auf je 1 Kern von 2 Knoten



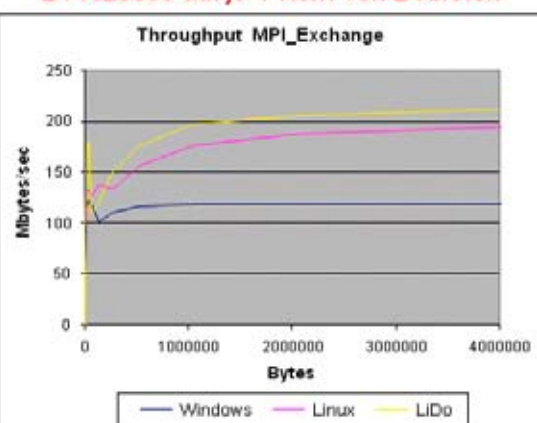
- **Intra-Knoten:** Windows besser (Faktor 1.2 zu Linux, Faktor 1.6 zu LiDo)
- **Inter-Knoten:** Windows besser (nahezu Faktor 1.5 zu Linux und LiDo), deutlich langsamer als Intra-Knoten (Windows: 8x, Linux 10x, Lido 15x)

1. Cluster-Vergleich: Durchsatzrate MPI_EXCHANGE

2 Prozesse auf 2 Kernen von 1 Knoten

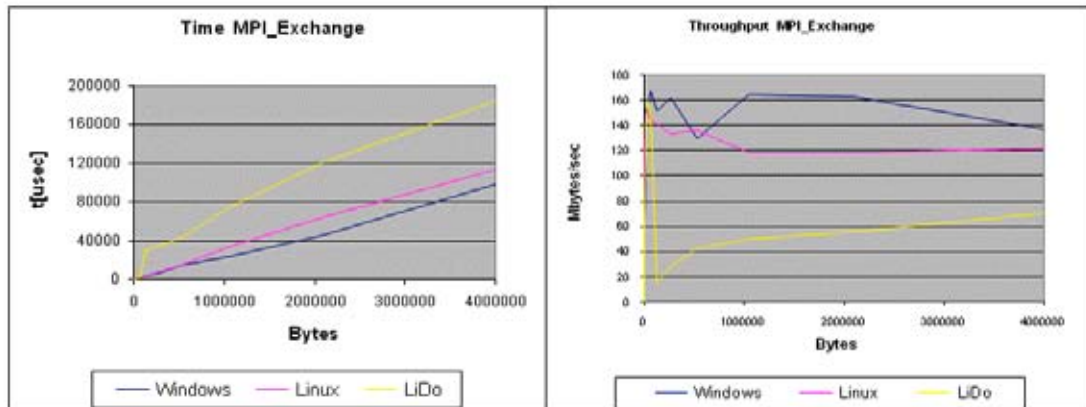


2 Prozesse auf je 1 Kern von 2 Knoten



- **Intra-Knoten:** bis 2 MB Vorsprung Windows (1.5x zu Linux, fast 4x zu LiDo), ab dann kaum Unterschied (Hauptspeicherzugriff dominiert)
- **Inter-Knoten:** Windows schlechter (~ Faktor 1.6) !!! LiDo am besten!

1. Cluster-Vergleich: 24-Prozess-Rechnung



- ➔
- **Zeit:** Windows am schnellsten (rund Faktor 1.1 zu Linux, Faktor 1.8 zu LiDo)
 - **Durchsatz:** Windows Faktor 1.1-1.3 zu Linux, rund Faktor 3 zu LiDo, aber Angleich für zunehmende Datengröße

Bewertung Cluster-Vergleich

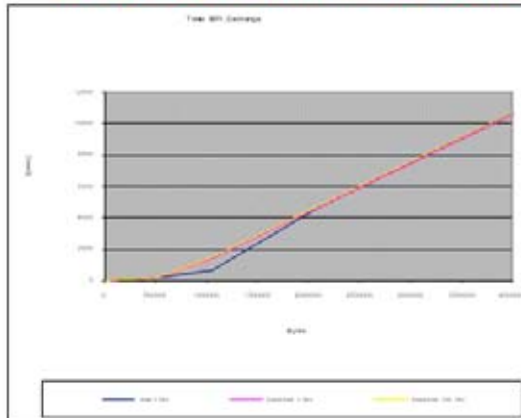
- **Vergleich Windows versus Linux**
 - hängt von betrachteter MPI-Funktion ab (unterschiedliche MPI-Implementierungen: MicrosoftMPI, OpenMPI)
 - hängt von Art der Kommunikation (Intra- oder Inter-Knoten)
 - leichter Vorteil für Windows, insbesondere für große Prozesszahlen
- **LiDo versus Windows und Linux**
 - Intra-Knoten-Kommunikation: schlechteste Werte (niedrigere Taktrate, kleinerer Cache)
 - Inter-Knoten-Kommunikation: etwa gleich zu Linux (Taktrate sekundär, Netzwerk dominiert)
 - für große Prozess-Anzahl deutlich schlechter
- **Allgemein**
 - wichtiger Einfluss der Cache-Größe, danach dominiert Hauptspeicherzugriff
 - bei Inter-Knoten-Kommunikation dominiert Netzwerkgeschwindigkeit



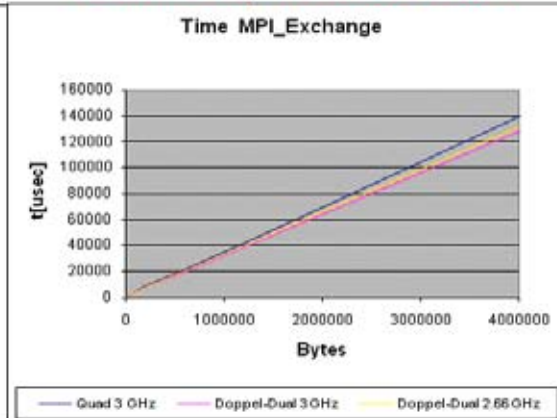
Leichter Vorteil Windows-Cluster

2. Knotenvergleich Windows-Cluster: Kommunikationszeit

2 Prozesse auf 2 Kernen eines Knotens



2 Prozesse auf je 1 Kern von 2 Knoten

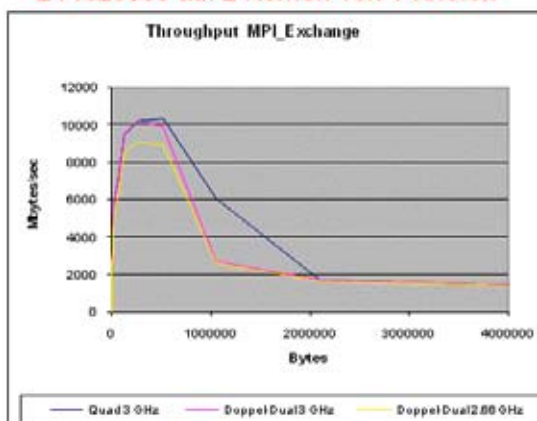


Intra-Prozessor: bis 2 MB Vorsprung Quadcore versus Dualcore, danach gleich

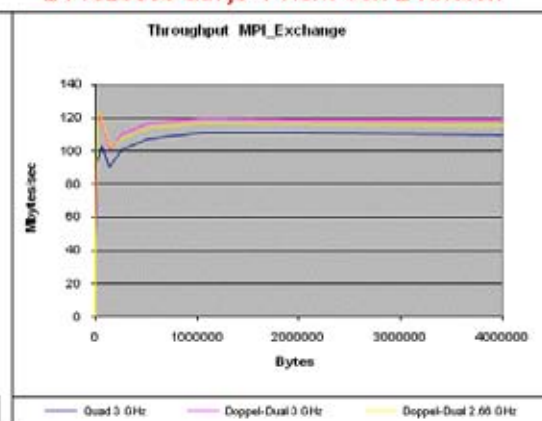
Inter-Prozessor: marginaler Nachteil Quadcore, generell linearer Anstieg, rund Faktor 12 langsamer als Intra-Prozessor!

2. Knotenvergleich Windows-Cluster: Datendurchsatz

2 Prozesse auf 2 Kernen von 1 Knoten



2 Prozesse auf je 1 Kern von 2 Knoten



Intra-Prozessor: bis 2 MB Quad deutlich besser (Faktor 1.1 bis 2 l)

Inter-Prozessor: erheblich schlechter als Intra-Prozessor, Faktor 12-15 für großen Datenmengen, bis Faktor 200 für kleine!

Bewertung

- **Vergleich Intra-Knoten zu Inter-Knoten-Kommunikation**
 - Kommunikation übers Netz um durchschnittlich Faktor 10 bis 15 langsamer!
(Übertragungsrate Gigabit-Netzwerk (~ 200 Mbytes/s) dominiert)



Knoten-intern rechnen, wenn möglich !!!

- **Vergleich der verschiedenen Knoten-Architekturen**
 - bis 2 MB Datengröße Vorsprung Quadcore
 - ab 2 MB Datengröße kein nennenswerter Vorteil von Quadcore gegenüber Dualcore
(Hauptspeicher-Zugriffszeit dominiert, bei allen ähnlich)
 - Quadcore jedoch erheblich günstiger als Doppel-Dualcore



Leichter Vorteil Quadcore gegenüber Doppel-Dualcore

FDS-Rechnungen auf verschiedenen Clustern



Unterschiedliche Mehrprozess-Rechnungen im Vergleich:

Rechnung	Rechenzeit für 100 Zeitschritte		Verhältnis
	Windows	Linux	
2 Gitter, 2 Mio Unbekannte	23 min 13 sec	26 min 45 sec	1.15
8 Gitter, 22,5 Mio Unbekannte	46 min 23 sec	49 min 45 sec	1.07
12 Gitter, 27.9 Mio Unbekannte	28 min 53 sec	31 min 20 sec	1.08

Ingenieure für Brandschutz hhpberlin

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

hhpberlin
Ingenieure für Brandschutz
GmbH

Hauptsitz:
Rotherstraße 19
10245 Berlin

Phone: +49 (0)30 895955-0
Fax: +49 (0)30 895955-100

email@hhpberlin.de
www.hhpberlin.de

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

Prokurist:
Dipl.-Ing. Harald Niemöller

Beirat:
Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hasser
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



Ingenieure für Brandschutz hhpberlin

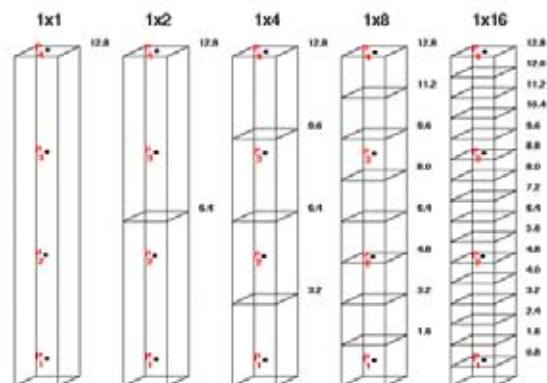
FDS-Rechnungen auf verschiedenen Windows-Knoten

➡ Gleiche Geometrie als 1x1- und 2x2-Topologie auf verschiedenen Knotenkonstellationen:

Rechnung	Konstellation	Rechenzeit für 100 Zeitschritte	Verhältnis zur 1-Gitter-Rechnung
1 Gitter, 1 Mio Zellen	1 Kern auf 1 Knoten	24 min 23 sec	
2 Gitter, Je 1 Mio Zellen	2 Kerne auf 1 Knoten	25 min 36 sec	1.05
2 Gitter, Je 1 Mio Zellen	Je 1 Kern auf 2 Knoten	26 min 20 sec	1.08

Erste Auswertungen des FDS-Parallelisierungs-Benchmarks

Dr. Susanne Kilian

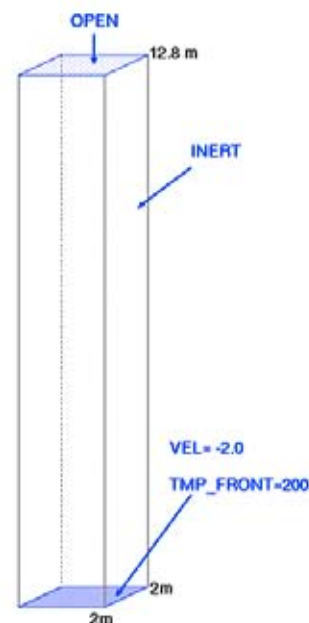


Parallelisierungs-Benchmark

Test-Geometrie:

Einfacher Plume $[0,2] \times [0,2] \times [0,12.8]$

- alle Seitenwände SURF_ID=„INERT“
- Einströmgeschwindigkeit: $v = -2 \text{ m/s}$
- Einströmtemperatur: 200° C
- Endzeitpunkt: $t = 200 \text{ sec}$
- Feingitterweite: 0.2, 0.1
- PRESSURE_CORRECTION= .FALSE., .TRUE.



Parallelisierungs-Benchmark: Multi-Mesh-Topologien

• Gebietszerlegung:

$M=1, 2, 4, 8, 16$ Meshes

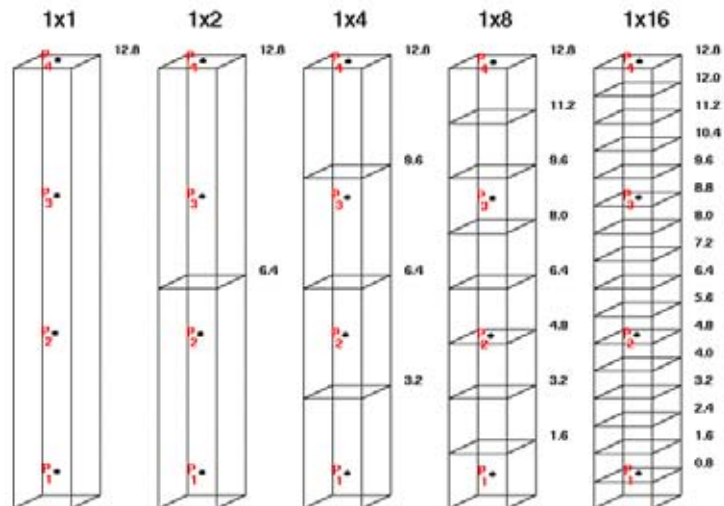
• Auswertungspunkte:

$P_1 = (1.0, 1.0, 0.8)$

$P_2 = (1.0, 1.0, 4.8)$

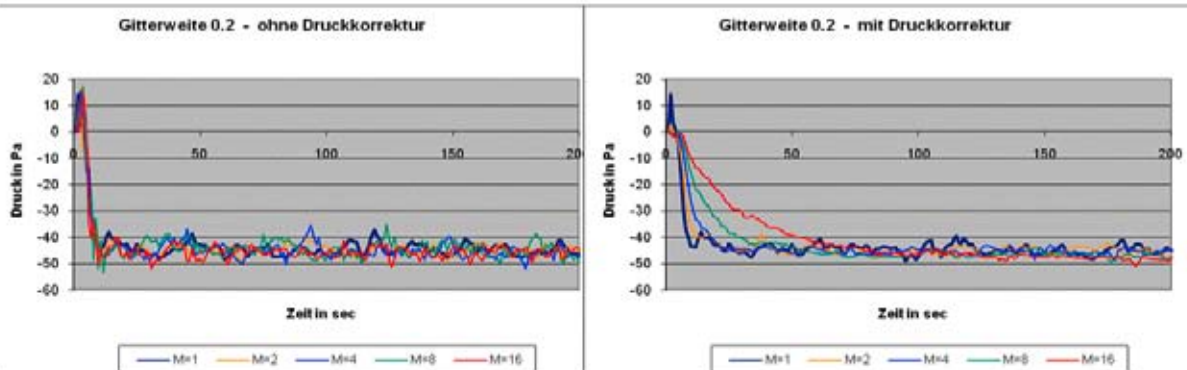
$P_3 = (1.0, 1.0, 8.8)$

$P_4 = (1.0, 1.0, 12.8)$



Druck-Vergleich für Gitterweite 0.2 in P2

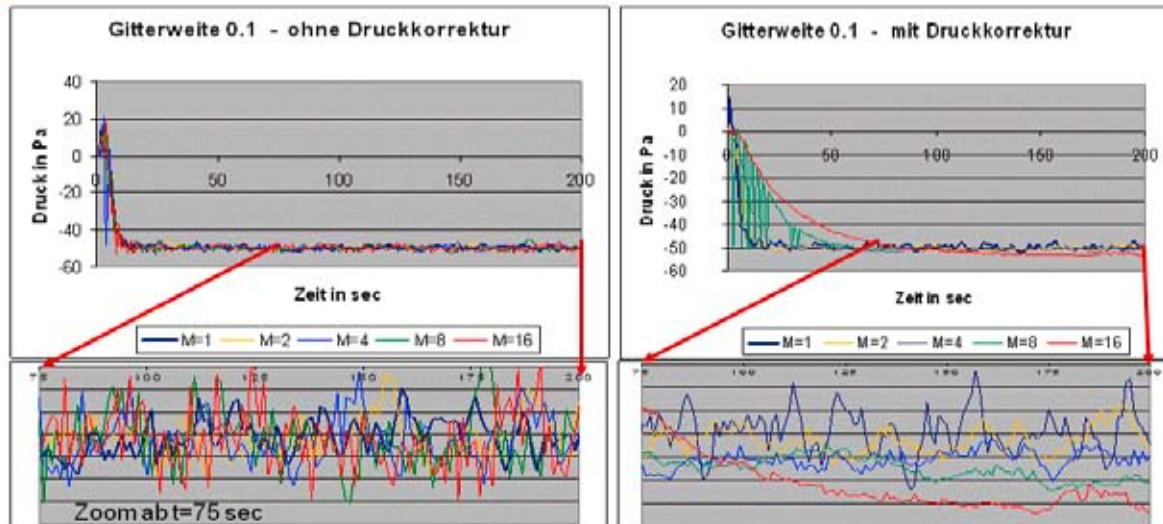
zeitlicher Druck-Verlauf in $P_2 = (1.0, 1.0, 4.8)$ für $M = 1, 2, 4, 8, 16$ Meshes:



- Etwa gleiche Größenordnung sowohl ohne als auch mit Druckkorrektur (Multi-Mesh-Drücke liegen nahe bei 1-Mesh-Druck)
- Druckkorrektur bewirkt leichte Glättung des Verlaufes (weniger Oszillationen)
- Je mehr Meshes, desto länger braucht allerdings der Druck um sich anzugleichen

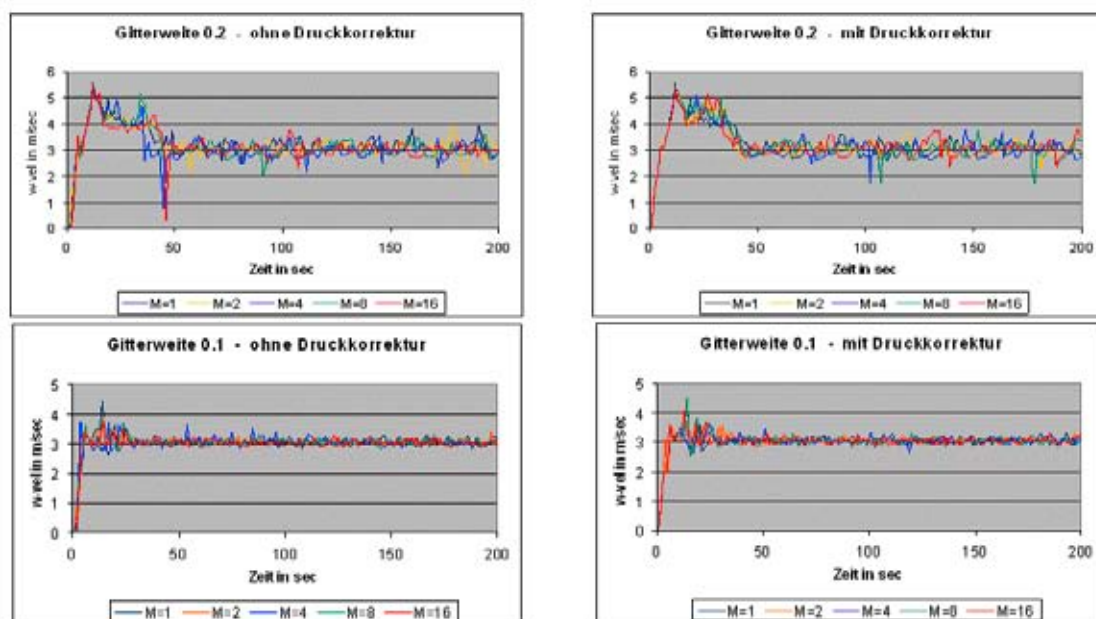
Frage: Warum sind die 1-Mesh-Linien nicht gleich ??????

Druck-Vergleich für Gitterweite 0.1 in P2



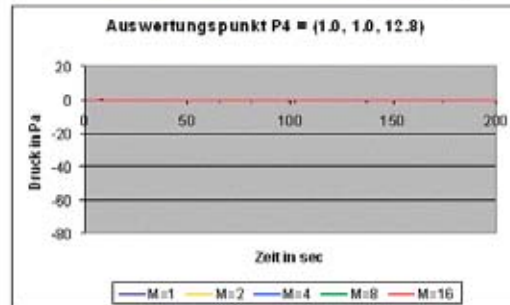
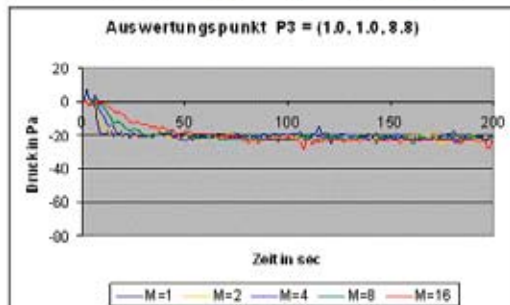
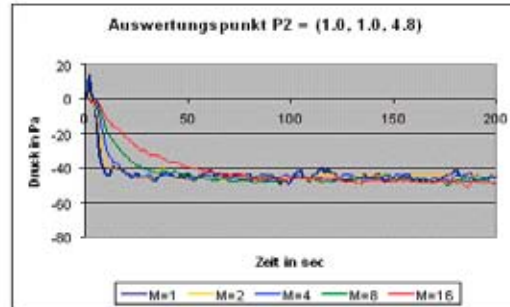
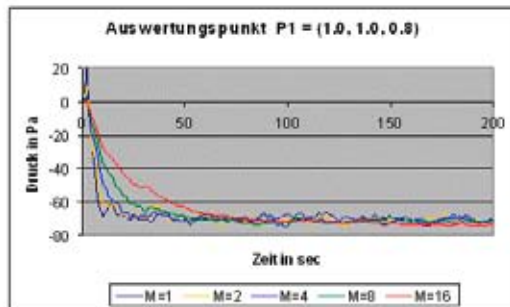
- Druckkorrektur: - sehr lange Einschwingphase (je mehr Meshes, desto länger)
- Glättung durch Druckkorrektur
- je höher Mesh-Anzahl, desto höher der Druck!

W-Geschwindigkeit für Gitterweite 0.2 und 0.1

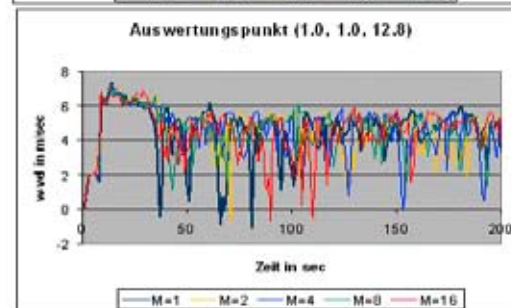
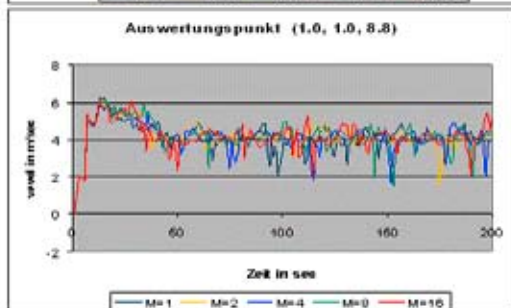
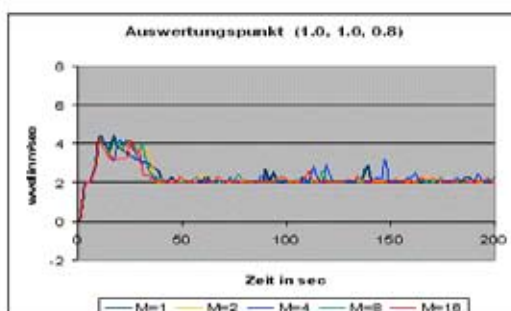


Vergleich Druck in allen Auswertungspunkten

Gitterweite 0.2, mit Druckkorrektur



Vergleich W-Geschwindigkeit in allen Auswertungspunkten



Bisherige Schlussfolgerungen

- Druckkorrektur bewirkt deutliche Glättung des Druck-Verlaufes
- Je mehr Teilgebiete, desto längere Einschwingphase bis Annäherung an 1-Mesh-Fall
- Druckkorrektur hat keinen erkennbaren Einfluss auf W-Geschwindigkeit
- Verhalten auf komplexeren Gebieten ???



Eingeschränkte Tauglichkeit der Multi-Mesh-Druckkorrektur-Methode

Anregungen für zukünftige Arbeiten

- Notwendigkeit der Festlegung einheitlicher Bewertungskriterien !!!
- Fehlermessung in geeigneten Mittelwerten und Normen
- hoher Diskussionsbedarf zum Thema Verifikation
- Wahl eines zuverlässigeren Multi-Mesh-Drucklösers

Ingenieure für Brandschutz hhpberlin

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

hhpberlin Ingenieure für Brandschutz GmbH Hauptsitz: Rotherstraße 19 10245 Berlin Phone: +49 (0)30 895955-0 Fax: +49 (0)30 895955-100 email@hhpberlin.de www.hhpberlin.de	<i>Geschäftsführer:</i> Dipl.-Ing. Margot Ehrlicher Dipl.-Inf. BW(VWA) Stefan Truthan Dipl.-Ing. Karsten Foth <i>Prokurist:</i> Dipl.-Ing. Harald Niemöller <i>Beirat:</i> Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hasser 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
---	--	--



Ingenieure für Brandschutz hhpberlin

Parallelisierungs-Benchmark: Topologien

- **Messung der folgenden „Quantities“ Q:**

TEMPERATURE, DIVERGENCE, PRESSURE, VISCOSITY,
U-VELOCITY, V-VELOCITY, W-VELOCITY,
MASS FLOW, VOLUME FLOW
- **für jede Quantity Q_M , jeden Auswertungspunkt P_i und jeden Zeitpunkt $t_k > 50 \text{ sec}$**

Punktweise Differenz-Bildung M-Mesh-Rechnung zur 1-Mesh-Rechnung

$$\text{RelDiff}(Q_M, P_i, t_k) := \frac{|Q_M(P_i, t_k) - Q_1(P_i, t_k)|}{|Q_1(P_i, t_k)|}$$

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Multi-Mesh-Druck im Vergleich zu 1-Mesh-Druck

relativer Fehler für die Differenzen zur 1-Gitter-Variante (ab $t=50$ sec):

• Ohne Druckkorrektur

	M=2	M=4	M=8	M=16
Minimum	2,17E-03	2,66E-04	2,03E-04	2,87E-04
Mittelwert	5,04E-02	5,69E-02	6,21E-02	4,88E-02
Maximum	1,94E-01	2,68E-01	2,34E-01	1,87E-01

• mit Druckkorrektur

	M=2	M=4	M=8	M=16
Minimum	3,68E-04	1,54E-03	6,50E-05	1,60E-03
Mittelwert	3,87E-02	4,04E-02	5,36E-02	6,25E-02
Maximum	1,25E-01	1,48E-01	2,20E-01	1,92E-01

Gregor Jäger:

FDS+EVAC - Verifizierung und Anwendung

Abstract:

Das in FDS enthaltene Modul FDS+Evac soll als ein Werkzeug zur Nachweisführung der Einhaltung bauordnungsrechtlichen Anforderungen an ausreichende Flucht- und Rettungsmöglichkeiten und an die Personensicherheit in Gebäuden vorgestellt werden. Zur Beurteilung der Ergebnisse von Evakuierungssimulationen sind Kenntnisse über die im Modul verwendeten Modelle und Ansätze zur Beschreibung der Bewegung und dem Verhalten von Personen im Evakuierungs- oder Räumungsfall notwendig. Insbesondere soll im Vortrag auf die Modellierung der Bewegung, das Verhalten bei Feuer und Rauch und die Wahl des Ausgangs von Personen eingegangen werden. Die Anwendung wird an ausgewählten Beispielen der Ergebnisse der Analyse der RiMEA-Testfälle zur Verifizierung von Simulationsprogrammen gezeigt. Abschließend erfolgt ein Ausblick auf die weiteren Entwicklungen des Evakuierungsmodells.

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

FDS+Evac

Validierung/ Verifizierung
und
Anwendung

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Motivation

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup

- Evakuierungsberechnungen zum Nachweis der ausreichenden Fluchtmöglichkeiten von Personen aus baulichen Anlagen mit großen Menschenansammlungen
- Beurteilungsgrundlage

$$t_{Räumung} < t_{verfügbare}$$
- Modell zur Abschätzung von Räumungszeiten:
=> FDS+Evac - Fire Dynamics Simulator with Evacuation
- Kenntnisse über Fähigkeiten und Grenzen der verwendeten Modelle notwendig

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Bewegung

Motivation

Modell

V&V

Anwendung

FDS-Usergroup

allgemein: Bewegung in der Ebene

$$\frac{d\vec{x}_i(t)}{dt} = \vec{v}_i(t)$$

FDS+Evac: Bewegungsgleichung nach Helbing, Langston, Korhonen

$$m_i \frac{d^2 \vec{x}_i(t)}{dt^2} = \vec{f}_i(t) + \vec{\xi}_i(t)$$

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Bewegung

Motivation

Modell

V&V

Anwendung

FDS-Usergroup

FDS+Evac: Bewegungsgleichung - Translation

$$m_i \frac{d^2 \vec{x}_i(t)}{dt^2} = \vec{f}_i(t) + \vec{\xi}_i(t)$$

$$\vec{f}_i = \frac{m_i}{\tau_i} (\vec{v}_i^0 - \vec{v}_i) + \sum_{j \neq i} (\vec{f}_{ij}^{soc} + \vec{f}_{ij}^{aff} + \vec{f}_{ij}^c) + \sum_w (\vec{f}_w^{soc} + \vec{f}_w^c) + \sum_k \vec{f}_{ik}^{aff}$$

$$\vec{f}_{ij}^{soc} = A_i e^{-(\zeta_{ij} - d_{ij}) / B_i} \left(\lambda_i + (1 - \lambda_i) \frac{1 + \cos \varphi_{ij}}{2} \right) \vec{n}_{ij}$$

$$\vec{f}_{ij}^c = k((d_{ij} - r_{ij}) + c_d \Delta v_{ij}^n) \vec{n}_{ij} + \kappa(d_{ij} - r_{ij}) \lambda v_{ij}^t \vec{t}_{ij}$$

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Bewegung: Beispiel 1

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup

Smokeview 5.3 - Nov 23 2008



Frame: 0
Time: -0.5

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Bewegung

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup

FDS+Evac: Bewegungsgleichung - Rotation

$$I_i^z \frac{d^2 \varphi_i(t)}{dt^2} = M_i^z(t) + \eta_i^z(t)$$

$$M_i^d = M_i^c + M_i^{soc} + M_i^r$$

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Bewegung: Beispiel 2a

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup

Smokeview 5.3 - Nov 23 2008



Frame: 0
Time: -0.5

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Bewegung: Beispiel 2b

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup

Smokeview 5.3 - Nov 23 2008



Frame: 0
Time: -0.5

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Verhalten bei Feuer und Rauch

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup

- Laufgeschwindigkeit

$$v_i^0(K_s) = \frac{v_i^0}{\alpha} (\alpha + \beta K_s)$$
- FED-Modell

$$FED_{tot} = FED_{CO} \times HV_{CO_2} + FED_{O_2}$$

$$FED_{CO} = 4,607 \cdot 10^{-7} (C_{CO})^{1,036} t$$

$$FED_{O_2} = \frac{t}{60 \exp [8,13 - 0,54 (20,9 - C_{O_2})]}$$

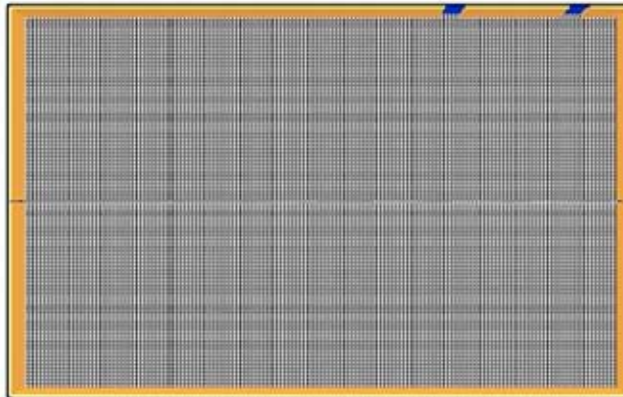
$$HV_{CO_2} = \frac{\exp (0,1930 C_{CO_2} + 2,0004)}{7,1}$$

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Evakuierungsgitter - Mesh

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup

Smokeview 5.1.5 - May 10 2009



Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

FDS+Evac - Mensch

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup



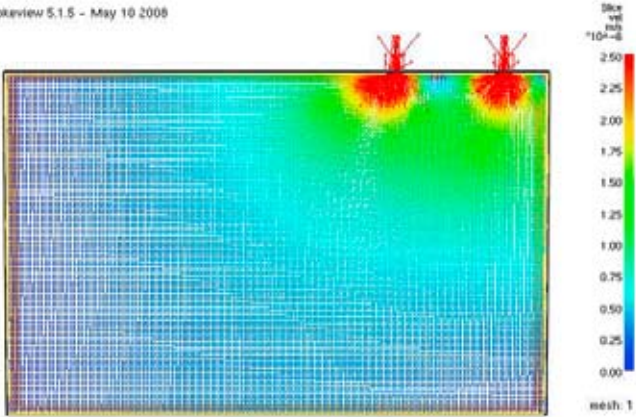
Typ	R_d [m]	R_1/R_d	R_2/R_d	d_1/R_d
Adult	$0,255 \pm 0,035$	0,5882	0,3725	0,6275
Male	$0,270 \pm 0,020$	0,5926	0,3704	0,6296
Female	$0,240 \pm 0,020$	0,5833	0,3750	0,6250
Child	$0,210 \pm 0,015$	0,5714	0,3333	0,6667
Elderly	$0,250 \pm 0,020$	0,6000	0,3600	0,6400

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Potentialfeld

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup

Smokeview 5.1.5 - May 10 2008





Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Wahl eines Ausgangs

Motivation

Modell

V&V

Anwendung

FDS-Usergroup

Wahl des Ausgangs - Präferenz

Zur Anzeige wird der QuickTime™ Dekompressor „TIFF (Unkomprimiert)“ benötigt.



Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

RiMEA-Testfälle

Motivation

Modell

V&V

Anwendung

FDS-Usergroup

RiMEA = Richtlinie für Mikroskopische Entfluchtungsanalysen

<http://www.rimea.de>

Anhang: Testfälle zur Validierung/ Verifizierung

Verifizierung - Modellverifizierung:
Überprüfung, ob Modellierungskonzept richtig programmiert

Validierung - Modellvalidierung:
Überprüfung der Simulationsergebnisse mit der Realität/ experimentellen Daten



Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

RiMEA-Testfall 8

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup

Parameteranalyse

Die Parameteranalyse dient dazu, die Auswirkungen der in der Simulation verwendeten Parameter darzustellen. Für einen dreistöckigen Testgrundriss soll aufgezeigt werden, wie sich die Gesamtentfluchtungsdauer verändert, wenn einzelne Personenparameter variiert werden.

Untersuchte Parameter:

- Geschwindigkeit
- Reaktionszeit



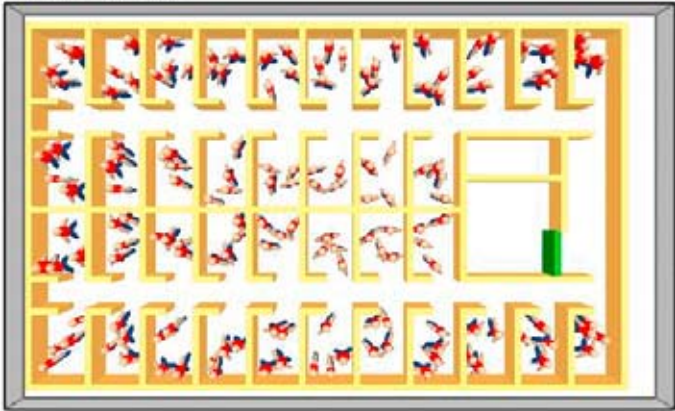
Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

RiMEA-Testfall 8

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup

Smokeview 5.1.5 - May 10 2008

1. OG



0:00:00 - 5



 Fachhochschule Köln
 Cologne University of Applied Sciences

RiMEA-Testfall 8

Motivation

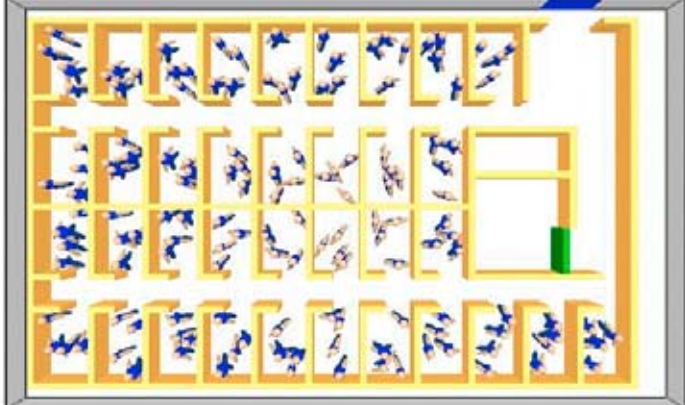
Modell

V&V

Anwendung

FDS-Usergroup

Smokeview 5.1.5 - May 10 2008



0:00:00 - 5

EG



 Fachhochschule Köln
 Cologne University of Applied Sciences

RiMEA-Testfall 11

Motivation

Modell

V&V

Anwendung

FDS-Usergroup

Wahl des Rettungsweges

Ein öffentlicher Raum verfügt über 2 Ausgänge.

Wähle eine Population von erwachsenen Personen aus Tabelle 1 mit sofortiger Reaktion und verteile die Gehgeschwindigkeiten auf eine Population von 1.000 Personen.

Der Raum soll von links her mit der maximal möglichen Dichte besetzt werden.

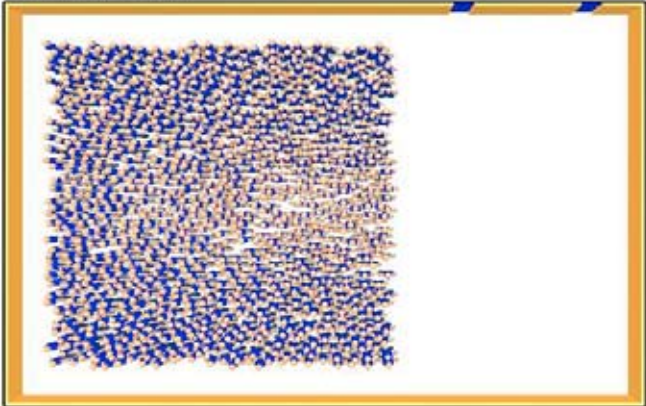
Das erwartete Ergebnis ist, dass die Personen den näheren Ausgang 1 zwar bevorzugen und in diesem Bereich Stauungen auftreten, jedoch einzelne Personen auch den alternativen Ausgang 2 benutzen.

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

RiMEA-Testfall 11

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup

Smokeview 5.1.5 - May 10 2008



Frame: 0
0:00:00 - 5

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

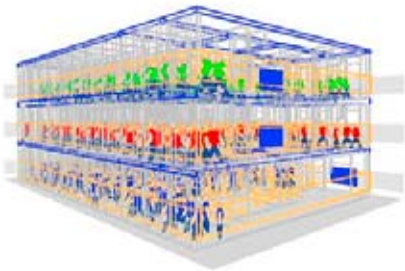
Anwendung - Ausblick

Motivation
Modell
V&V
Anwendung
FDS-Usergroup

FDS+Evac:

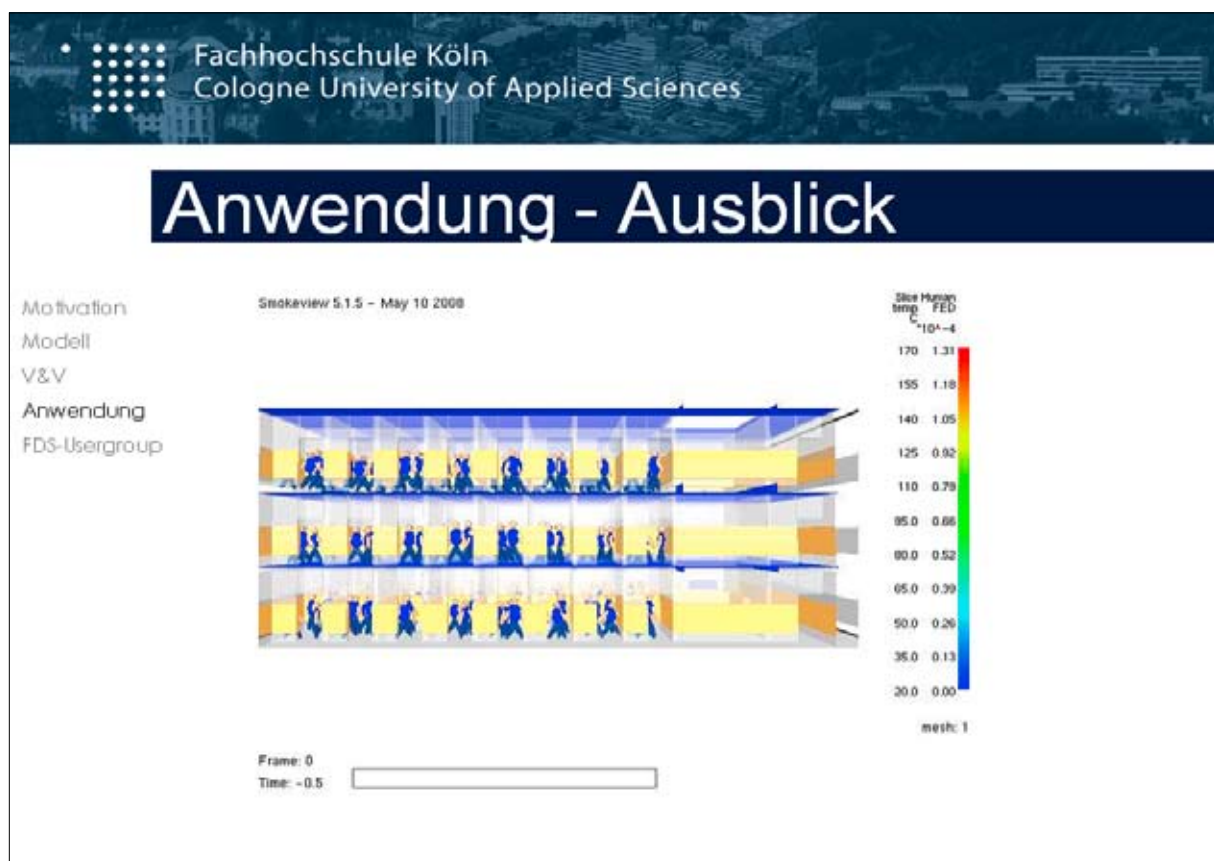
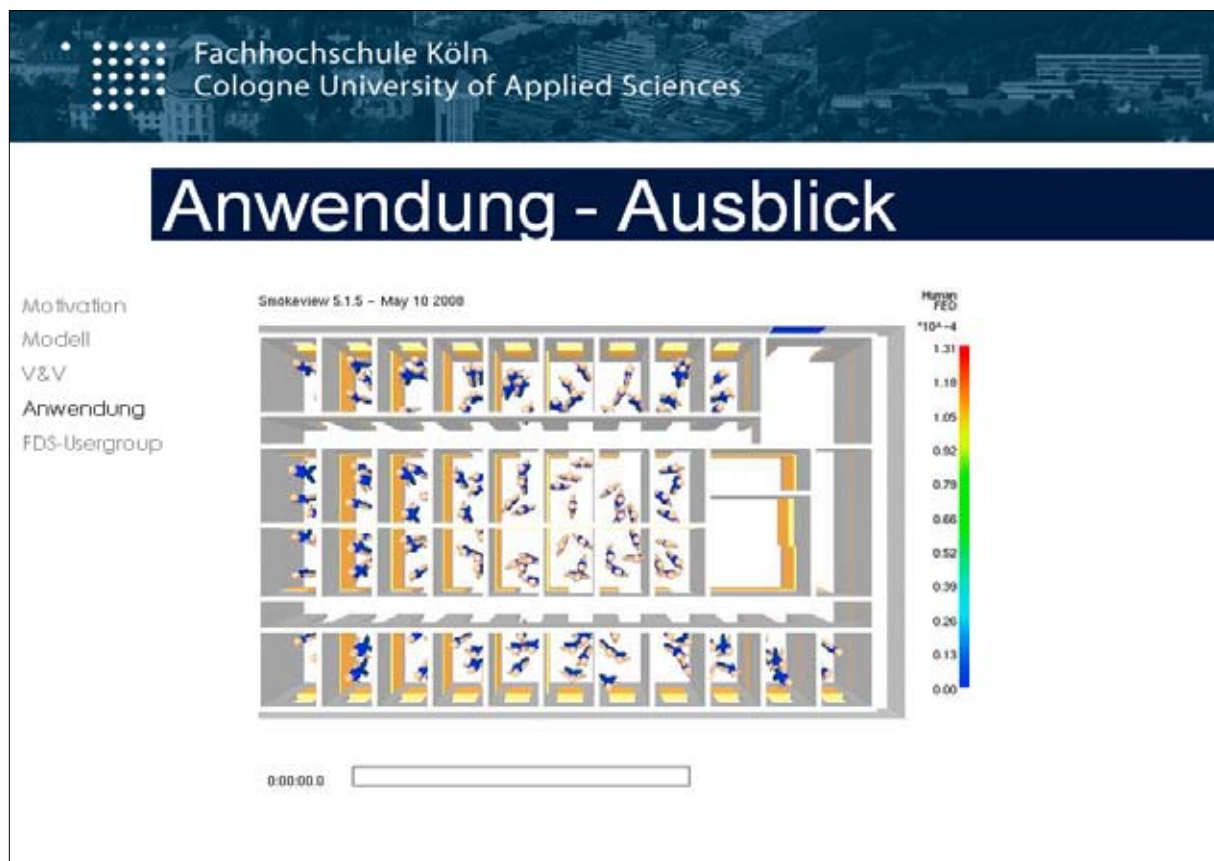
- Ein Werkzeug zur Durchführung von Evakuierungsberechnungen zum Nachweis der ausreichenden Fluchtmöglichkeiten von Personen aus baulichen Anlagen mit großen Menschenansammlungen

Smokeview 5.1.5 - May 10 2008



0:00:00 - 5

[Spring](#)





Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

FDS-Usergroup - Ausblick

Motivation

Modell

V&V

Anwendung

FDS-Usergroup

Ringversuch/ Parameterstudie: Einfluss auf Gesamtentfluchtungsdauer

- Parameter: social force A_i , B_i , λ_i
- Parameter: Gitterweite
- Parameter: Population
- Modellierung von Standardfällen

Ziel für Wissenschaftler & Anwender:

- Aussage über Möglichkeiten & Grenzen
- Abschätzung von Modellierungsqualität
- Erfahrungsaustausch
- Akzeptanz

Danke

Volker Hohm, Dr. Christoph Klinzmann:

Methodik zur vergleichenden Bewertung von Zeitreihen

Abstract:

Viele unterschiedliche Fragestellungen nicht nur im Brandschutzingenieurwesen erfordern eine Bewertung von Varianten anhand verschiedener Bewertungs-/Ergebnisgrößen. Dies können einerseits Bemessungs-, aber andererseits auch Validierungsaufgaben sein. Beiden ist indes gemein, dass sie die Forderung erheben, nicht nur einen Zeitpunkt einer Zeitreihe, sondern meist den gesamten Verlauf von zwei Kurven vergleichen zu müssen. Trotz dieser weit verbreiteten Problemstellung hat sich bisher keine einheitliche Vorgehensweise etabliert, obgleich geeignete mathematische Verfahren vorhanden sind. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass Ergebnisgrößen von CFD-Berechnungen stark schwanken können. Vor diesem Hintergrund erscheint es zweckmäßig, für eine baupraktische Nutzung der Ergebnisse lediglich geglättete Kurven zu verwenden, wobei jedoch wertvolle Informationen verloren gehen.

Für die dargestellte Problemstellung wurde am iBMB der TU Braunschweig die im Nachfolgenden beschriebene Lösungsstrategie erarbeitet. Ausgangspunkt ist die von Peacock et al. in [1] vorgestellte globale Bewertungsgröße auf der Grundlage der Fehlerquadratmethode, die einen bewertenden Vergleich von zwei vollständigen Zeitreihen ermöglichen soll. Die praktische Anwendung hat gezeigt, dass die Aussagekraft dieser Größe steigt, wenn sie auf Grundlage von geglätteten Kurven ermittelt wird, was mit der baupraktischen Nutzung der Ergebnisse in Einklang steht. Um den entstehenden Verlust auszugleichen, sollten zusätzliche, die bei der Glättung der Kurve verloren gehenden Informationen berücksichtigende Kriterien in die Bewertung mit einfließen. Die vergleichende Bewertung wird durch eine Darstellung erleichtert, bei der das globale Kriterium auf der X-Achse und das Zusatzkriterium auf der Y-Achse aufgetragen werden. Die Anwendung der Methodik wird anhand von praxisnahen Beispielen erläutert.

Literatur

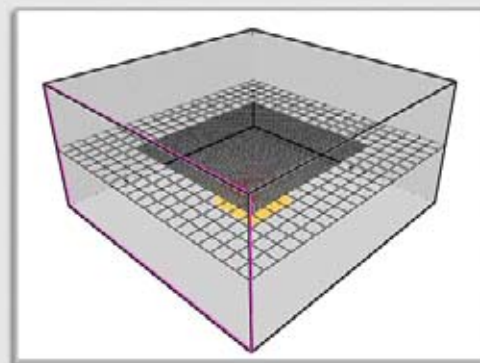
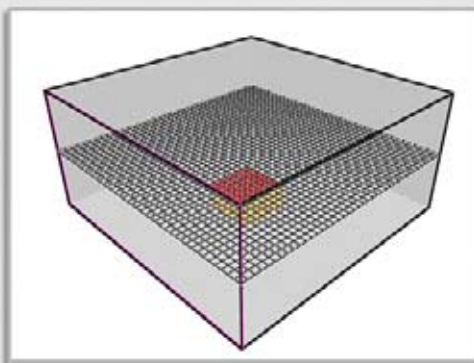
[1] Peacock, R. D. et al.: Quantifying fire model evaluation using functional analysis, Fire Safety Journal 33 (1999), S. 167-184, Elsevier Science Ltd., Oxford.

Methodik zur vergleichenden Bewertung von Zeitreihen

Volker Hohm und Dr. Christoph Klinzmann
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB)
Technische Universität Braunschweig

Motivation

- ❑ Verschiedene (wissenschaftliche) Fragestellungen erfordern den Vergleich von Zeitreihen
 - Vergleich von Versuchsdaten mit Ergebnissen von Nachrechnungen mit numerischen Modellen (z. B. FDS)
 - Vergleich von Berechnungsergebnissen aus Parameterstudien (z. B. zur Netzfeinheit)

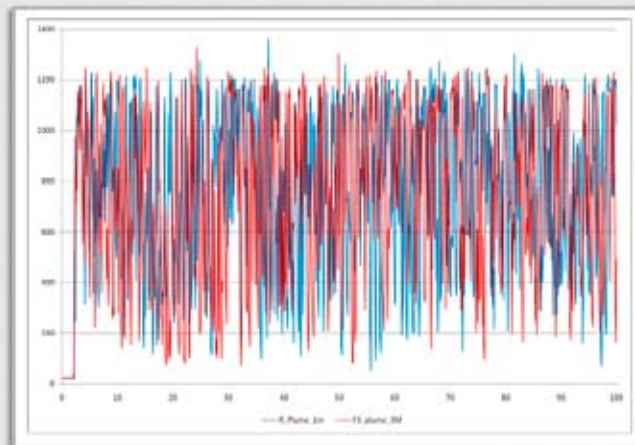


Auftretende Probleme (1)

- ❑ Ergebnisgrößen von Simulationen können stark schwanken
- ❑ Verfeinerung der Diskretisierung führt nicht unbedingt zu Konvergenz
 - ➔ der Vergleich und die Bewertung werden erschwert

❑ Ursachen

- physikalisch bedingt, z. B.
 - Plume / Flammen
 - Öffnungen
 - Jets
 - ...
- numerisch bedingt



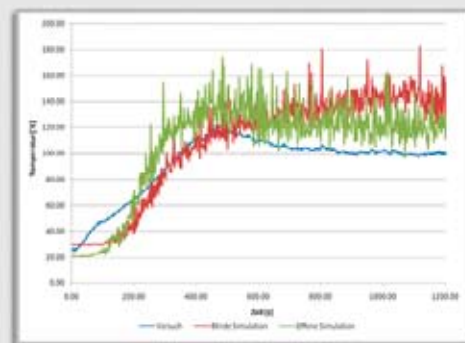
Auftretende Probleme (2)

❑ Nachrechnung von Versuchen

- Bewertung anhand des direkten Vergleichs Referenz (Versuch) mit der Nachrechnung möglich

❑ Parameterstudien

- die „richtige“ Lösung ist unbekannt
 - ➔ lediglich vergleichende Analysen möglich



❑ Bewertung von Simulationsergebnissen

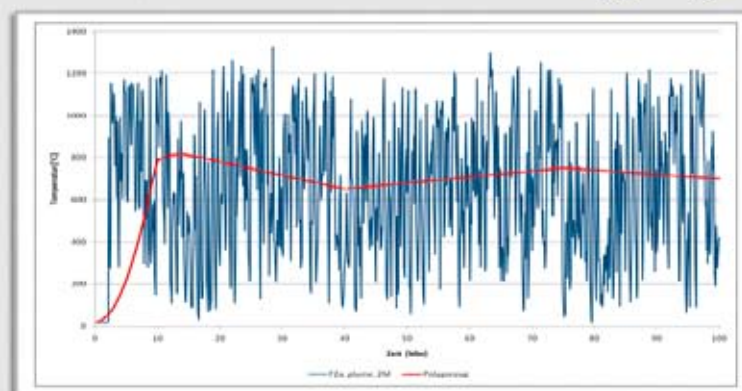
- Welches ist die beste Lösung?
 - ➔ i. d. R. Aufbereitung der Berechnungsergebnisse erforderlich
 - ➔ Anwendung geeigneter Verfahren zur Bewertung von Abweichungen und Quantifizierung der Übereinstimmung

Aufbereitung der Berechnungsergebnisse

- ❑ Je nach Fragestellung werden nicht alle Ergebnisse benötigt
 - Versuchen liegen in der Regel größere Zeitskalen als Simulationen zugrunde (Messfrequenz vs. Zeitschritt der Simulation)
 - Die Art der Weiternutzung der Ergebnisse verlangt eine Datenreduktion (z. B. vor händischem Übertrag in andere Software)
- ❑ Vorschlag: Glättung bzw. Mittelung der Zeitreihen
 - Peaks aber auch Schwankungen werden kleiner
 - Aber: Informationen gehen verloren
 - ➔ Große Verantwortung des Anwenders bei Auswahl des Glättungsintervalls

Glättung von Kurven

- ❑ Beispiele
 - Nachrechnung von Versuchen: Glättung bis auf die Zeitskala der Versuche möglich (z. B. auf Messfrequenz von 50 Hz)
 - Brandsimulation als Ausgangspunkt für die Bauteilbemessung
 - z. B.: Erwärmung von Stahlbauteilen nach EC3 : max $\Delta t = 5s$ bzw. 30s
 - z. B.: FE-Analyse von Betonbauteilen teilweise sogar im Minutenabstand oder mehr ➔ idealisierter Polygonzug

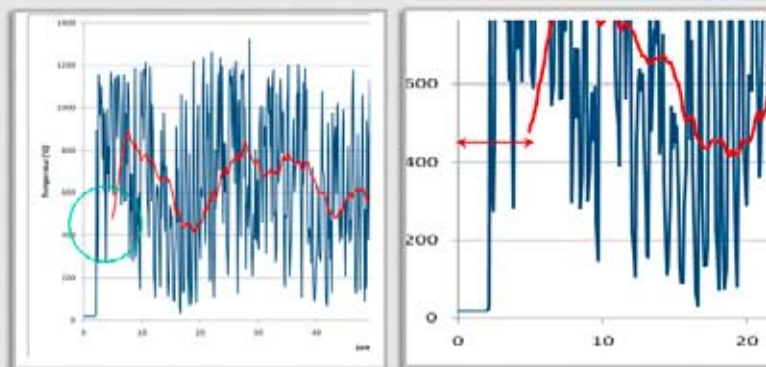


Glättung von Kurven

□ Gleitender Mittelwert

$$\bar{Y}_{\frac{n+1}{2}} = \frac{Y_1(t) + Y_2(t) + \dots + Y_{\frac{n+1}{2}}(t) + \dots + Y_n(t)}{n}$$

- Zuweisung zur Mitte, zu Beginn oder zum Ende des Intervalls 1..n
 - keine Werte für die ersten/letzten (n-1) bzw. (n-1)/2 Zeitpunkte
 - Annahmen erforderlich



Verfahren zum Vergleich von Ergebnissen

□ Übersicht über (einige) mögliche Verfahren

lokaler Wert

$$\frac{Y_{E2}(t) - Y_{E1}(t)}{|Y_{E1}(t)|}$$

lokales Wertemaximum

$$\frac{\max[Y_{E2}(t_i) - Y_{E2}(t_0)] - \max[Y_{E1}(t_i) - Y_{E1}(t_0)]}{\max[Y_{E1}(t_j) - Y_{E1}(t_0)]}$$

Kriterium nach Trucano

$$1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tanh \left| \frac{\Delta Y(t_i)}{Y_{E1}(t_i)} \right|$$

Verfahren zum Vergleich von Ergebnissen (2)

Cosinus (Peacock)

$$\frac{\langle \vec{Y}_{E2} | \vec{Y}_{E1} \rangle}{\|\vec{Y}_{E2}\| \cdot \|\vec{Y}_{E1}\|} \quad \langle \vec{x} | \vec{y} \rangle = \sum_{i=1}^n x(t_i) \cdot y(t_i)$$

Kumulierte Abweichung

$$\frac{\int_{t_1}^{t_2} (Y_{E2}(t) - Y_{E1}(t)) dt}{\int_{t_1}^{t_2} Y_{E1}(t) dt}$$

Peacock (L2-Norm Index)

$$\frac{\|\Delta \vec{Y}\|}{\|\vec{Y}_{E1}\|}$$

Peak-Vergleich

$$\frac{Y_{\max/\min E2} - Y_{\max/\min E1}}{Y_{\max/\min E1}}$$

Vorsicht: Alle diese Verfahren sind auf die Ergebnisse „E1“ bezogen (normalisiert). Diese Normalisierung ist allerdings dann ungeeignet, wenn Y_{E1} sehr klein (nahe Null) ist.

Standardabweichung

- Lokale Bewertung der Variabilität im Vergleich zu einer Referenzkurve

$$s_{Rj} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (Y_{Rj} - \bar{Y}_{Rj..N})^2} \quad (\text{Referenz})$$

$$s_{Ej} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (Y_{Ej} - \bar{Y}_{Ej..N})^2} \quad (\text{zu vergleichende Kurve})$$

$$S_{REj} = \frac{s_{Ej} - s_{Rj}}{s_{Rj}} \quad (\text{im } j. \text{ Abschnitt})$$

- Bewertung der Übereinstimmung: $K_{RE} = \max(|S_{REj}|, |S_{REk \neq j}|)$
- Vergleich mehrerer Kurven E_k, E_l : $\min(K_{REj}, K_{REj+1}, \dots, K_{REk})$

Mögliche Verfahren (3)

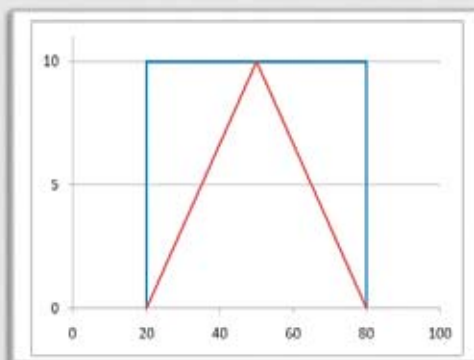
□ Klassifizierung der Verfahren:

Verfahren	Typ	Begrenzung	Erfolgskriterium
lokaler Wert	lokal	keine $]-\infty, +\infty[$	$ I \approx 0$
lokales Wertemaximum	lokal	keine $]-\infty, +\infty[$	$ I \approx 0$
Trucano	global	ja $[0,1]$	$ I \approx 1$
Cosinus (Peacock)	global	ja $[0,1]$	$ I \approx 1$
Kumulierte Abweichung	global	keine $]-\infty, +\infty[$	$ I \approx 0$
Peacock (L2-Norm Index)	global	teilweise $[0, +\infty[$	$ I \approx 0$
Peak-Vergleich	lokal	keine $]-\infty, +\infty[$	$ I \approx 0$
Standardabweichung	lokal	keine $[0, +\infty[$	$ I \approx 0$

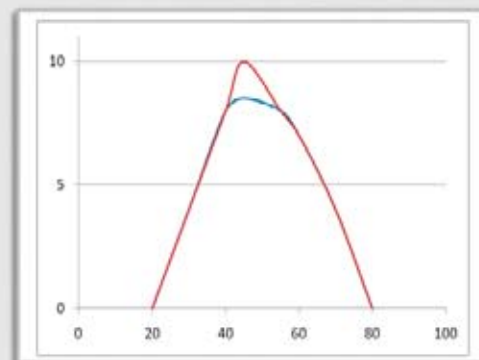
⇒ aber: keine einheitliche Vorgehensweise etabliert

Notwendigkeit globaler und lokaler Verfahren

□ beide Typen besitzen unterschiedliche Aussagekraft



lokaler Typ: gut
globaler Typ: schlecht



schlecht
gut

⇒ beide Typen müssen berücksichtigt werden!

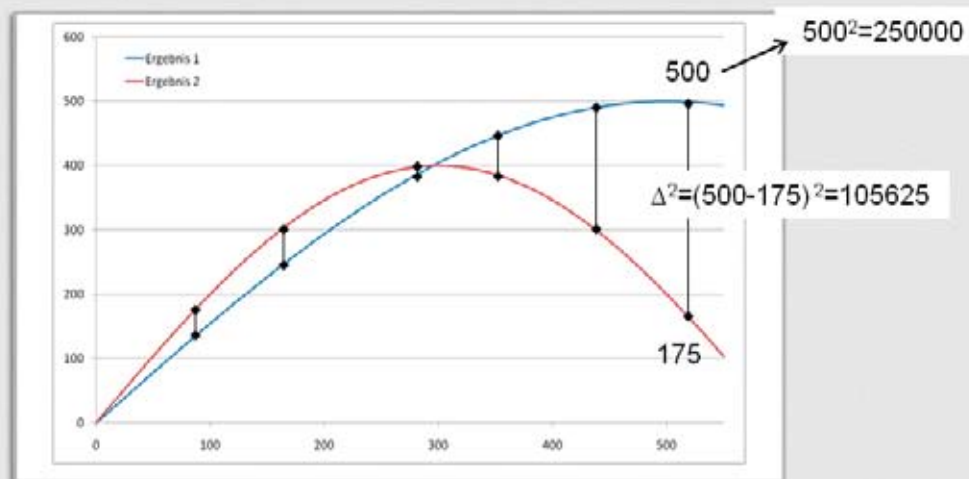
Vorgeschlagene Methodik

- Beurteilung und Vergleich anhand von zwei Kriterien
 - zur Berücksichtigung lokaler Effekte (je nach Anwendungsfall):
 - Peak-Vergleich
 - Standardabweichung (abschnittsweise)
 - zur Berücksichtigung des globalen Verhaltens
 - Peacock (L2-Norm Index)
- Bewertung auf Grundlage von geglätteten Kurven
 - ➔ Aussagekraft der Kriterien erhöht sich
 - ➔ bei Peak-Vergleich zusätzlich Angabe der Werte des Kriteriums „Standardabweichung“, um Informationsverlust durch Glättung zu kompensieren

Darstellung der Verfahren – Peacock

- Formel (n = Anzahl der Werte von „Ergebnis1“):

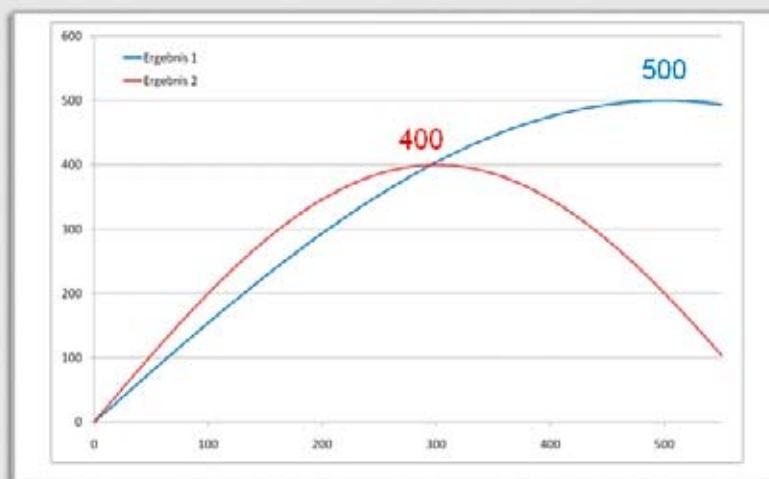
$$\frac{\|Y_{\text{Ergebnis1}} - Y_{\text{Ergebnis2}}\|}{\|Y_{\text{Ergebnis1}}\|} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{\text{Ergebnis1},i} - Y_{\text{Ergebnis2},i})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_{\text{Ergebnis1},i})^2}} \approx 0,40$$



Darstellung der Verfahren – Peak-Vergleich

□ Formel:

$$\frac{Y_{\min/\max\text{Ergebnis2}} - Y_{\min/\max\text{Ergebnis1}}}{Y_{\min/\max\text{Ergebnis1}}} = \frac{400 - 500}{500} = -0,2$$



Darstellung der Verfahren – Standardabweichung

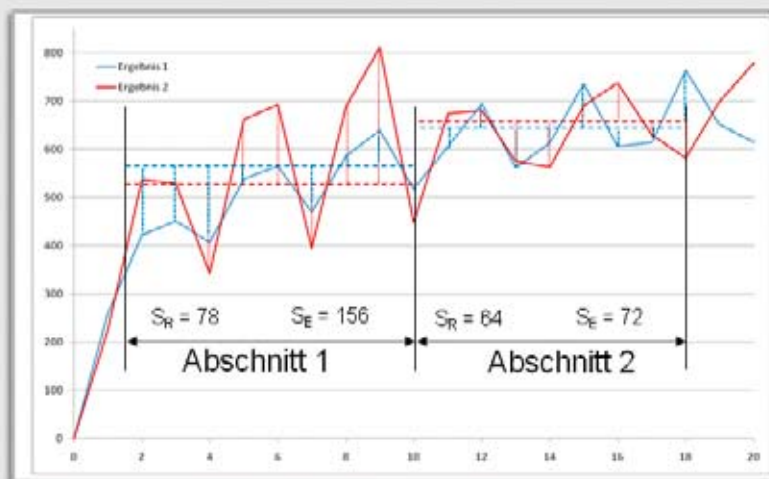
□ Formel

• Abschnitt 1: $s_{R,E,1} = \frac{s_{E,1} - s_{R,1}}{s_{R,1}} = \frac{156 - 78}{78} = 0,5$

Bewertungskriterium
für die Übereinstimmung der Kurve mit
der Referenz

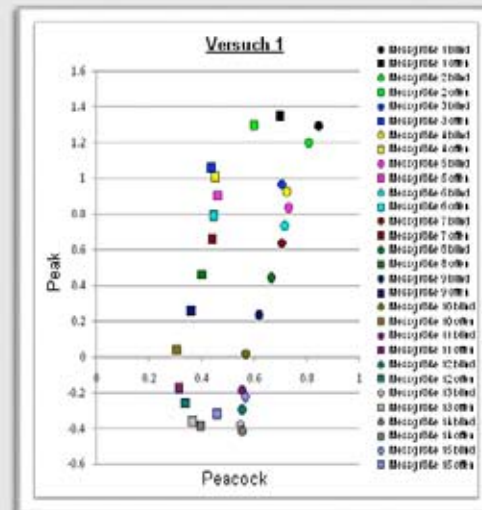
• Abschnitt 2: $s_{R,E,2} = \frac{s_{E,2} - s_{R,2}}{s_{R,2}} = \frac{72 - 64}{64} = 0,125$

In Abschnitt 2
höhere Übereinstimmung
hinsichtlich der
Variabilität



Art der Darstellung

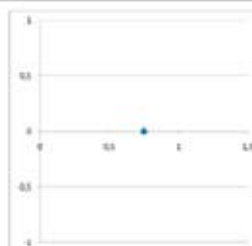
- ❑ X-Y Plot
- ❑ Belegung der Achsen:
 - x-Achse: Peacock
 - y-Achse (je nach Anwendungsfall):
 - Peak-Vergleich
 - Standardabweichung



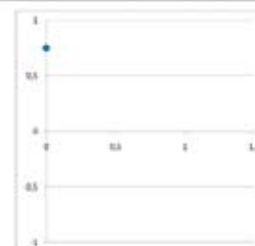
Interpretation

- ❑ Grenzfälle und ihre Interpretation

Peak/Standardabweichung
Peacock

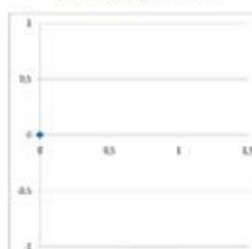


optimal
nicht optimal

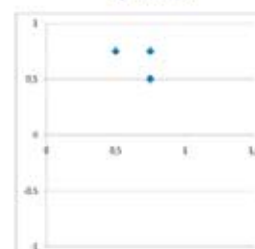


nicht optimal
optimal

Peak/Standardabweichung
Peacock



optimal
optimal



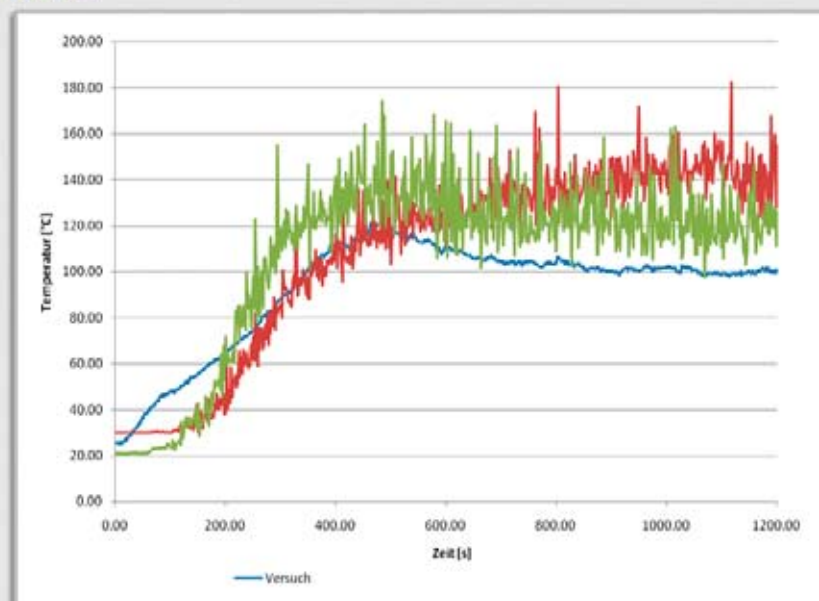
eigene Wichtung
erforderlich

Anwendungsbeispiel

- ❑ Vergleich eines Versuchs mit einer blinden und einer offenen Simulation
 - Versuch: Raumbrand
 - Vergleichsgröße: gemessene Gastemperatur
 - blind: Simulation ohne Verwendung von Versuchsergebnissen, der versuchstechnischen Randbedingungen und Ereignissen
 - offen: Simulation unter Verwendung sämtlicher zur Verfügung stehender Information

Anwendungsbeispiel

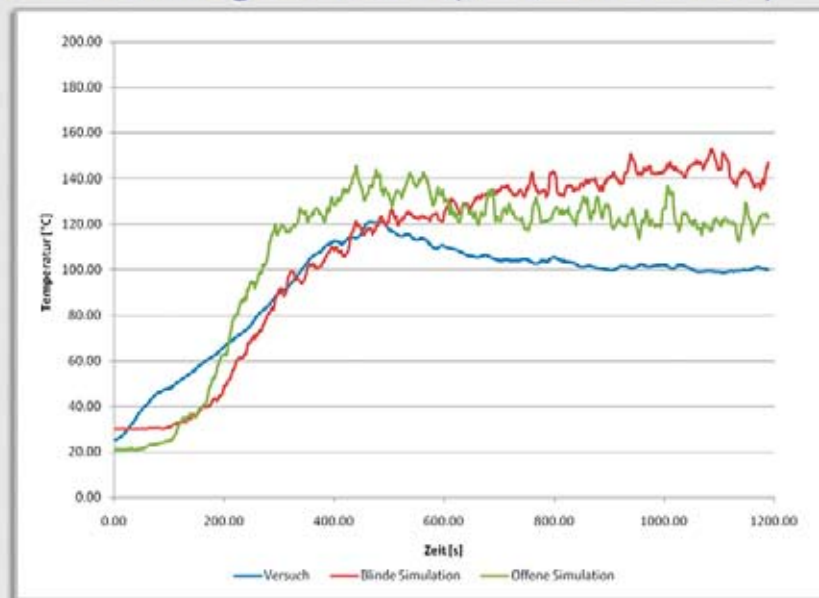
- ❑ Rohdaten



- ❑ 1. Schritt: abschnittsweise Ermittlung der Standardabweichung

Anwendungsbeispiel

□ 2. Schritt: Glättung der Daten (N=8, 10s Intervall)



□ 3. Schritt: Bestimmung der Kriterien „Peak“ und „Peacock“

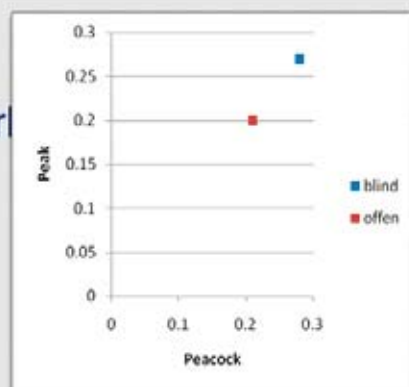
Ergebnisse

□ Vergleich ungeglättet und geglättet

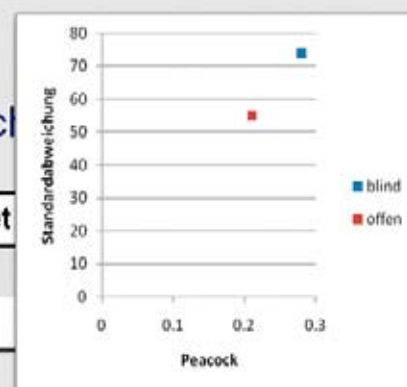
ungeglättet	blind	offen
Peacock	0,21	0,16
Peak	0,48	0,38
Standard- abweichung	74	55

geglättet	blind	offen
Peacock	0,28	0,21
Peak	0,27	0,20
Standard- abweichung	-	-

□ Ermittlung der Standardabweichung durch



ungeglättet
24 %
21 %



Zusammenfassung

- ❑ Darstellung der Probleme beim Vergleich von Zeitreihen
- ❑ Vorstellung möglicher Bewertungsverfahren
- ❑ Vorschlag einer Methodik
 - Bestimmung des Kriteriums „Standardabweichung“
 - Wahl eines Glättungsintervalls und Glättung
 - Bestimmung der Kriterien „Peak“ und „Peacock“
 - Darstellung über X-Y Plots
- ❑ Verdeutlichung anhand eines praktischen Anwendungsbeispiels

Methodik zur vergleichenden Bewertung von Zeitreihen

Volker Hohm und Dr. Christoph Klinzmann
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB)
Technische Universität Braunschweig

Dimitrios Toris:

Nachrechnungen der McCaffrey-Experimente / Variation von Gitterweite und Smagorinsky-Zahl

Abstract:

Über eine Überlagerung der Nenneingabedaten für die FDS - Validierungsdateien von NIST mit Zufallszahlen, wurde die Auswirkung möglicher Parameterunsicherheiten auf die Aussagekraft der gerechneten Ergebnisse hinterfragt. Als Ergebnisse werden nacheinander die direkte Gegenüberstellung (Simulation vs. Experiment), die Berücksichtigung fiktiver Unsicherheiten auf der Programmeingabeseite, sowie die zusätzliche Berücksichtigung von Messunsicherheiten für den McCaffrey - Plume gezeigt. Weiterhin soll die Auswirkung einer kombinierten Variation von Gitterweite und Smagorinsky - Zahl an einfachen Fällen besprochen werden.

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL
BAUSTOFFTECHNOLOGIE UND BRANDSCHUTZ



BEITRAG ZUM 2. ANWENDERTREFFEN
DER DEUTSCHEN FDS-USERGROUP

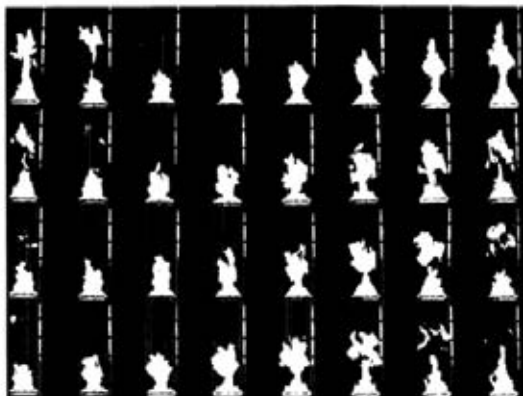
Einige Ergebnisse aus **Nachrechnungen** des **McCaffrey – Experiments** mit FDS 5 sowie aus **Parameterstudien** zur Auswirkung der kombinierten Variation von Gitterweite und Smagorinsky – Konstante auf das **Konvergenzverhalten**

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL
BAUSTOFFTECHNOLOGIE UND BRANDSCHUTZ



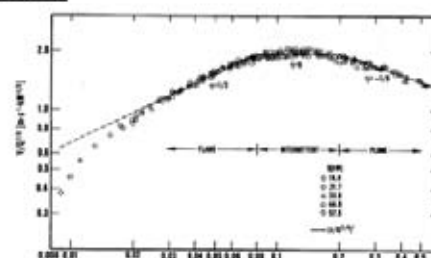
BEITRAG ZUM 2. ANWENDERTREFFEN
DER DEUTSCHEN FDS-USERGROUP

McCaffrey – Experimente (Versuche)



NBSIR 79-1910

Purely Buoyant Diffusion Flames:
Some Experimental Results



Das Bild kann nicht angezeigt werden. Dieser Computer verfügt möglicherweise über zu wenig Arbeitsspeicher, um das Bild zu öffnen, oder das Bild ist beschädigt. Starten Sie den Computer neu, und öffnen Sie dann erneut die Datei. Wenn weiterhin das rote x angezeigt wird, müssen Sie das Bild möglicherweise löschen und dann erneut einfügen.



McCaffrey – Experimente (Ausgangsdaten)

Height	Temp 14 kW	Vel 14 kW	Temp 22 kW	Vel 22 kW	Temp 33 kW	Vel 33 kW	Temp 45 kW	Vel 45 kW	Temp 57 kW	Vel 57 kW
0	872.48	0	872.48	0	872.48	0	872.48	0	872.48	0
0.1	872.48	2.16	872.48	2.16	872.48	2.16	872.48	2.16	872.48	2.16
0.2	872.48	3.05	872.48	3.05	872.48	3.05	872.48	3.05	872.48	3.05
0.3	673.27	3.22	769.74	3.49	872.48	3.74	872.48	3.74	872.48	3.74
0.4	509.91	3.22	697.27	3.49	702.68	3.8	792.18	4.04	872.48	4.32
0.5	411.9	3.22	481.79	3.49	566.11	3.8	637.72	4.04	701.98	4.24
0.6	337.74	3.17	404.8	3.49	475.07	3.8	534.74	4.04	588.29	4.24
0.7	265.72	3.01	343.02	3.45	410.04	3.8	461.18	4.04	507.08	4.24
0.8	216.66	2.88	278.54	3.3	361.25	3.8	406.02	4.04	446.18	4.24
0.9	181.58	2.77	232.43	3.18	$D^*/R_0 = 10$	3.65	363.11	4.04	398.81	4.24
1	155.53	2.68	198.19	3.07	255.7	3.53	309.44	3.91	360.91	4.24

```

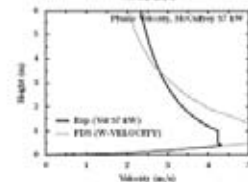
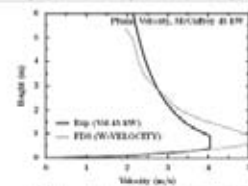
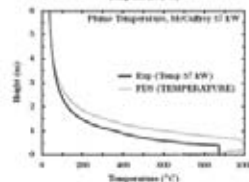
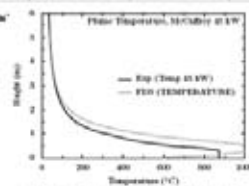
$HEAD CHD=McCaffrey, TITLE=McCaffrey, HREF TO=HIS, IT KW Natural Gas
$BENCH DI=0.00200, XI=0.00000,0.00000,0.25,5.95 /
$TIME T0=30. /
$ORIG X0=-, H0=15., X0=15., 10.000,SURF_ID=TEMP,TEMP,TEMP /
$SPEC ID=NATURALGAS
C=1,
H=4,
CO_YIELD=0,
SOOT_YIELD=0 /

```

```

EVENT BE=VIBR,SURF_ID=OPEN /
EVENT BE=VIBR,SURF_ID=OPEN /
EVENT BE=VIBR,SURF_ID=OPEN /
EVENT BE=VIBR,SURF_ID=OPEN /
EVENT BE=VIBR,SURF_ID=OPEN /
EVENT BE=VIBR,SURF_ID=OPEN /

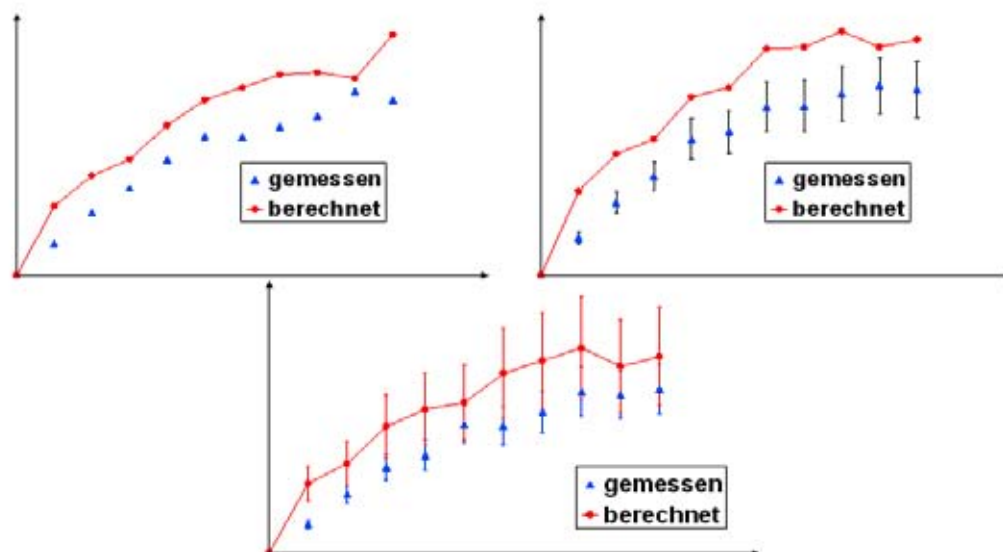
```



$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_w c_p T_w \sqrt{g}} \right)^{1/3}$$



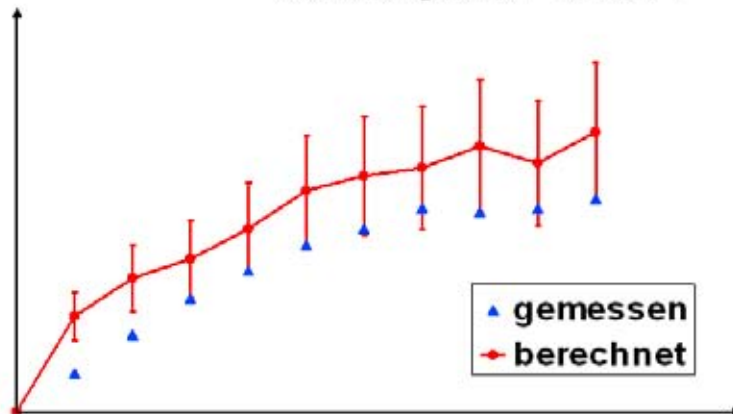
McCaffrey – Experimente (Ansätze zum Vergleich)





McCaffrey – Experimente (Parametervariation)

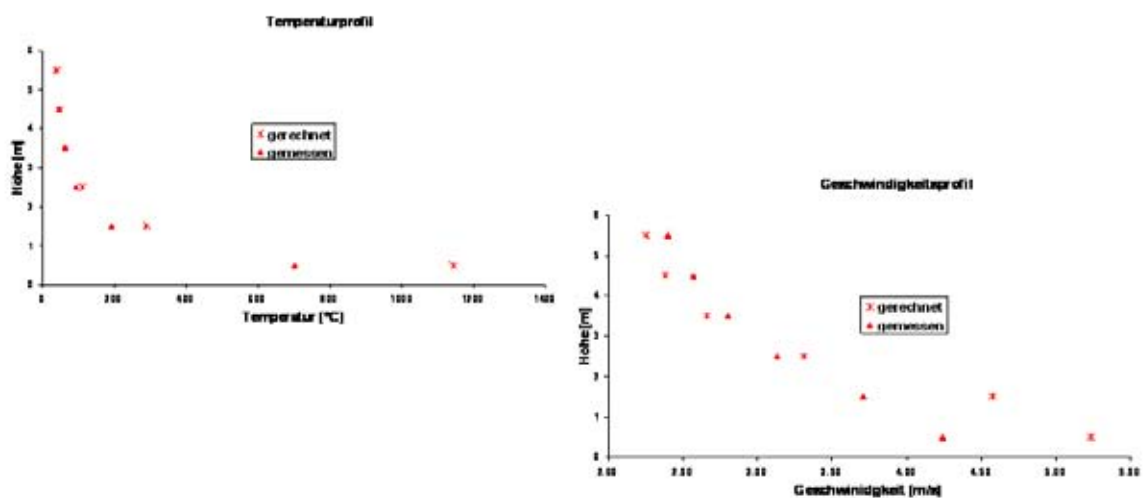
&SURF ID='burner', HRRPUA= 666.15 ,TMP_FRONT=100., COLOR='RED' /
&RADI RADIATIVE_FRACTION= 0.200241879 /



iter	chi	dotq	dotQ
1	0.200241879	666.15	59.9535
2	0.207570922	697.26	62.7534
3	0.220359961	640.77	57.6693
4	0.211521636	680.17	59.4153
5	0.200324472	646.11	58.1499
6	0.212975668	657.1	59.139
7	0.2003737	728.38	65.5542
8	0.216443987	680.05	61.2045
9	0.212740814	716.27	64.4643
10	0.203876578	731.81	65.8629
11	0.208209147	661.47	59.5323
12	0.21837278	714.58	64.3122
13	0.225413604	689.52	62.0568
14	0.223340996	726.36	65.3724
15	0.208261698	710.22	63.9198

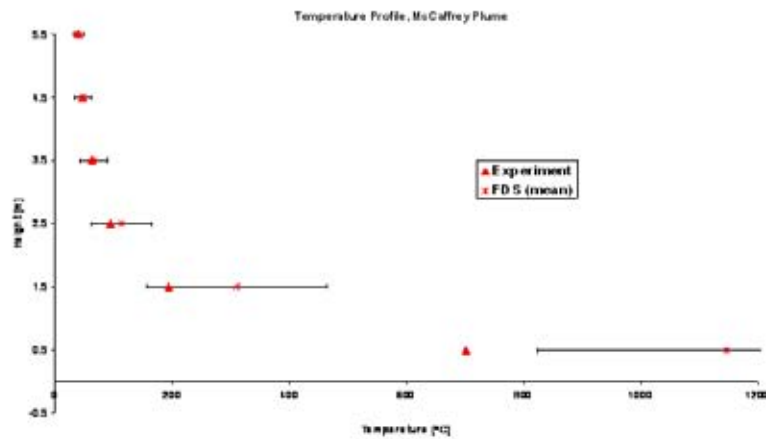


McCaffrey – Experimente (Deterministisch)

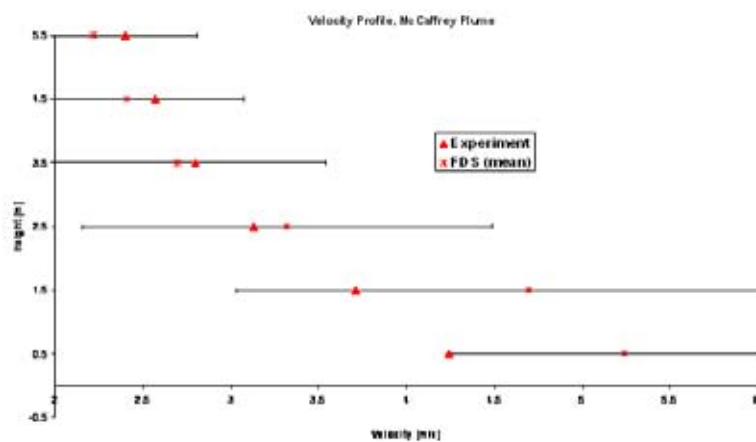




McCaffrey – Experimente (Nichtdeterministisch)

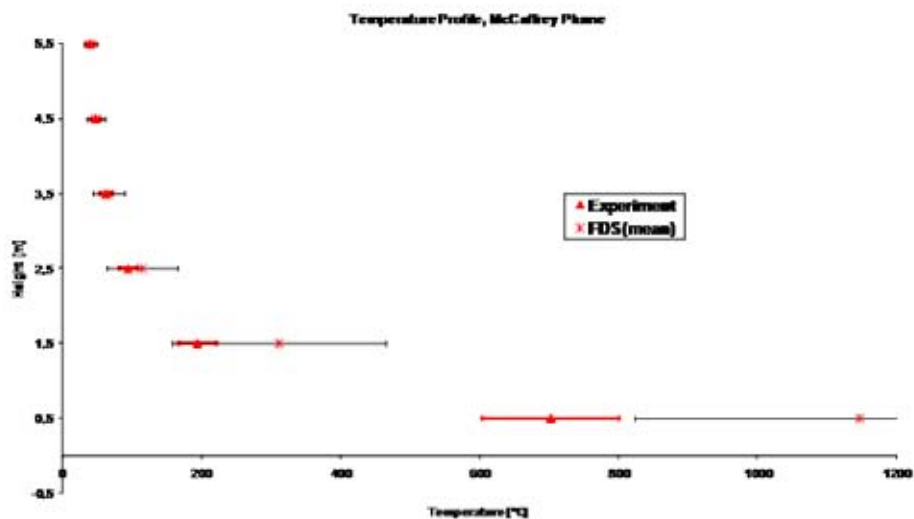


McCaffrey – Experimente (Nichtdeterministisch)

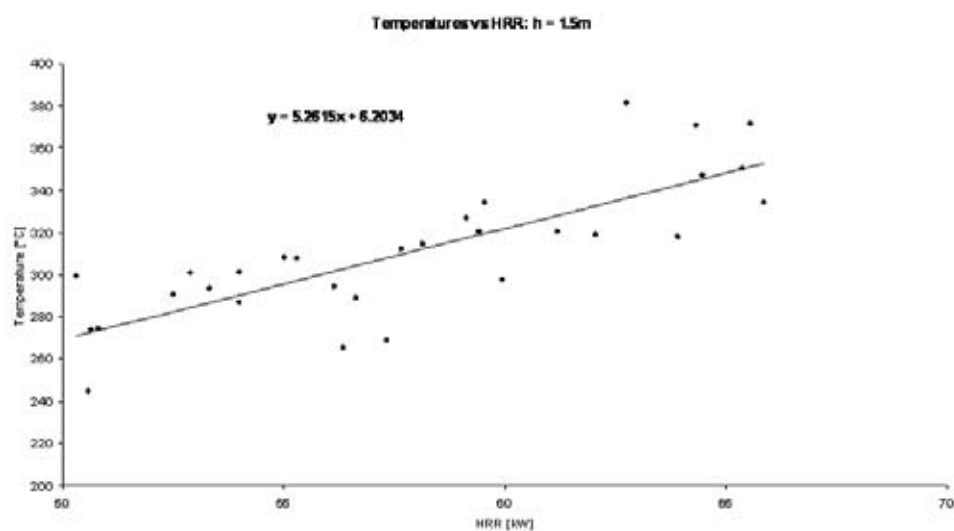




McCaffrey – Experimente (Nichtdeterministisch / Messunsicherheit)

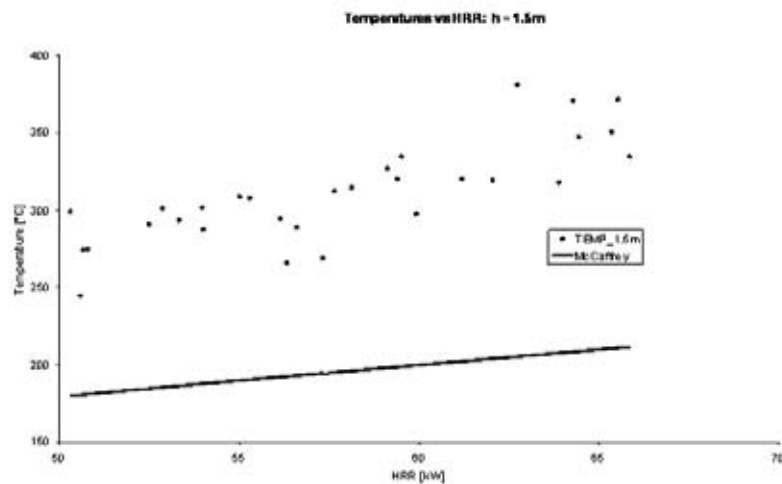


McCaffrey – Experimente (Korrelationen)

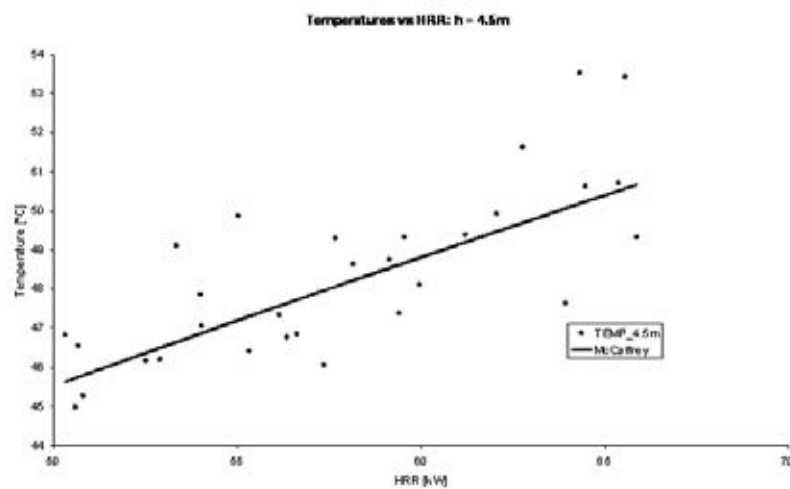




McCaffrey – Experimente (Simulation vs McCaffrey)



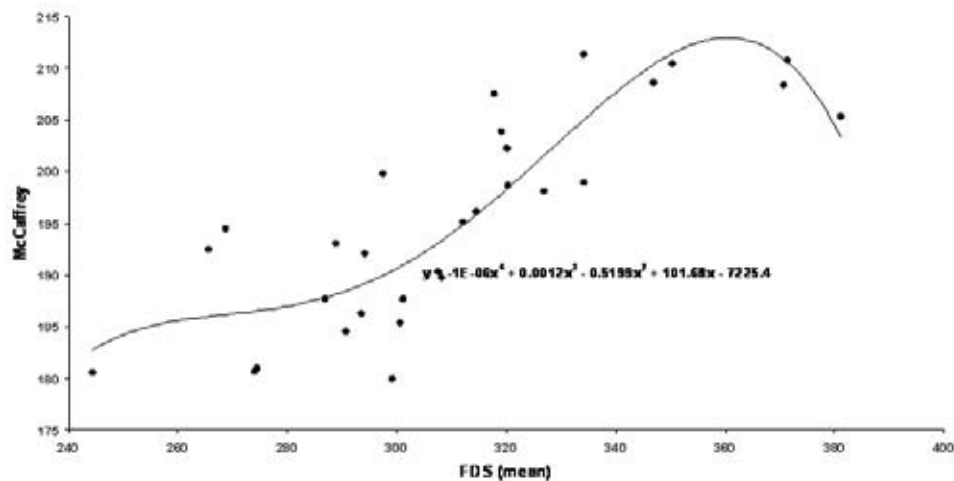
McCaffrey – Experimente (Simulation vs McCaffrey)





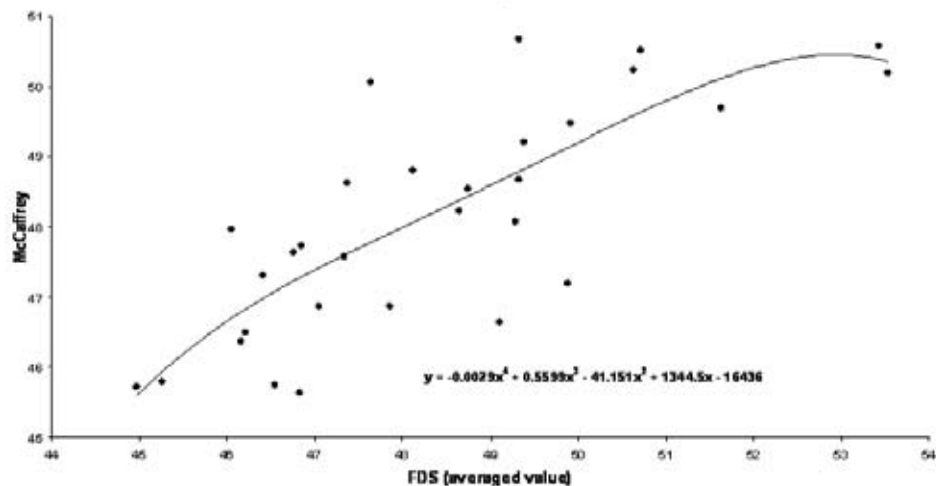
McCaffrey – Experimente (Simulation vs McCaffrey)

FDS vs McCaffrey: h = 1.5 m



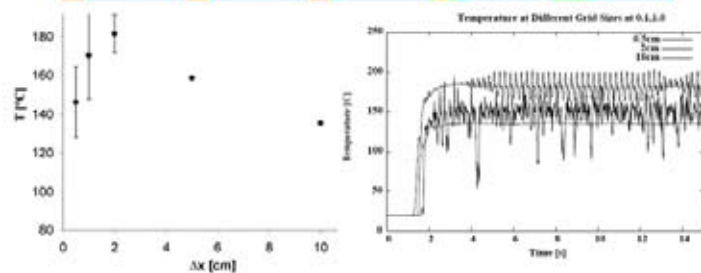
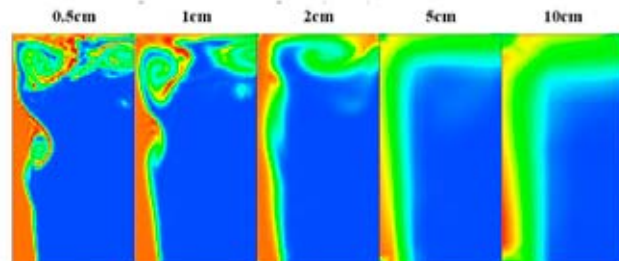
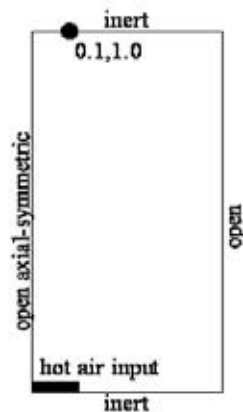
McCaffrey – Experimente (Simulation vs McCaffrey)

FDS vs McCaffrey: h = 4.5m





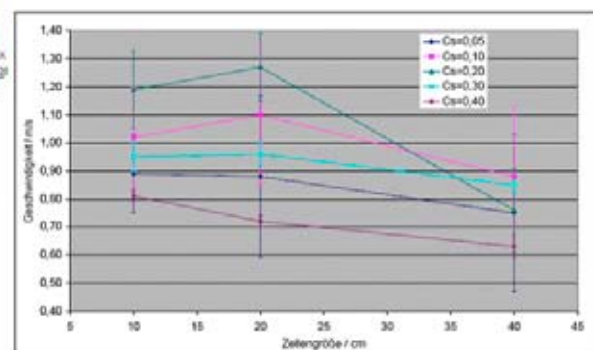
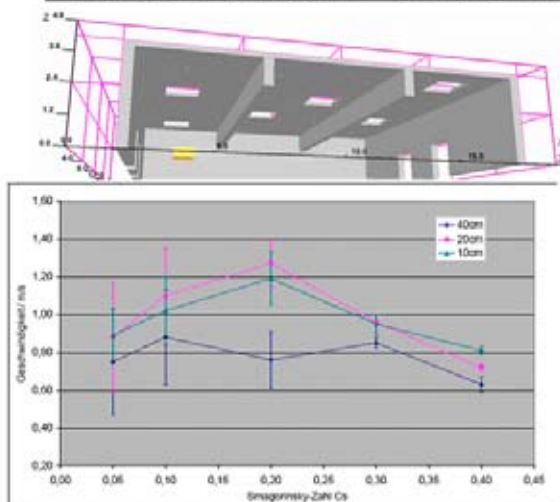
Parameterstudie - Konvergenzverhalten



*Toris, D., Rogsch, C., Seyfried, A., Proceedings of the Interflam – Conference, London 2007



Parameterstudie - Konvergenzverhalten

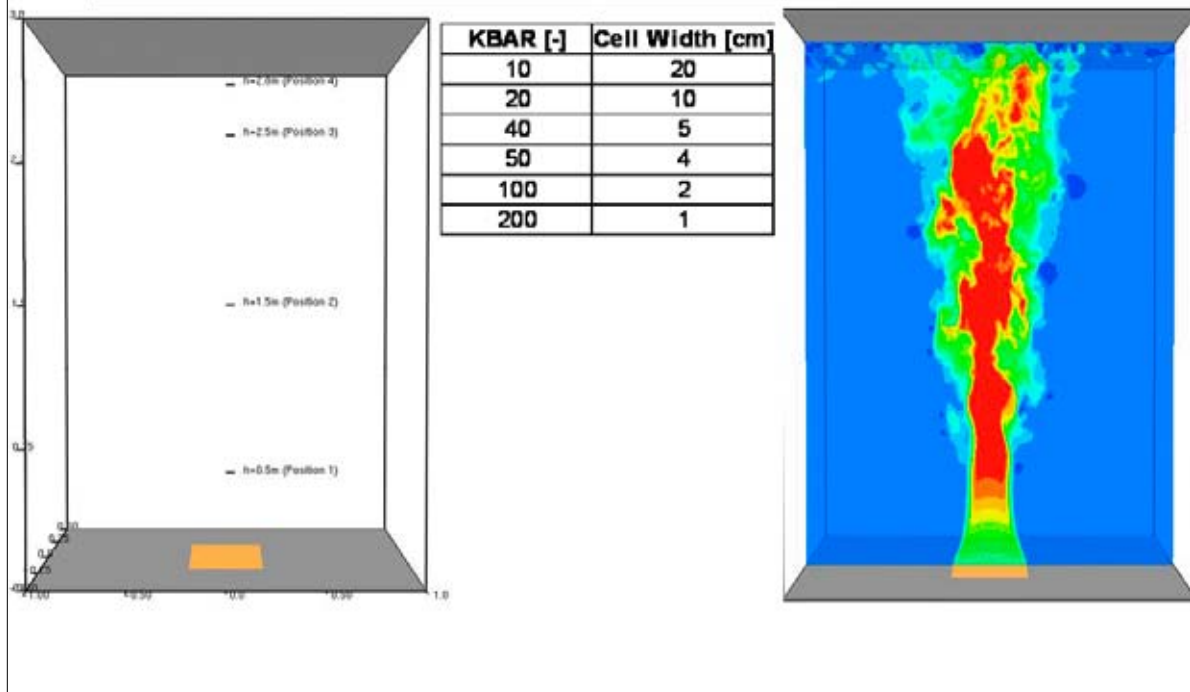


*Witte, N.: Sensitivitätsanalyse zu Diskretisierungs- und Turbulenzparametern bei CFD – Berechnungen mit FDS. Master Thesis, Bergische Universität, 2007.

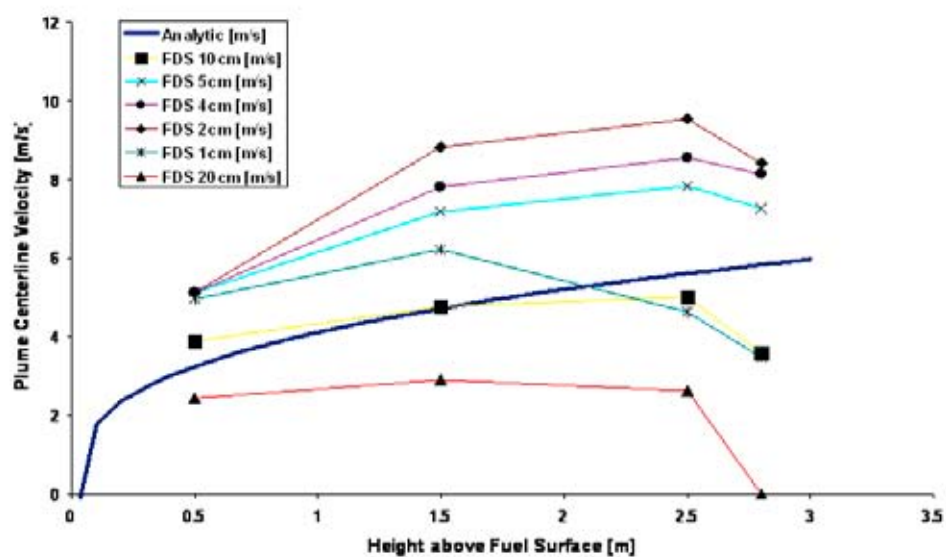
<http://www.fz-juelich.de/jsc/math/appliedmath/diplomas/witte-masterthesis.pdf>



Parameterstudie - Konvergenzverhalten

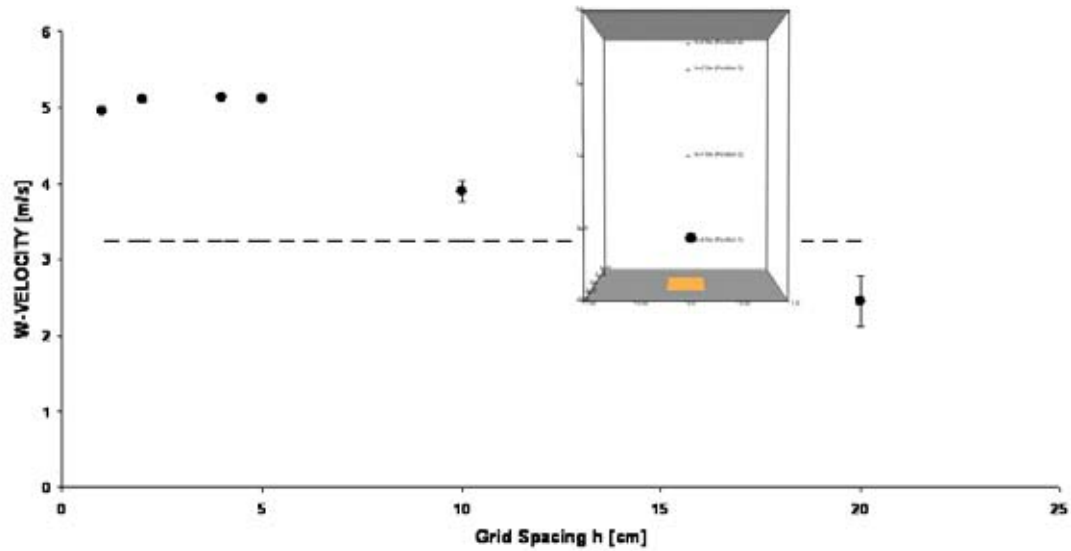


Parameterstudie - Konvergenzverhalten

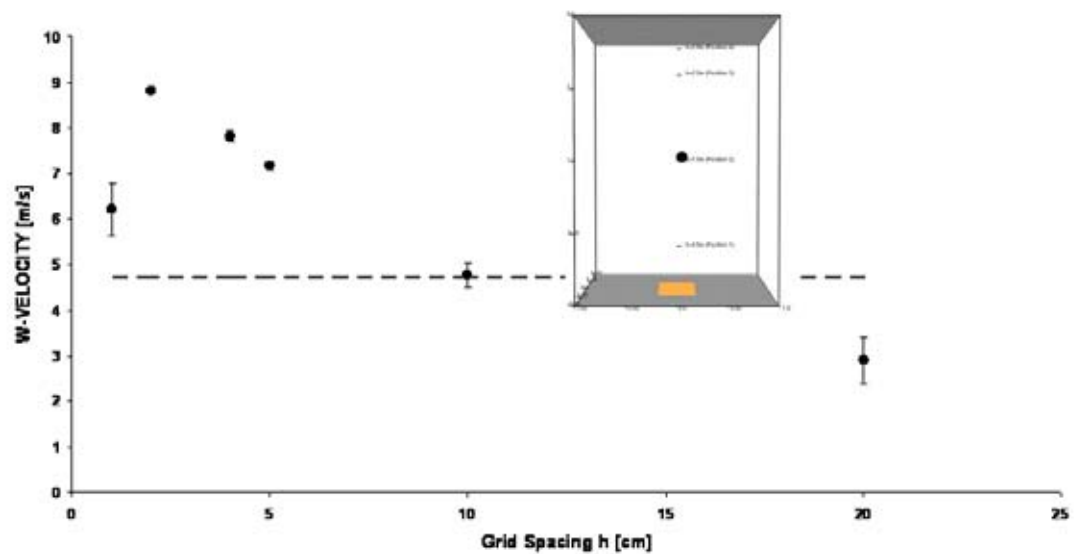




Parameterstudie - Konvergenzverhalten

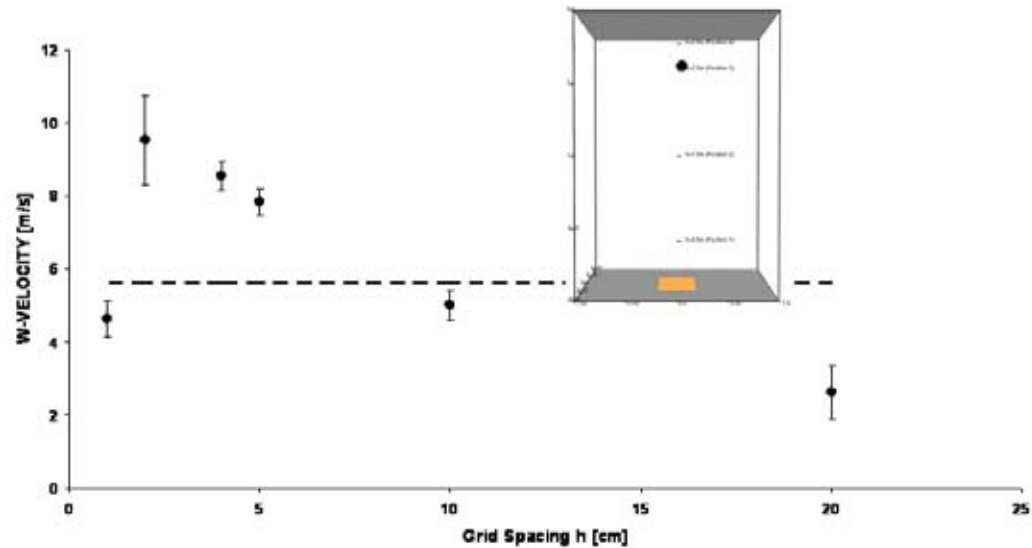


Parameterstudie - Konvergenzverhalten

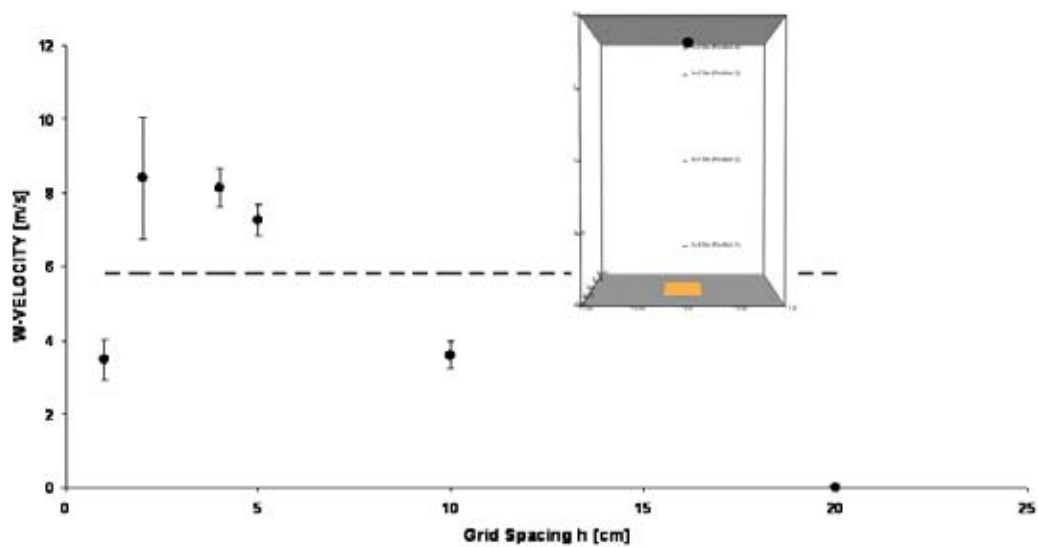




Parameterstudie - Konvergenzverhalten

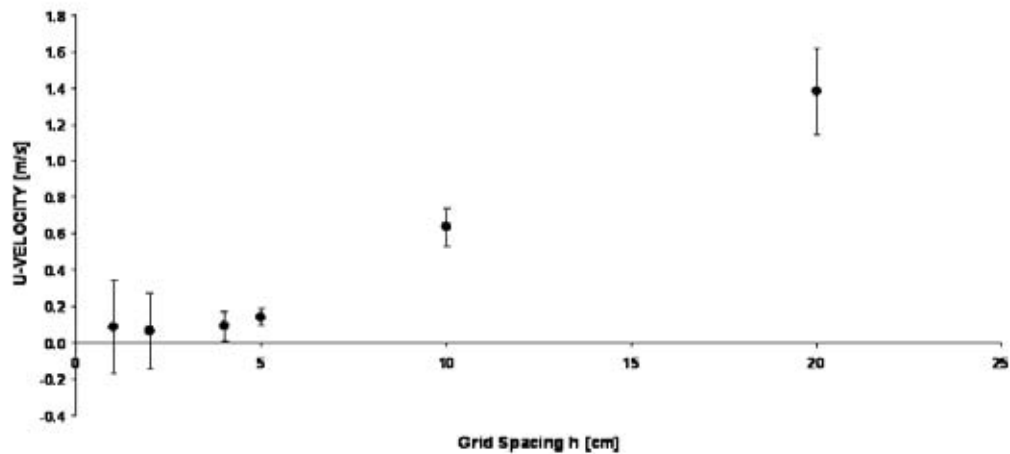


Parameterstudie - Konvergenzverhalten

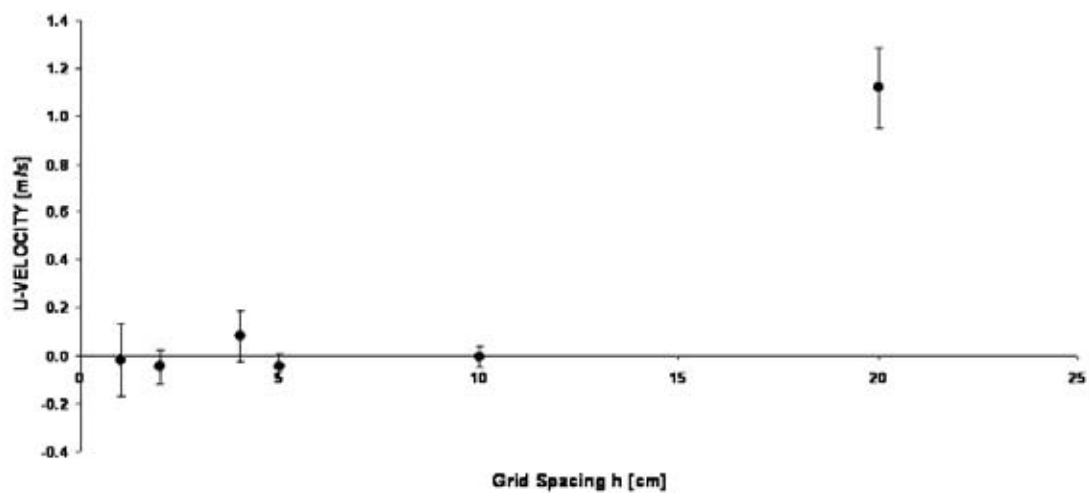




Parameterstudie - Konvergenzverhalten

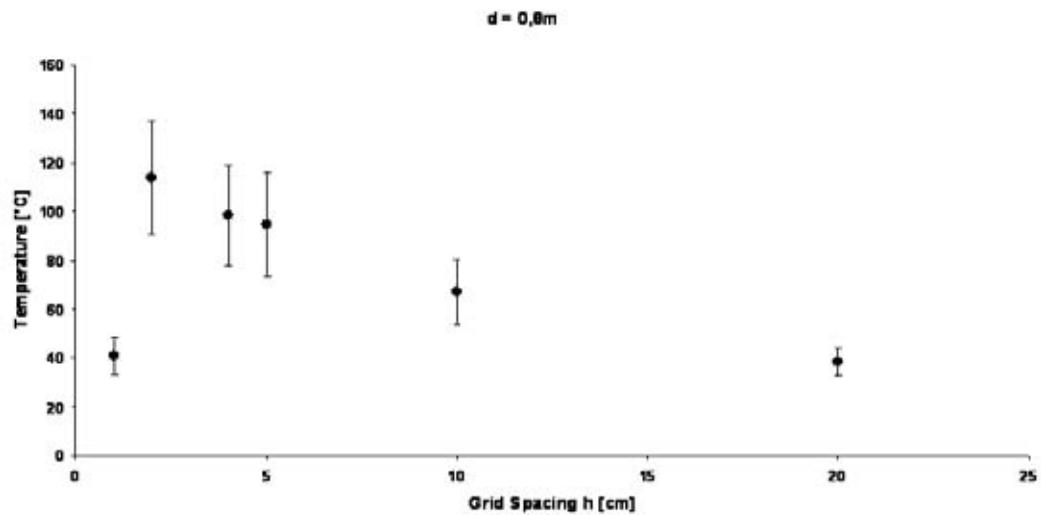
 $d = 0,01\text{m}$ 

Parameterstudie - Konvergenzverhalten

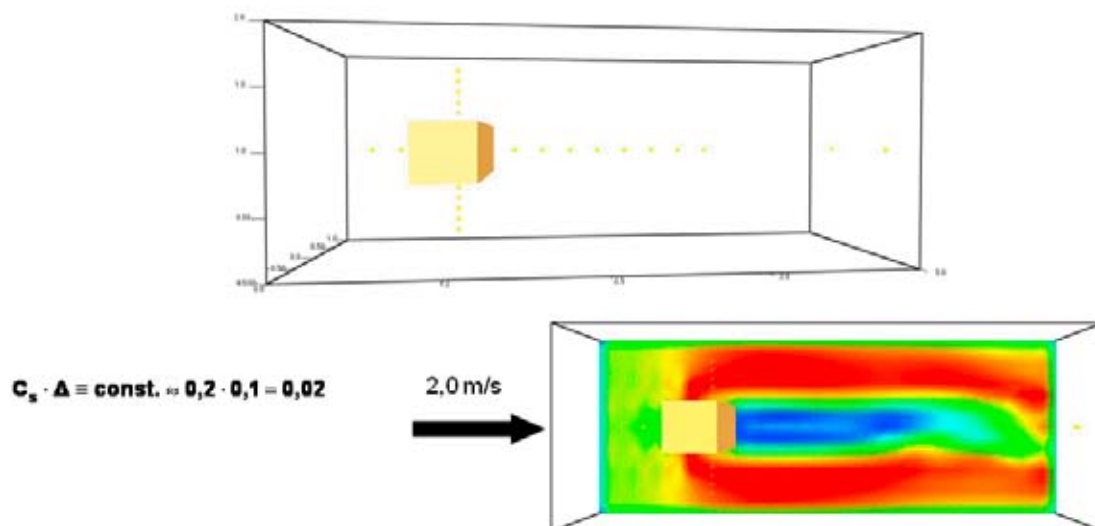
 $d = 1,0\text{m}$ 



Parameterstudie - Konvergenzverhalten

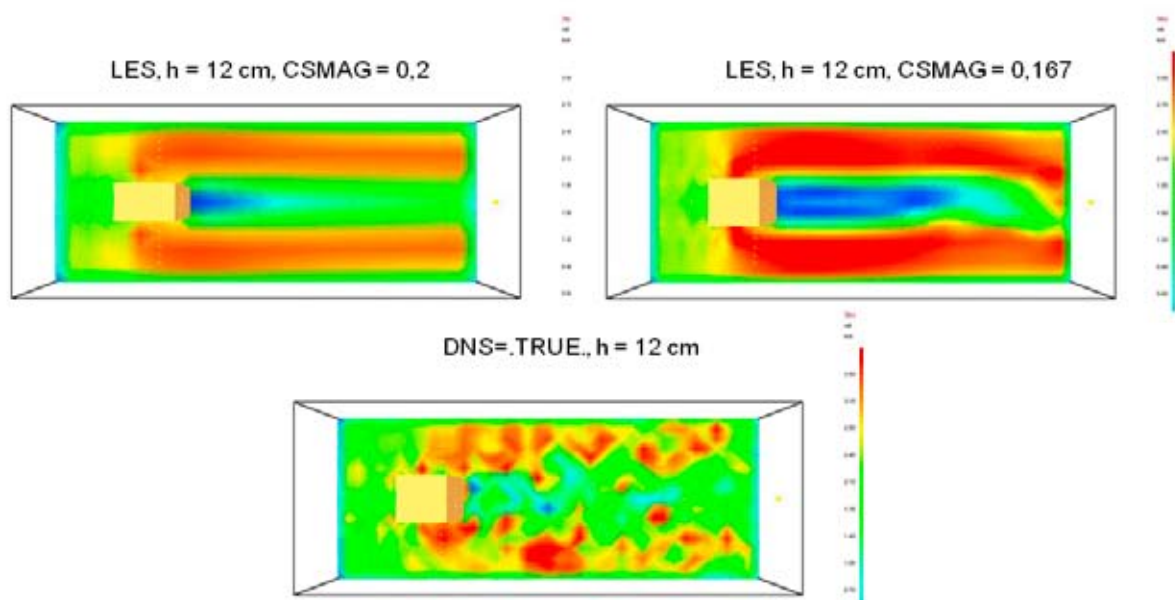


Parameterstudie – CSMAG vs DNS

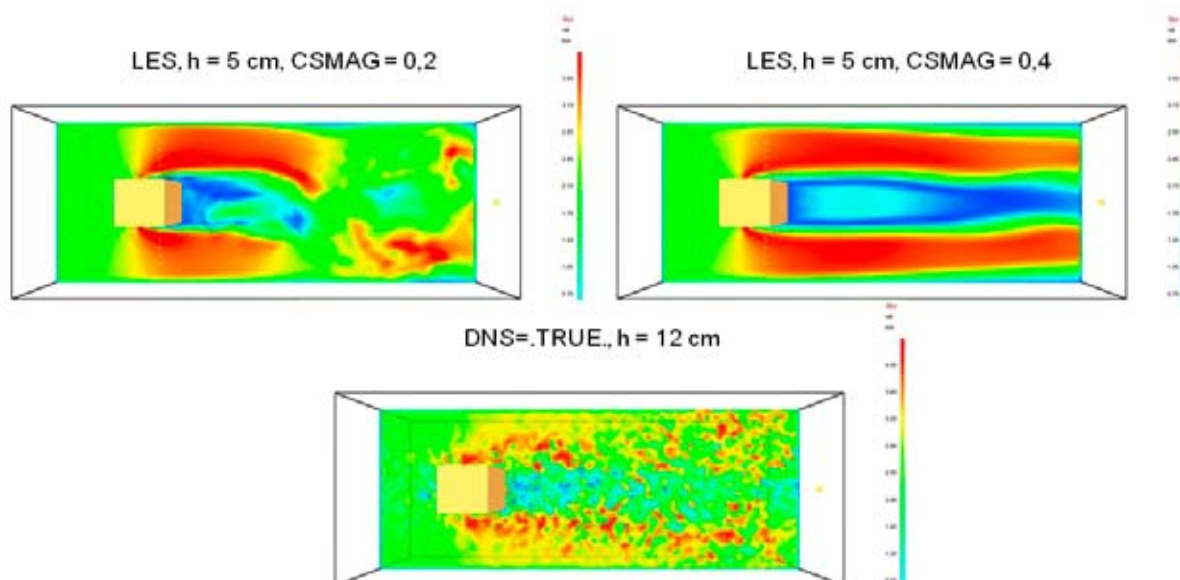




Parameterstudie – CSMAG vs DNS

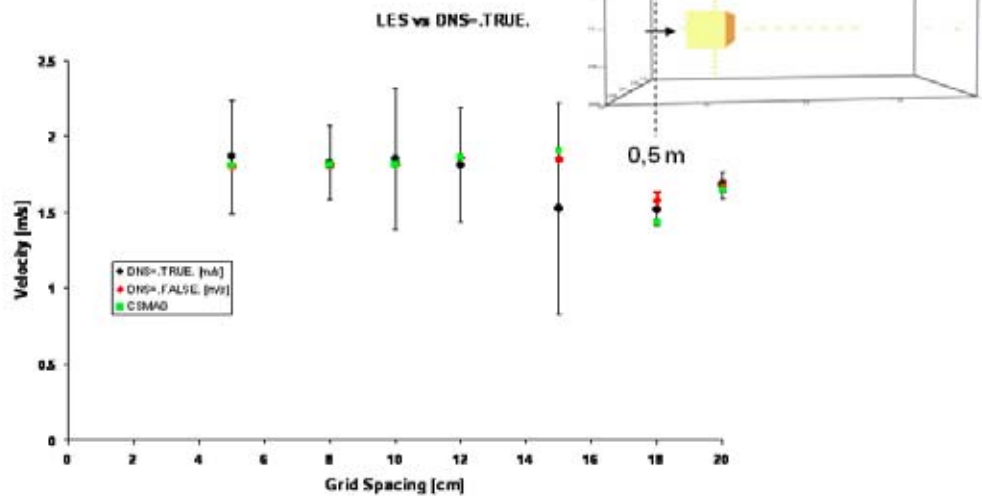


Parameterstudie – CSMAG vs DNS

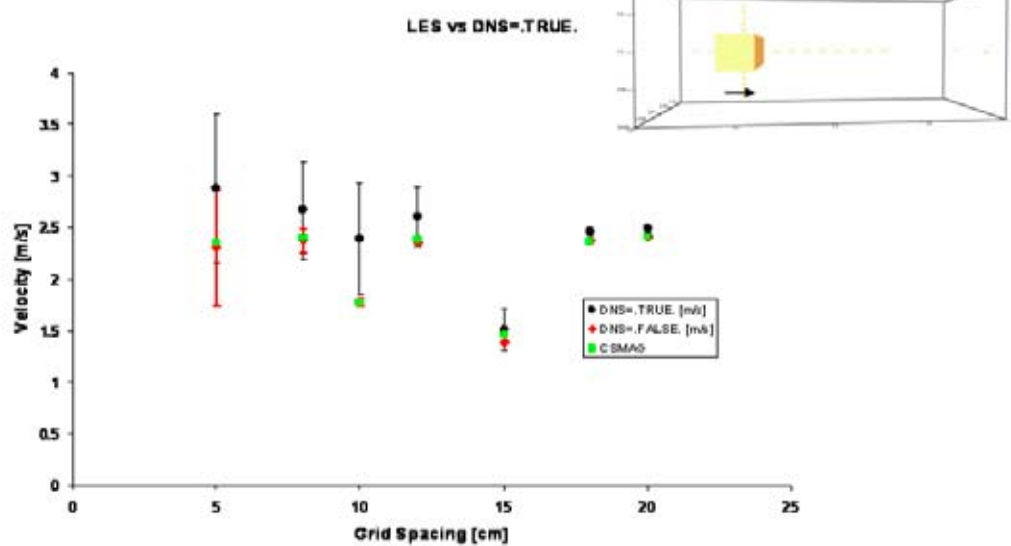




Parameterstudie – CSMAG vs DNS

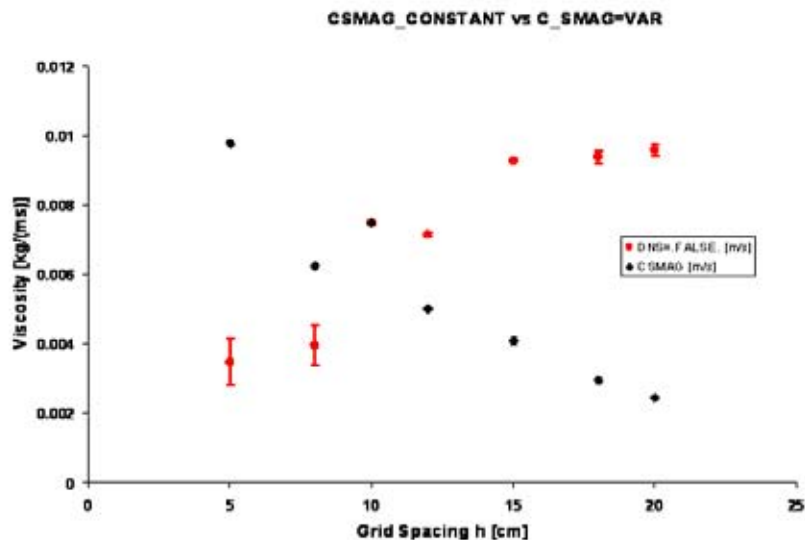


Parameterstudie – CSMAG vs DNS





Parameterstudie – CSMAG vs DNS



Zusammenfassung und Ausblick

- Relativ hohe Sensitivität der Ergebnisse der McCaffrey – Nachrechnung gegenüber Unsicherheiten bei der Bestimmung der Wärmefreisetzungsrate und des Strahlungsanteils
- „Im Mittel“ gute Vorhersage der Temperaturen und Geschwindigkeiten in brandherdfernen Orten
- Relativ hohe Sensitivität der Ergebnisse gegenüber einer Variation der Gitterweite
- Nicht monotonen Konvergenzverhalten
- Zusammenhänge bei der Wirkung der Smagorinsky – Konstante auf die Ausbildung des Strömungsfeldes müssen näher untersucht werden

Dr. Susanne Kilian:

Iterative Gebietszerlegungskonzepte für den FDS-Drucklöser zur Stärkung der globalen Kopplung

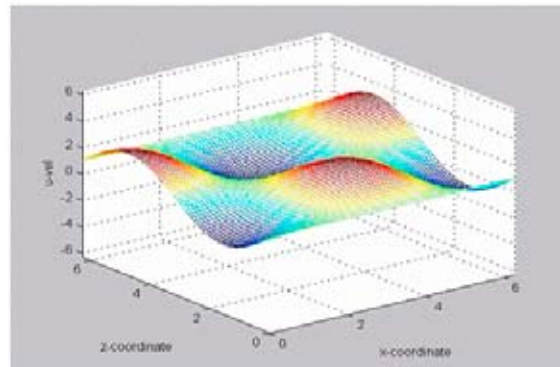
Abstract:

Die in FDS verwendete Strategie zur Parallelisierung der Druckgleichung weist einen sehr lokalen Charakter auf. Trotz der optional verwendbaren globalen Druckkorrektur können globale physikalische Effekte daher nicht immer adäquat bzw. mit gewünschter Konvergenzordnung wiedergegeben werden. Daher wird ein neuer Parallelisierungsansatz präsentiert, der auf einer global orientierten, iterativen Defektkorrekturmethode basiert. Seine Leistungsfähigkeit und Konvergenzgüte wird anhand von ersten numerischen Testreihen illustriert. Weiterhin werden die zukünftigen geplanten Entwicklungsschritte, die in enger Zusammenarbeit mit den Hauptentwicklern vorgenommen werden sollen, aufgezeigt.

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Iterative Gebietszerlegungskonzepte für den FDS-Drucklöser zur Stärkung der globalen Kopplung



Dr. Susanne Kilian

Ingenieure für Brandschutz

hhpberlin

Inhaltsübersicht

- Problembeschreibung
- Beschreibung NIST-Drucklöser
- Beschreibung Defektkorrektur-Drucklöser
- Konvergenzvergleich am Verifikationsbeispiel
- Ausblick

➤ Lösung der Druckgleichung in FDS

- Aus Impulsgleichung folgt nach Divergenzbildung und Vereinfachungen

Polssongleichung für Druck

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

mit gemischten Dirichlet- und Neumann-Randbedingungen

- Finite-Differenzen-Diskretisierung führt auf lokale Gleichungssysteme

$$A_m x_m = b_m, \quad m = 1, \dots, N_{\text{meshes}}$$

- elliptische Gleichung mit hoher Ausbreitungsgeschwindigkeit für Informationen
- paralleler Löser soll dieses Verhalten bestmöglich reproduzieren

➤ NIST-Ansatz: Lokale FFT-Löser mit Grobgitterkorrektur

Interpolation lokaler Randwerte

$$x_m|_{\Gamma} = \text{Interpol}(x_m, \text{neighbours}(x_m))$$

⇐ lokale Kommunikation

NIST-Ansatz: Lokale FFT-Löser mit Grobgitterkorrektur

Interpolation lokaler Randwerte

$$x_m|_{\Gamma} = \text{Interpol}(x_m, \text{neighbours}(x_m))$$

← lokale Kommunikation

Lokale FFT-Lösungen

$$A_m x_m^k = b_m^k$$

← separate direkte Löser

NIST-Ansatz: Lokale FFT-Löser mit Grobgitterkorrektur

Interpolation lokaler Randwerte

$$x_m|_{\Gamma} = \text{Interpol}(x_m, \text{neighbours}(x_m))$$

← lokale Kommunikation

Lokale FFT-Lösungen

$$A_m x_m^k = b_m^k$$

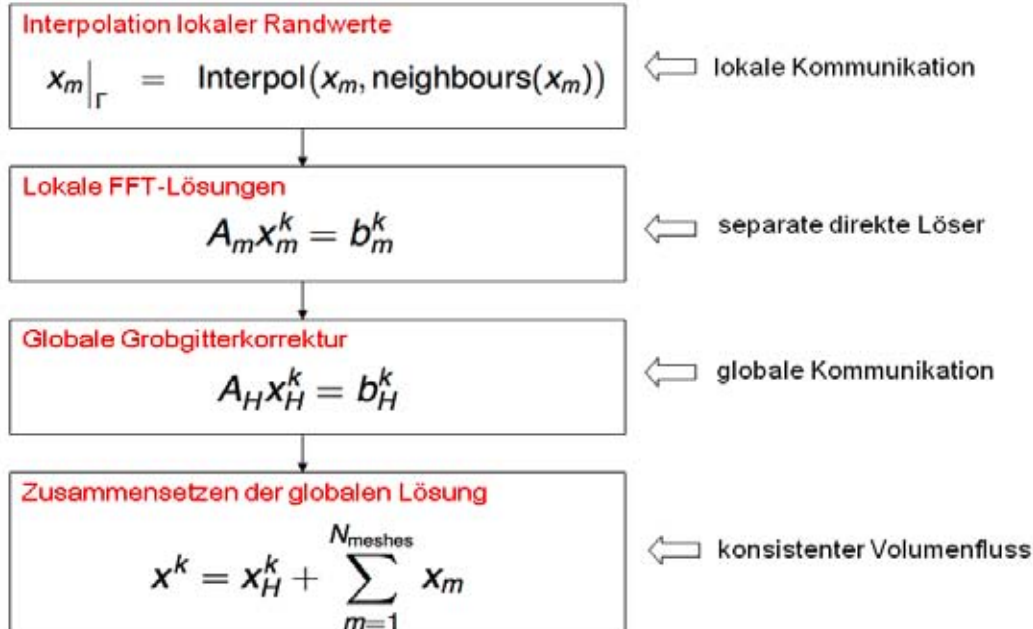
← separate direkte Löser

Globale Grobgitterkorrektur

$$A_H x_H^k = b_H^k$$

← globale Kommunikation

NIST-Ansatz: Lokale FFT-Löser mit Grobgitterkorrektur



Bewertung Defektkorrektur-Ansatz

Vorteil:

- **Laufzeiteffizienz**
 - laut Hauptentwicklern schnellste Methode zur Lösung der Poisson-Gleichung
 - zuverlässig und langjährig getestet

Nachteil:

- **Beschränkung auf konstante Koeffizienten**
 - Vernachlässigung von Bestandteilen des Druckterms erforderlich
- **Beschränkung auf nahezu äquidistante Gitter**
 - keine echte Gitteradaptivität möglich

hhpberlin-Ansatz: globale Defektkorrektur-Methode

Berechnung des globalen Defektes

$$d^k \leftarrow b^k - Ax^k$$



- globale Matrix-Vektor-Multiplikation
- lokale Kommunikation

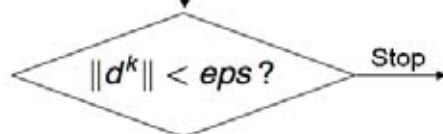
hhpberlin-Ansatz: globale Defektkorrektur-Methode

Berechnung des globalen Defektes

$$d^k \leftarrow b^k - Ax^k$$



- globale Matrix-Vektor-Multiplikation
- lokale Kommunikation



Stop



- zurück zur Zeititeration

hhpberlin-Ansatz: globale Defektkorrektur-Methode

Berechnung des globalen Defektes

$$d^k \leftarrow b^k - Ax^k$$

- globale Matrix-Vektor-Multiplikation
- lokale Kommunikation

$$\|d^k\| < \epsilon_{ps}?$$

Stop

- zurück zur Zeititeration

Vorkonditionierung durch lokale Löser

$$y^k \leftarrow \sum_{m=1}^{N_{\text{meshes}}} A_m^{-1} d^k$$

- optimierte lokale Vorkonditionierer
- z.B. FFT, ILU, GSADI

hhpberlin-Ansatz: globale Defektkorrektur-Methode

Berechnung des globalen Defektes

$$d^k \leftarrow b^k - Ax^k$$

- globale Matrix-Vektor-Multiplikation
- lokale Kommunikation

$$\|d^k\| < \epsilon_{ps}?$$

Stop

- zurück zur Zeititeration

Vorkonditionierung durch lokale Löser

$$y^k \leftarrow \sum_{m=1}^{N_{\text{meshes}}} A_m^{-1} d^k$$

- optimierte lokale Vorkonditionierer
- z.B. FFT, ILU, GSADI

Korrektur der Lösung

$$x^k \leftarrow x^k + y^k$$

- konsistente globale Lösung
- konsistenter Volumenfluss

Bewertung Defektkorrektur-Ansatz

Vorteil:

- **Baukastensystem mit vielen Variations- und Optimierungsmöglichkeiten**
 - Ersatz der globalen Basis-Defekt-Korrektur durch CG- oder MG-Verfahren
 - Verwendung variabler, problem-angepasster lokaler Vorkonditionierer
- **Verwendung variabler Koeffizienten in der Systemmatrix**
 - Vermeidung von Problem-Vereinfachungen
- **Übertragung auf adaptive Gitterverfeinerungstechniken**
 - Optimierung von Laufzeit und Genauigkeit

Nachteil:

- Laufzeitnachteil gegenüber FFT-Methode ?

Verifikations-Beispiel: Analytische Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen in 2D

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} = -\nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{u} \quad \mathbf{u} = [u, v]^T$$

$$\nu = 0.1$$

exakte u-Geschwindigkeit: $u(x, z, t) = 1 - 2 \cos(x - t) \sin(z - t) e^{-2\nu t}$

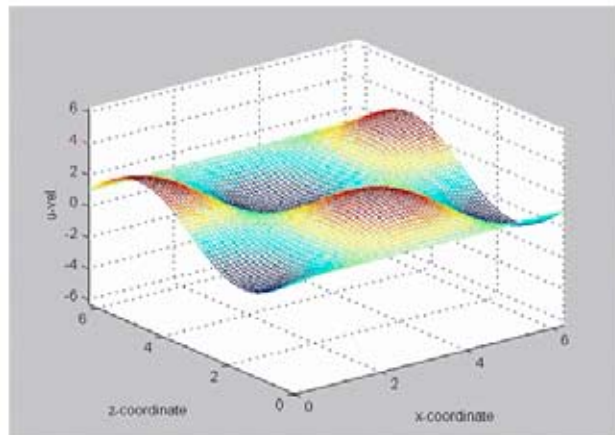
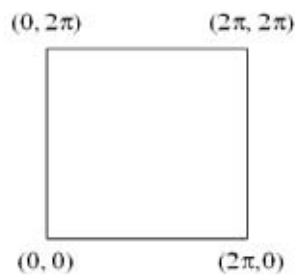
exakte v-Geschwindigkeit: $v(x, z, t) = 1 + 2 \sin(x - t) \cos(z - t) e^{-2\nu t}$

exakter Druck: $p(x, z, t) = -[\cos(2(x - t)) + \cos(2(z - t))] e^{-4\nu t}$

siehe "Ns_Analytical_Solution" des Verifikations-Ordnern im FDS-Repository

Verifikations-Beispiel: Analytische Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen in 2D

- quadratisches 2D-Gebiet



- äquidistantes Feingitter



- periodisches Verhalten der exakten u-Geschwindigkeit
- exponentielles Abklingen im zeitlichen Verlauf bis $t=2\pi$

Beschreibung der Testreihen

- verschiedene Grobgitter-Unterteilungen:

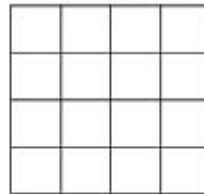
1x1-Topologie



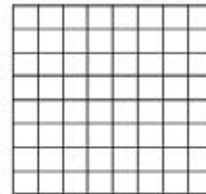
2x2-Topologie



4x4-Topologie



8x8-Topologie



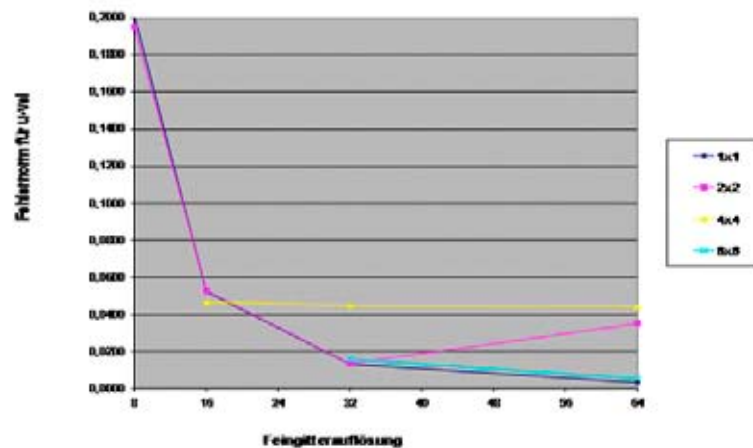
- verschiedene Feingitter-Auflösungen:

$$\Delta x = \Delta y = 2\pi / N, \quad N = \{8, 16, 32, 64\}$$

- Messung Fehlernorm für u-vel:

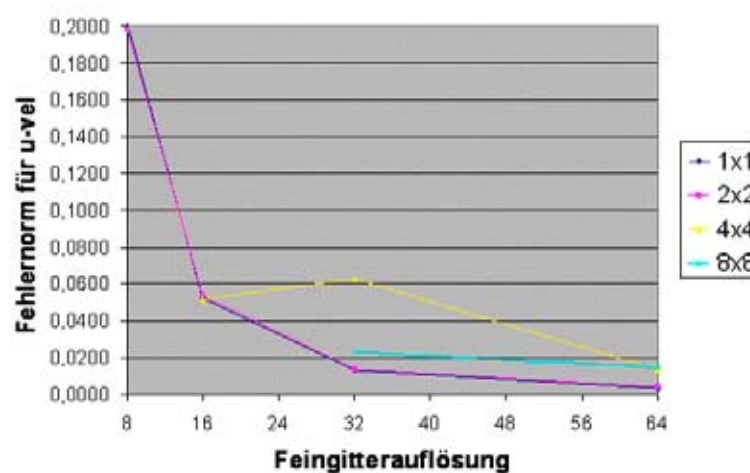
$$\varepsilon_{\text{rms}} \equiv \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{k=1}^M [U_{ij}^k - u(x_i, \bar{y}_j, t_k)]^2}$$

Fehlernorm für NIST-Drucklöser ohne Druckkorrektur



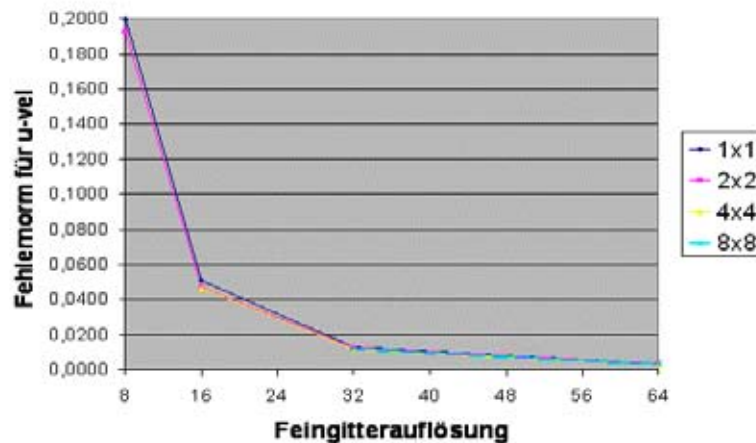
- quadratische Konvergenz nur für 1x1-Topologie
- deutliche Verschlechterung bereits ab 2x2-Topologie

Fehlernorm für NIST-Drucklöser mit Druckkorrektur



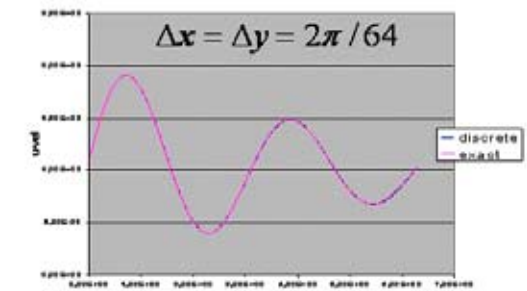
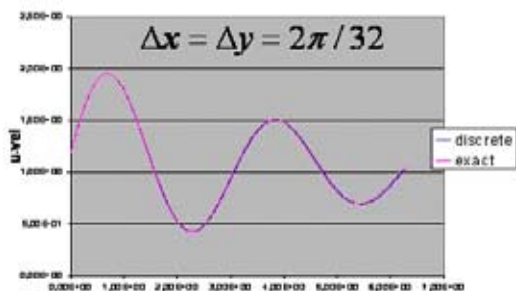
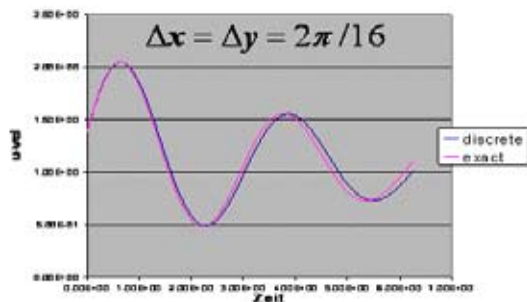
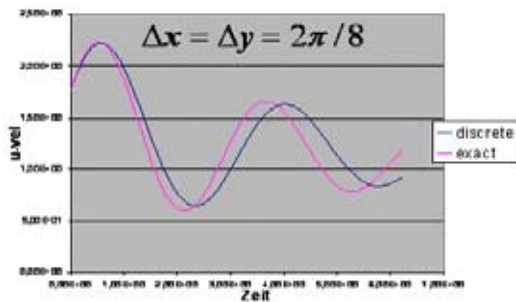
- quadratische Konvergenz für 1x1- und 2x2-Topologie
- deutliche Verschlechterung für 4x4- und 8x8-Topologie

Fehlernorm iterativer Defektkorrektur-Drucklöser

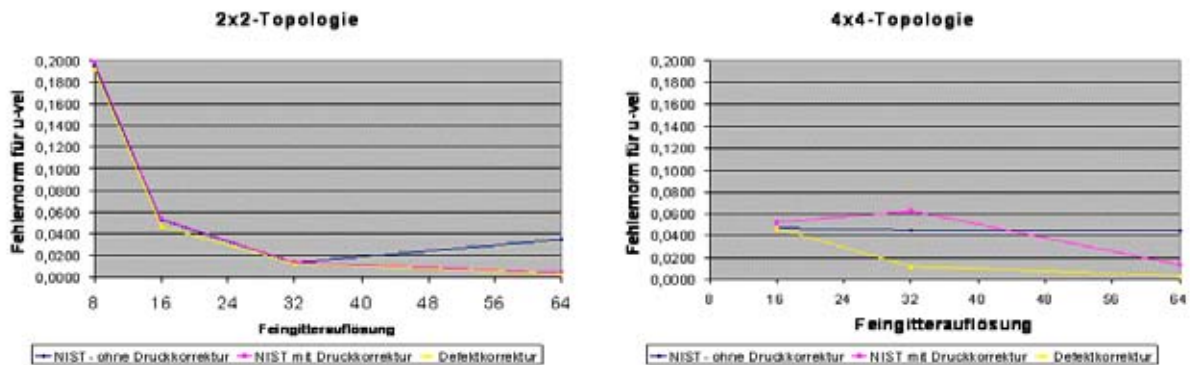


quadratische Konvergenz für alle Topologien !!!

4x4-Topologie: Konvergenz Defektkorrektur-Methode



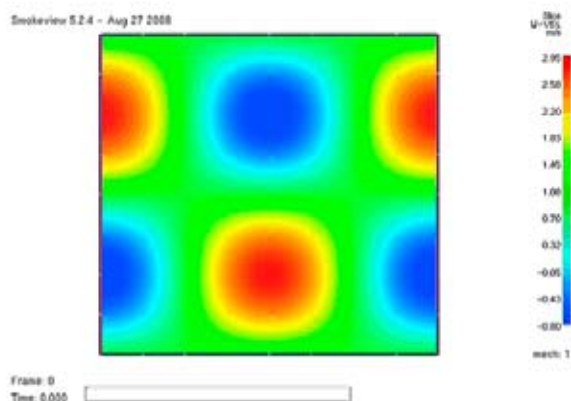
Vergleich Drucklöser für verschiedene Topologien



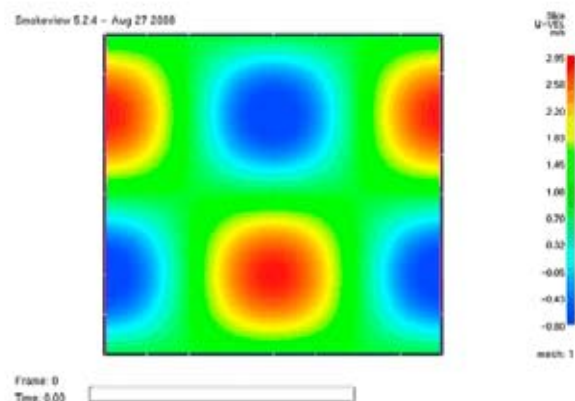
- NIST-Löser ohne Korrektur versagt bereits bei 2x2-Topologie
- NIST-Löser mit Korrektur gleichwertig zu Defektkorrektur für 2x2-Topologie
- ab 4x4-Topologie eindeutiger Vorteil Defektkorrektur (quadratische Konvergenz!)

Diskrete u-Geschwindigkeit auf 8x8-Topologie

NIST-Drucklöser mit Korrektur



Defektkorrektur-Löser



Ausblick

- **Implementierung optimierter Scarc-Varianten**
 - Globales CG- und Mehrgitterverfahren anstelle der Defektkorrektur
 - Einbau starker lokaler Vorkonditionierer (GSADI, ILU)
 - Verbesserung der numerischen Effizienz (!)
- **Übertragung des 2D-Scarc-Ansatzes nach 3D**
 - Durchführung für reale FDS-Anwendungen
 - Verbesserung des globalen Stabilitätsverhaltens und der Parallelität (?!)
- **Laufzeitvergleich mit offizieller FDS-Version**
 - Zeitverlust durch iterative anstatt direkter Lösung (??)
- **Optimierung des Löser für Konvektionsgleichung (implizit!)**
 - Lockerung der CFL-Bedingung (??)

Beispiel: Von Karman Straße in 2D mit 8x1 Teilgebieten

Smokeview 5.2.4 - Aug 27 2008



Frame: 0
Time: 0.00



Ingenieure für Brandschutz hhpberlin

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

hhpberlin Ingenieure für Brandschutz GmbH Hauptsitz: Rotherstraße 19 10245 Berlin Phone: +49 (0)30 895955-0 Fax: +49 (0)30 895955-100 email@hhpberlin.de www.hhpberlin.de	<i>Geschäftsführer:</i> Dipl.-Ing. Margot Ehrlicher Dipl.-Inf. BW (VWA) Stefan Truthän Dipl.-Ing. Karsten Foth <i>Prokurist:</i> Dipl.-Ing. Harald Niemöller <i>Beirat:</i> Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hesser Dr.-Ing. Karl-Heinz Schubert	<i>Amtsgericht</i> 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
--	--	---



Ingenieure für Brandschutz hhpberlin

Rubriken des FDS-Benchmarks

- Boundary
- Fire
- Grid
- Parallelization
- Turbulence
- Validation and Verification

Matthias Münch:

Ist eine Gebietszerlegung in mehrere Gitter bei FDS-Rechnungen zulässig?

Abstract:

Die räumliche Diskretisierung des Strömungsgebietes erfolgt beim Fire Dynamic Simulator (FDS) mit Hilfe eines kartesischen Gitters. Sowohl für die Anwendung auf praktische Problemstellungen, als auch als Basis für die parallele Prozessbearbeitung auf mehreren CPU's (Parallelisierung), ist es erforderlich das Strömungsgebiet in einzelne quaderförmige Segmente, sogenannte Blöcke, aufzuteilen. Diese Möglichkeit wird dem Benutzer von FDS durch die Definition unterschiedlicher Meshes zur Verfügung gestellt.

Wie bereits auf der letzten fds Usergroup Tagung dargestellt worden ist, kann die Aufteilung des Rechengebietes in Blöcke das Ergebnis der Rechnung wesentlich beeinflussen und sogar zu unterschiedlichen Interpretationen des Ergebnisses führen.

Dies wirft die grundsätzliche Frage auf, ob derartige Ergebnisbeeinflussungen durch unterschiedliche Raumdiskretisierungen akzeptabel sind.

Vom Standpunkt des wissenschaftlichen Rechnens darf eine Aufteilung in Blöcke das Ergebnis der Simulation nicht verändern. Da jede numerische Simulation jedoch stets eine mehr oder weniger fehlerbehaftete Näherung darstellt, darf dies auch für eine auf numerischen Methoden basierende Aufteilung in Blöcke gelten. Der Fehler durch die Aufteilung in Blöcke darf jedoch nicht größer sein, als die dem Verfahren selbst anhaftenden Fehler. Für die Fehlerbestimmung wird mit Hilfe unterschiedlicher Normen die Verfahrensordnung des Programms bestimmt. Für Programme zur Strömungssimulation sind derzeit Verfahren zweiter Ordnung in Raum und Zeit als Stand der Technik für zahlreiche Anwendungen akzeptiert.

Seitens der FDS-Entwickler wird in der technischen Dokumentation für das Verfahren ein Verfahrensfehler zweiter Ordnung in Raum und Zeit angegeben. Dies gibt die für die Aufteilung in Blöcke zu akzeptierende Fehlerordnung vor, da sonst eine zugesicherte Eigenschaft des Programms bei der Verwendung von mehreren Blöcken nicht mehr gewährleistet wäre.

Der Vortrag erläutert anhand von einfachen Beispielen die physikalische Bedeutung der Verfahrensordnung, zeigt die Vorgehensweise zur ihrer Bestimmung und demonstriert eine derartige Analyse an einem Beispiel.

Gebietszerlegung und Gitterkopplung

Theorie und Praxis

Interessengruppe **N**umerische **R**isikoanalyse (INURI)
Projekt **I-G-N-I-S**

c/o Freie Universität Berlin
FB Mathematik & Informatik
Scientific Computing

FDS Usergroup Berlin, 5.12.2008

Gebietsdiskretisierung

Zerlegung & Kopplung



Inhaltsübersicht:

1. Problemstellung
2. Theoretische Grundlagen
3. Untersuchungsergebnisse
4. Zusammenfassung

Problemstellung

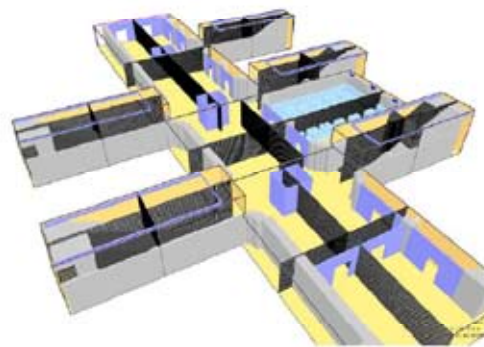
Gebietsdiskretisierung



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Gebietszerlegung

- ▶ Unterteilung des Rechengebietes (z.B. in Blöcke)
- ▶ Parallelisierung (Block → CPU)
- ▶ Bessere Gebietsanpassung



(Grafik: M.Pulker)

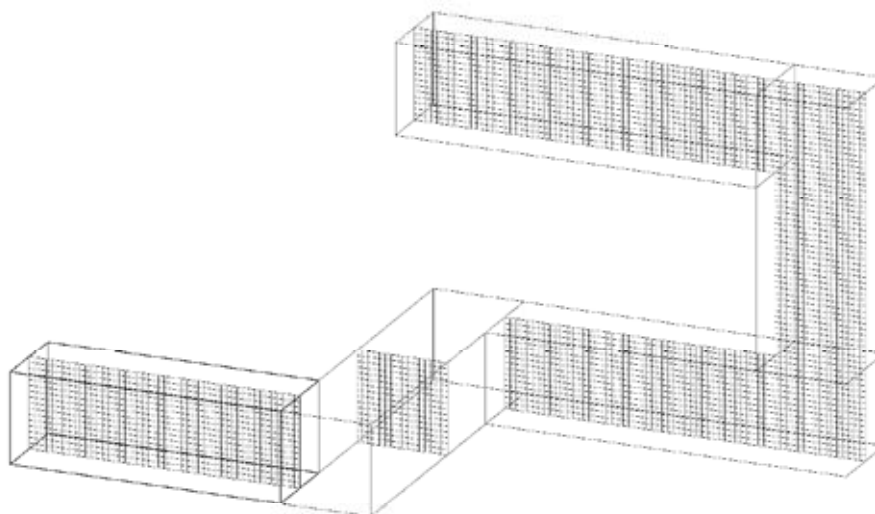
Problemstellung

Gebietsdiskretisierung



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Gebietszerlegung



Grafik: FDS Userguide 2008

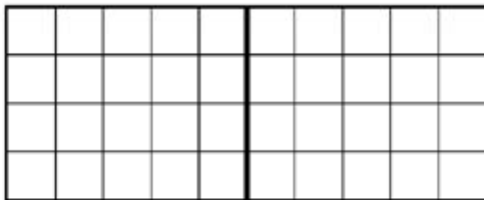
Problemstellung

Gebietsdiskretisierung

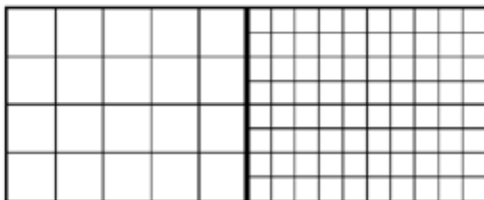


INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Kopplung der Gitter



Gleiche Gitter



Unterschiedliche Gitter

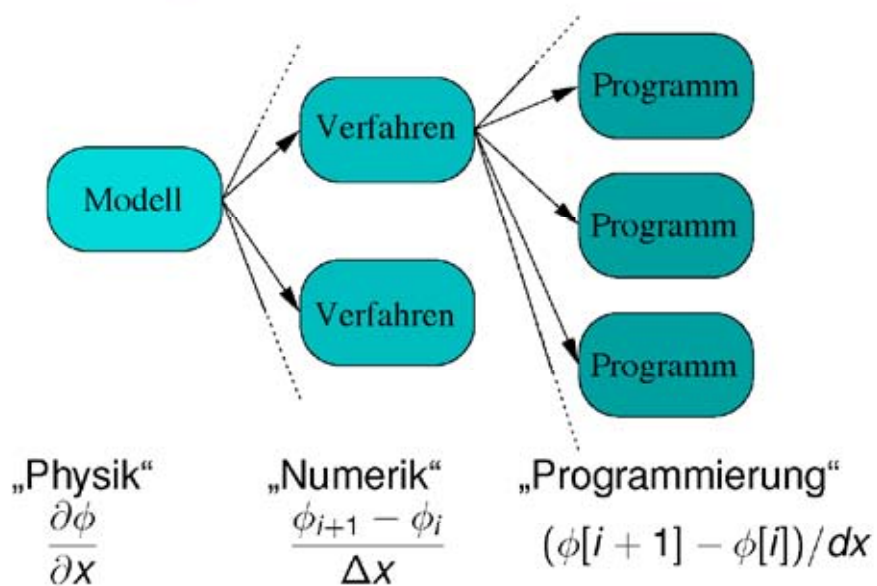
Problemstellung

Ebenen der Programmentwicklung



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Variationsmöglichkeiten:



Grundlagen Numerik



INURI
Interessengruppe
Numerische Stabilitätsanalyse

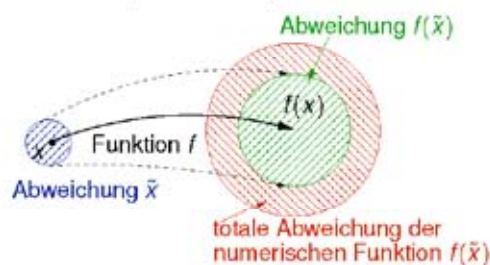
Numerische Qualitätskriterien

- Ordnung des numerischen Verfahrens

$$\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)_i \approx \frac{\Delta \phi}{\Delta x} - \underbrace{\left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}\right)_i \cdot \frac{\Delta x}{2!}}_{\text{Abbruchfehler } \mathcal{O}(\Delta x)} + \dots$$

- Konvergenz $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} - \frac{\Delta \phi}{\Delta x}\right) = 0$

- Stabilität



Grundlagen Numerik Beispiel: Ordnung



INURI
Interessengruppe
Numerische Stabilitätsanalyse

Abbruchfehler Taylorreihenentwicklung

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)_i &\approx \frac{\phi_{i+1} - \phi_i}{\Delta x} & \left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)_i &\approx 0.373920478201 \\ &- \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}\right)_i \cdot \frac{\Delta x}{2!} & &- 0.000293010103 \\ &+ \left(\frac{\partial^3 \phi}{\partial x^3}\right)_i \cdot \frac{(\Delta x)^2}{3!} & &+ 0.000000332942 \\ &+ \dots & &+ \dots \end{aligned}$$

Ordnung des Verfahrens: $p = p(\Delta x)$

Grundlagen Numerik

Begriffe: Norm und Ordnung



INURI
Interessengruppe
Numerische Mathematik

Def. Fehler: $e = x_{\text{Numerik}} - x_{\text{Exakt}}$

- ▶ L_1 – Norm (Betragssummennorm)

$$e_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i|$$

- ▶ L_2 – Norm (Euklidische Norm)

$$e_2 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (e_i)^2}$$

- ▶ L_∞ – Norm (Maximumsnorm)

$$e_\infty = \text{MAX}(|e_i|)$$

Grundlagen Numerik

Begriffe: Norm und Ordnung



INURI
Interessengruppe
Numerische Mathematik

Konvergenzordnung p

- ▶ Exakte Lösung bekannt

$$p = \frac{\ln \left(\frac{e(x_{\Delta x}, x_{\text{Exakt}})}{e(x_{\Delta x/2}, x_{\text{Exakt}})} \right)}{\ln 2}$$

- ▶ Keine Exakte Lösung bekannt

$$p = \frac{\ln \left(\frac{e(x_{\Delta x}, x_{\Delta x/2})}{e(x_{\Delta x/2}, x_{\Delta x/4})} \right)}{\ln 2}$$

Verifikation & Validierung

Beispiele



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Beispiel

Grundlagen Numerik

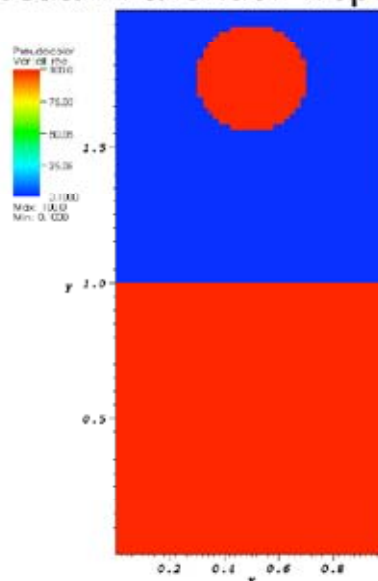
Beispiel: Ordnung



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Ordnung des numerischen Verfahrens

Testfall: Fallender Tropfen



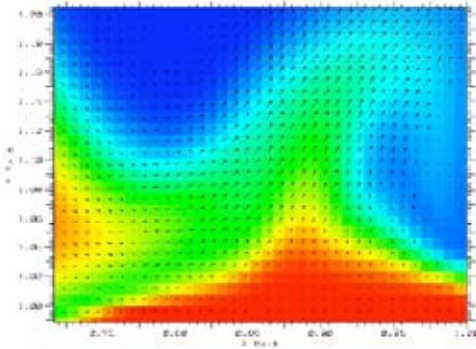
Grundlagen Numerik

Beispiel: Ordnung

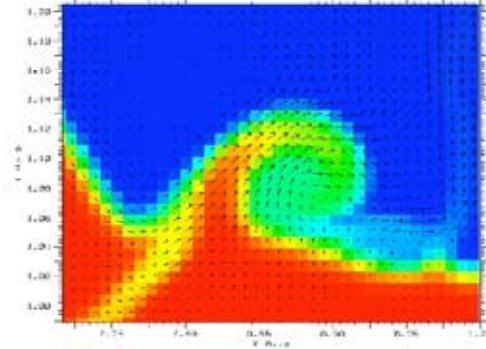


INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Ordnung des numerischen Verfahrens



1. Ordnung



2. Ordnung

$$\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)_i \approx \frac{\phi_{i+1} - \phi_i}{\Delta x} - \underbrace{\left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}\right)_i \cdot \frac{\Delta x}{2!} + \dots}_{\text{Abbruchfehler } \mathcal{O}(\Delta x)}$$

Film

Gebietsdiskretisierung

Zerlegung & Kopplung



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Situation

Fire Dynamic Simulator

Problemstellung

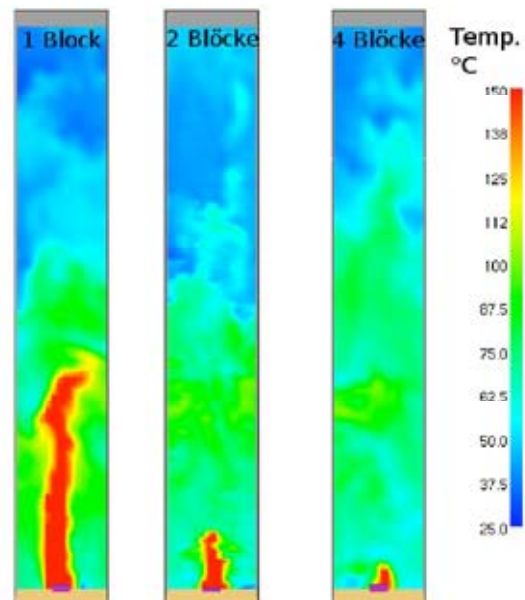
Gebietsdiskretisierung



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Gebietszerlegung

- Fire Dynamic Simulator
- Schachtgeometrie
- Wärmequelle am Boden
- Meßgröße Temperatur
- horizontale Zerlegung



Problemstellung

Gebietsdiskretisierung



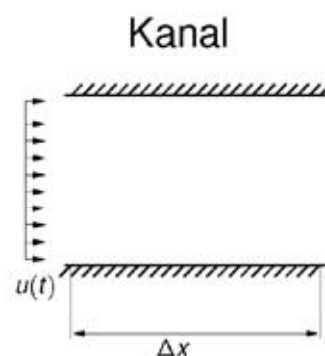
INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Test FDS-Hydrodynamik (Kanal)

- ohne Turbulenzmodell
- Links: Einströmung $u(t) = u_0 t$
- Rechts: Offener Rand
- Kontrollgröße Druckänderung $\Delta \tilde{p}$

Analytische Lösung:

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



Problemstellung

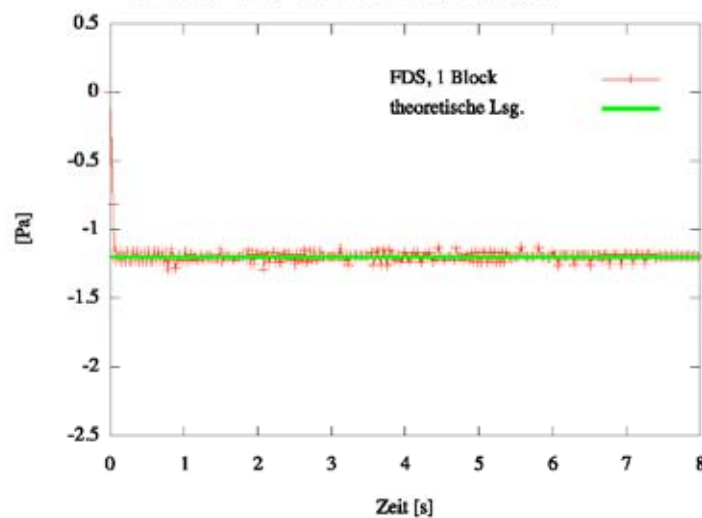
Gebietsdiskretisierung



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Test FDS-Hydrodynamik (Kanal)

FDS ver 5.1.0 rev 1162



mit $u_0 = 1 \frac{m}{s}$, $\rho = 1.188 \frac{kg}{m^3}$, $\Delta x = 1.01 m$, 100 x 144 Zellen

Problemstellung

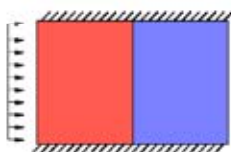
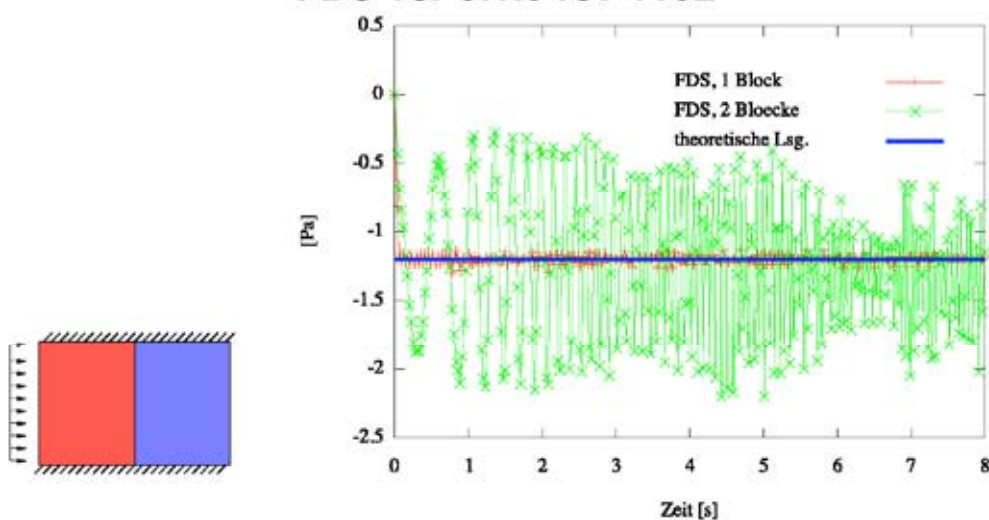
Gebietsdiskretisierung



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Test FDS-Hydrodynamik (Kanal)

FDS ver 5.1.0 rev 1162



mit $u_0 = 1 \frac{m}{s}$, $\rho = 1.188 \frac{kg}{m^3}$, $\Delta x = 1.01 m$, 100 x 144 Zellen

Problemstellung

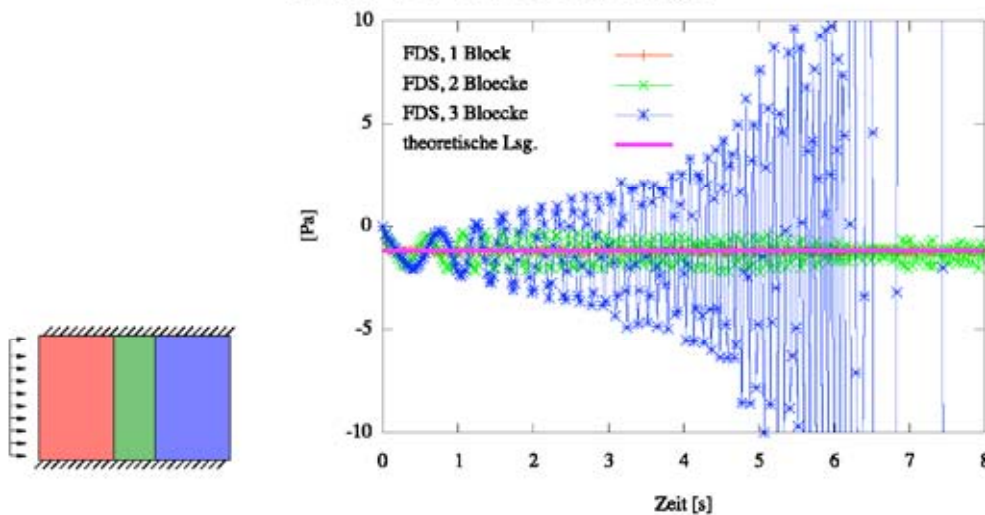
Gebietsdiskretisierung



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Test FDS-Hydrodynamik (Kanal)

FDS ver 5.1.0 rev 1162



mit $u_0 = 1 \frac{m}{s}$, $\rho = 1.188 \frac{kg}{m^3}$, $\Delta x = 1.01 m$, 100 x 144 Zellen

Problemstellung

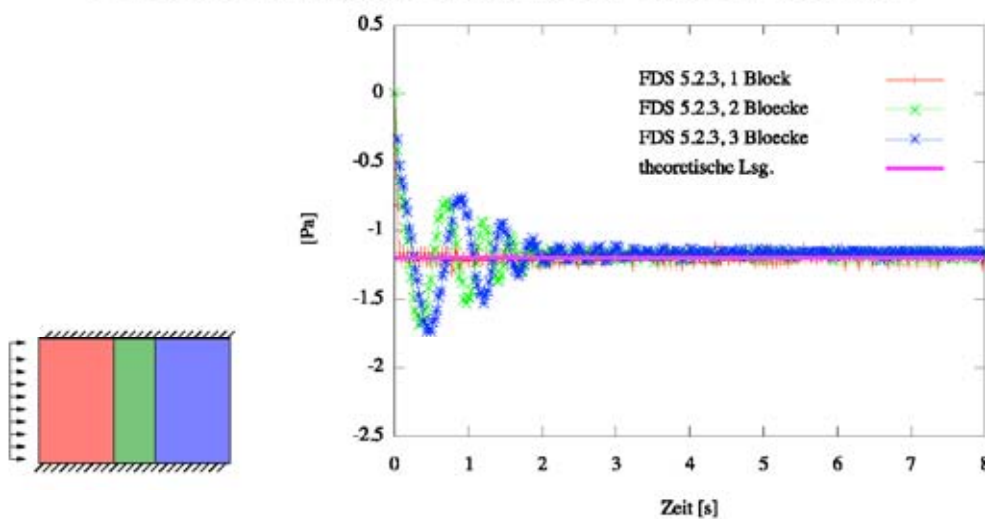
Gebietsdiskretisierung



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Test FDS-Hydrodynamik (Kanal)

FDS ver 5.2.3 rev 2638, ohne Druckkorrektur



mit $u_0 = 1 \frac{m}{s}$, $\rho = 1.188 \frac{kg}{m^3}$, $\Delta x = 1.01 m$, 100 x 144 Zellen

Problemstellung

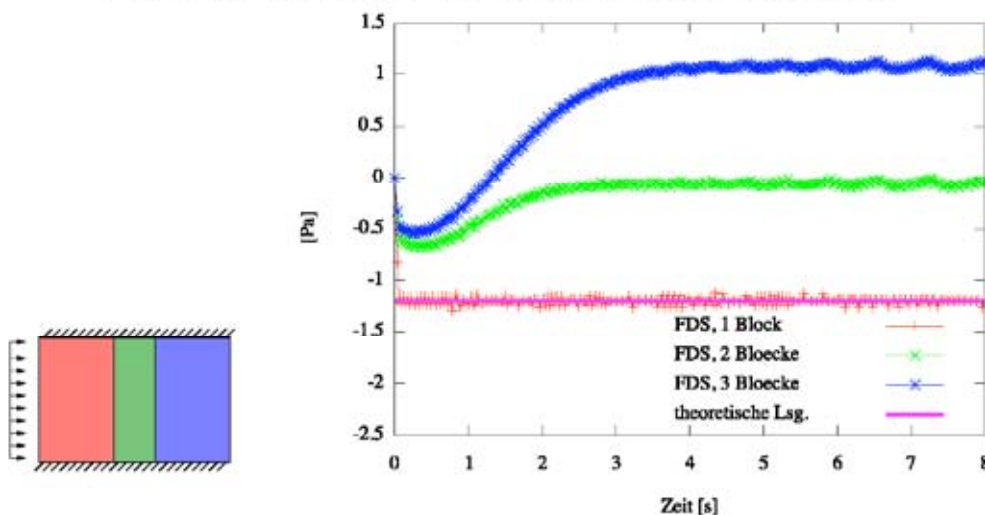
Gebietsdiskretisierung



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Test FDS-Hydrodynamik (Kanal)

FDS ver 5.2.3 rev 2638, mit Druckkorrektur



Zusammenfassung

Gebietszerlegung



INURI
Interessengruppe
Numerische Strömungsanalyse

Zustand FDS:



- + Hydrodynamiklöser auf Einzelgitter funktioniert
- + Mehrere Gitter ab Version 5.2.3 in Ausnahmen möglich
- o 2. Verfahrensordnung bisher nicht nachgewiesen
- Kommunikation Gitter-zu-Gitter fehlerhaft -> Parallelrechnung
- Gitteranzahl > 1;
Verfahren nicht 2. Ordnung



INURI
Interessengruppe
Numerische Simulationen

Herzlichen Dank

Projekt **I-G-N-I-S**
Simulationsmethoden im
Vorbeugenden Brandschutz

WWW : <http://www.inuri.de>

Email : info@inuri.de

Freitag 6. März 2009:

Theorie und Numerik
des Fire Dynamic Simulators

Andreas Vischer:**In FDS integriertes Submodell zur Berechnung der dreidimensionalen instationären Wärmeleitung in Bauteilen****Abstract:**

Der Vortrag schließt sich dem Vortrag beim ersten Usergroup-Treffen an und stellt die nun vollständige Integration des entwickelten Submodells in FDS vor.

Zunächst werden die Eigenschaften und die Entwicklung des Submodells beschrieben. Es wird gezeigt, wie die dreidimensionale detaillierte Eingabe von Einbauten, wie zum Beispiel Betonbauteile mit Bewehrung oder Verbundbauteile, anhand einer Modifizierung des Berechnungsgitters bei Einbauten realisiert wurde. Dadurch lassen sich Temperaturen detailliert an besonders kritischen Stellen des statischen Systems bestimmen.

Die Integration des Submodells und der dreidimensionalen Eingabe von Einbauten in den Source-Code von FDS wird anhand der wichtigsten dazu erforderlichen Fortran 90-Module erläutert. Der allgemeine Lösungsalgorithmus und die iterative Lösung bei nichtlinearen Koeffizienten der dreidimensionalen Wärmeleitungsgleichung werden beschrieben. Die wesentlichen Vorteile des für das Submodell optimierten und implementierten Lösungsalgorithmus liegen in der Reduzierung von sechs Berechnungsgängen der sechs Oberflächen auf nur drei Berechnungsläufe der drei Richtungen, die mögliche Wahl größerer Zeitschritte, die genauere Berücksichtigung nichtlinearer Koeffizienten sowie die Vermeidung von Fehlinterpretationen der Benutzer bei der Eingabe von Bauteilen. Abschließend werden Versuche und Vergleichsrechnungen mit einem Finite-Elemente Programm zur Validation und Verifikation des entwickelten Submodells vorgestellt.

2. Anwender-Treffen der FDS Usergroup

In FDS integriertes Submodell zur Berechnung der dreidimensionalen instationären Wärmeleitung in Bauteilen

Dipl.-Ing. Andreas Vischer
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

RWTH Aachen

Lehrstuhl für Mechanik und Baukonstruktionen

RWTHAACHEN
UNIVERSITY



RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Gliederung des Vortrages

1. Entwicklung und Eigenschaften des Submodells
2. Eingabemöglichkeiten und -methoden
3. Verwendete und erweiterte FDS Fortran 90 Module
4. Lösungsalgorithmus
5. Vergleich von Berechnungsergebnissen
6. Zusammenfassung und Fazit



1. Einführung - Vereinfachte Berechnungen von FDS

- Wärmeleitung wird nur eindimensional berechnet
- alle Seiten eines Objektes (OBSTruction) werden einzeln berechnet
- Wärmedurchgang durch Bauteile wird nicht konsistent berechnet
- Wärmeleitung zwischen aneinander grenzenden Bauteilen wird nicht berechnet
- Unklarheiten bei der korrekten Eingabe von Einbauten und der Zuordnung der Oberflächen (SURFACES)
- Temperatur in denselben „Ghost“-Zellen wird mehrfach bestimmt
- Berücksichtigung nichtlinearer Koeffizienten erfolgt z. T. unzureichend



1. Entwicklung und Eigenschaften des Submodells

- Eingabe erfolgt als ganzes 3-D Objekt
- detaillierte Eingabe z. B. von Bewehrung wird ermöglicht
- Keine Unklarheiten welche Seite wie berechnet wird
 - statt (maximal) 6 einzelnen Oberflächen bzw. Seiten wird nun der Einbau als Ganzes berechnet
- Wärmeleitung zwischen zwei Bauteilen wird berücksichtigt
- Verbesserung der Berücksichtigung nichtlinearer Parameter durch Iteration
- Wahl größerer Zeitschritte bei gleich bleibender Genauigkeit
- Reduzierung der Berechnungsdauer



2. Eingabemöglichkeiten des entwickelten Submodells

- Überprüfung des Modells durch Erweiterung der RAMP-Funktion auf die ASSUMED_GAS_TEMPERATURE möglich
- Wahl des Inkrements für die Berechnung des 3-D Objektes möglich
- zwei Eingabemethoden für das 3-D Modell:
 - Eingabe über SURF-Layer
 - Eingabe als 3-D Objekt
- Ausgabe der Temperaturen an der Oberfläche und im 3D-Objekt
 - Eingabe einer Messkette von einem Punkt aus möglich



2. Eingabemethoden des entwickelten Submodells

Eingabe über SURF-Layer:

- Vereinfachung, wenn Wand tatsächlich aus Layern besteht
- z.B. Modellierung einer doppelschaligen kerngedämmten Mauerwerkswand mit Putz
- Eingabe der Oberfläche wie gewohnt über Befehl & SURF
- nur eine SURF-Eingabe als 3-D Objekteigenschaft
- Zuordnung des Schichtenaufbaus der Seite durch Orientierungsparameter (IOR)
- weitere SURF-Eingaben für die anderen Seiten berücksichtigen z.B. Strahlung (Emissionsgrad) oder Rauigkeit (SLIP_FACTOR) der entsprechenden Oberfläche



2. Eingabemethoden des entwickelten Submodells

Eingabe als 3-D Objekt

- Modellierung von Bewehrung und Verbundträgern
- Modellierung von komplexen Konstruktionen wie z. B. Gipskartonständerwände mit Zwischendämmung etc.
- Eingabe eines 3-D Modells über die Zuordnung von Komponenten und Materialien im lokalen kartesischen Koordinatensystem
- bei Trägern mit identischen Abmessungen genügt die einmalige Eingabe des 3-D Modells
- Angabe eines Standardmaterials erleichtert die Eingabe
- weitere Oberflächen-Eigenschaften werden durch SURF-Zuordnungen (SURF_ID, SURF_IDs oder SURF_ID6) berücksichtigt

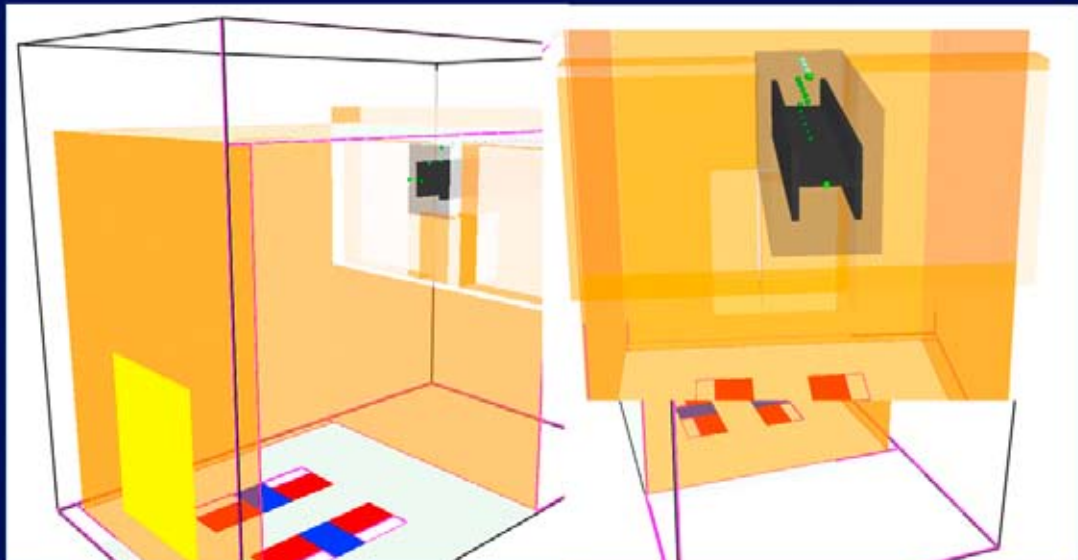


2. Eingabemethoden – Beispiel Stahlbetonrahmen



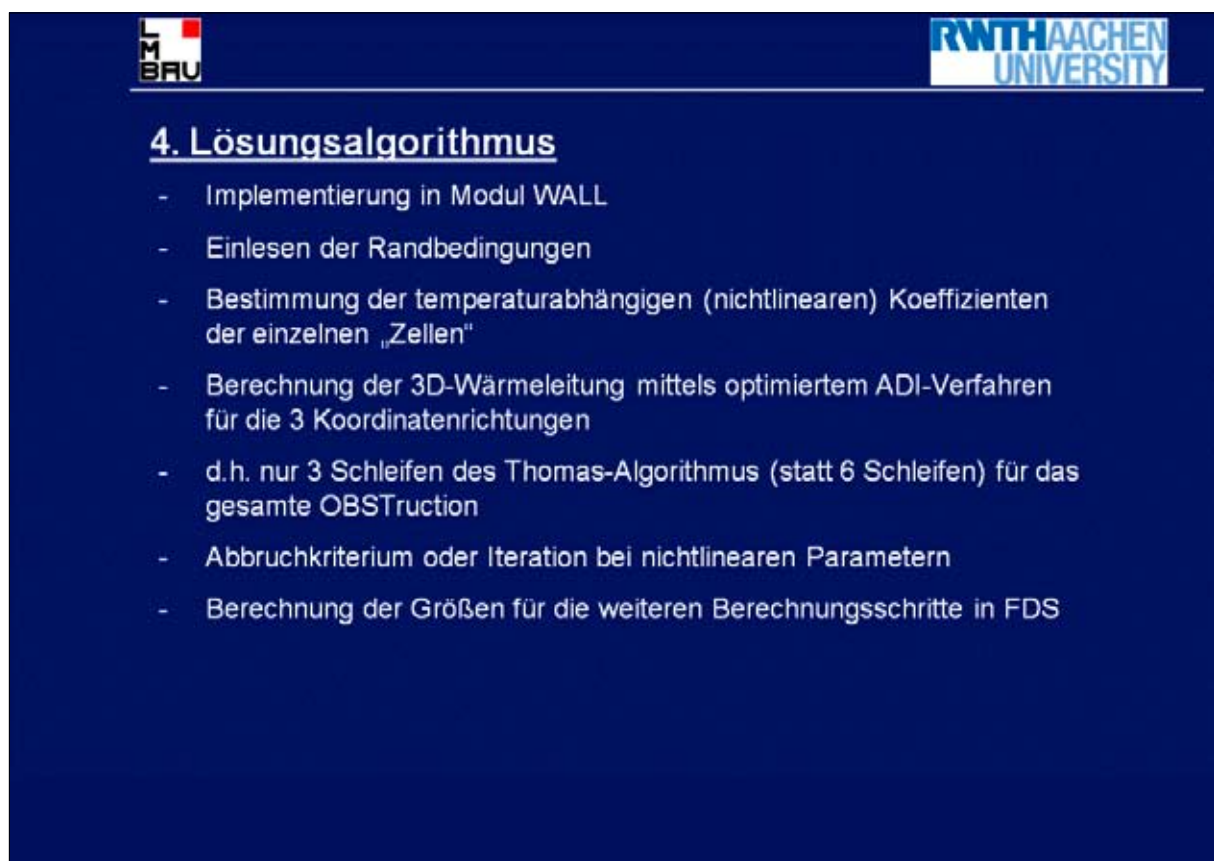
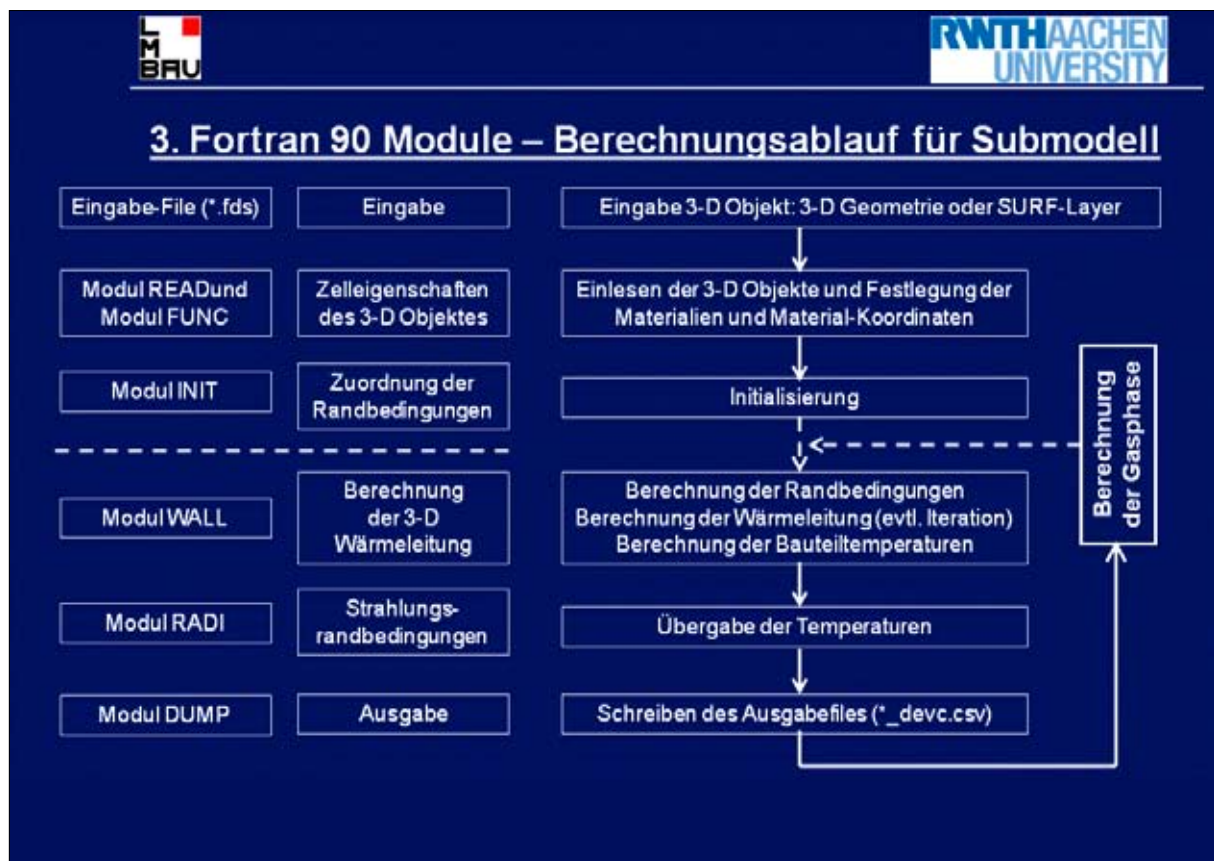


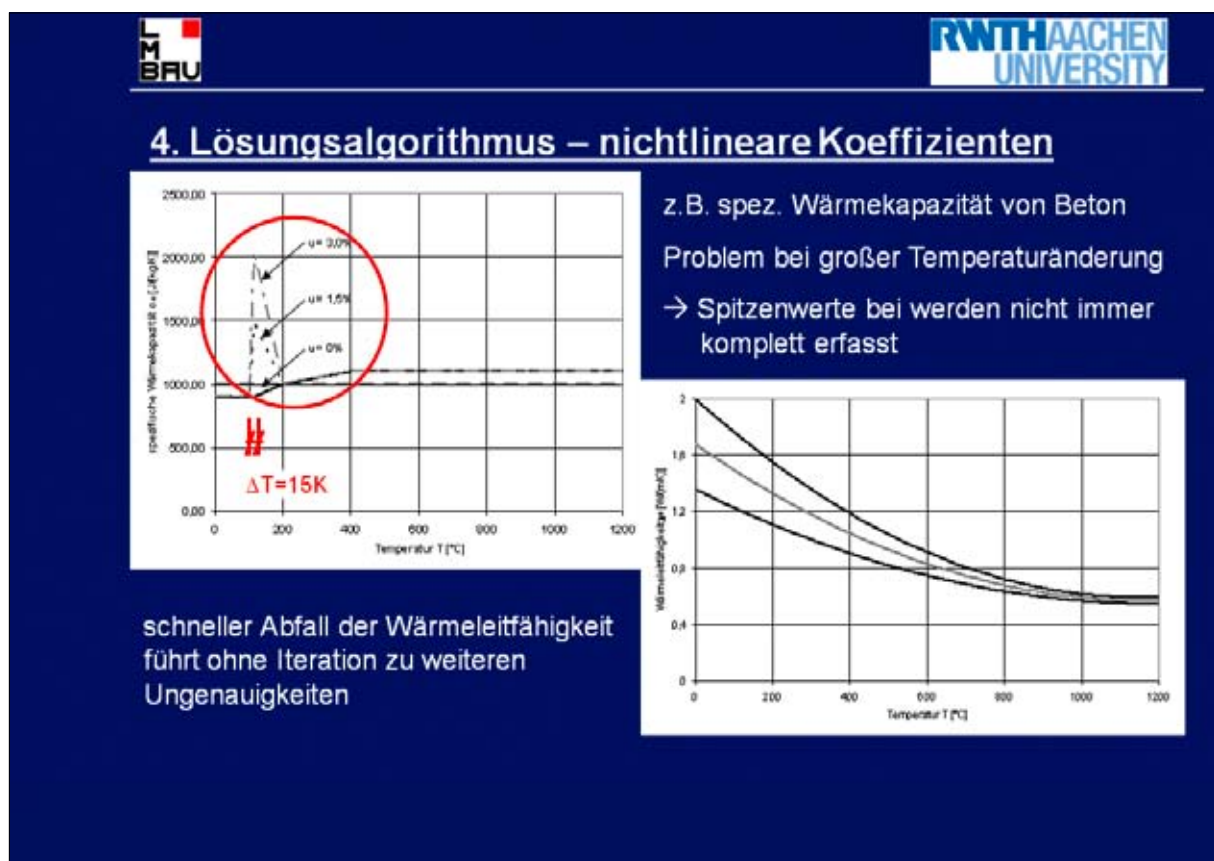
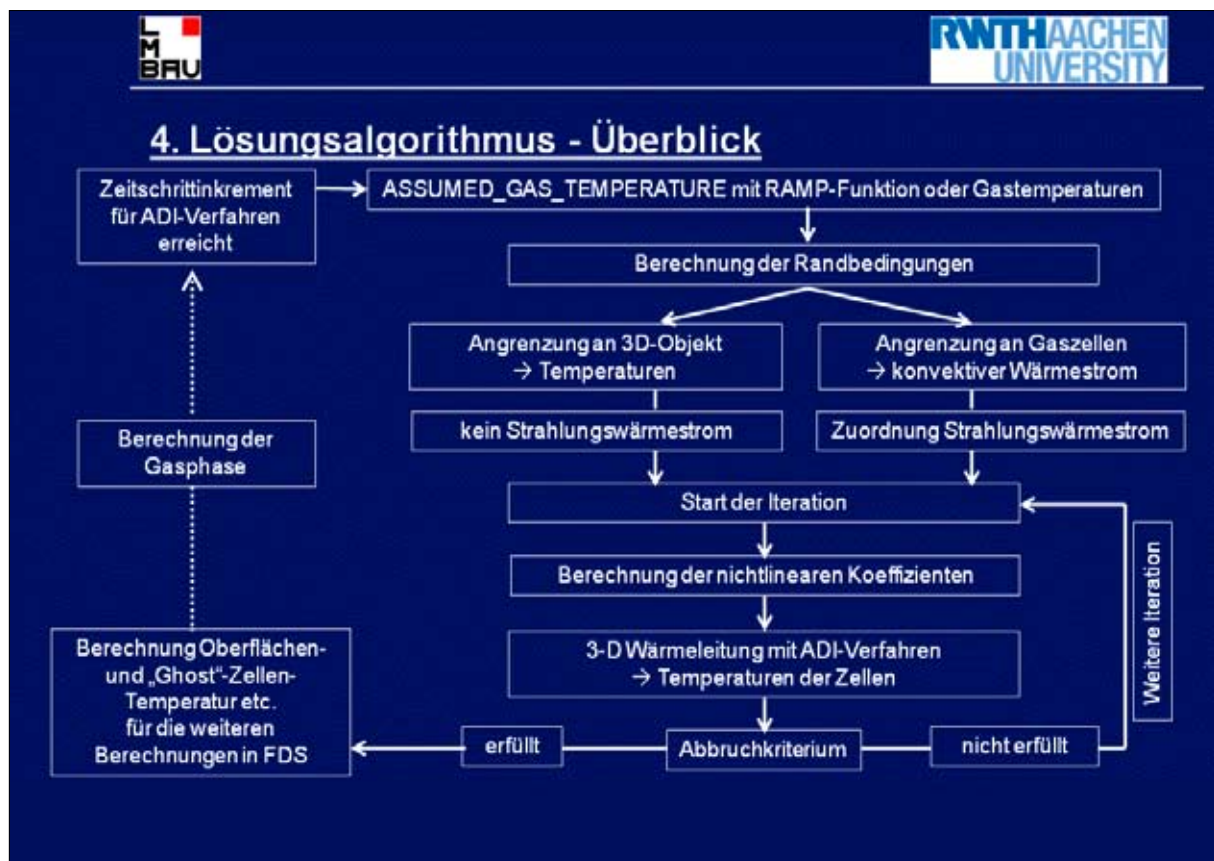
2. Eingabemethoden – Beispiel Verbundträger



3. Verwendete Fortran 90 Module (Parameter)

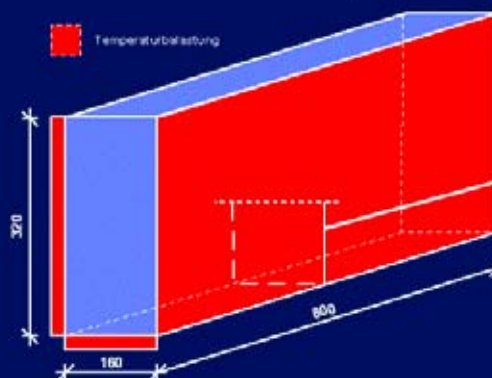
- FUNC: - zusätzliche Funktionen zur Berechnung des 3-D Modells
- DUMP: - Ausgabe des Smokeview-Files
- Ausgabe der Berechnungsergebnisse (Bauteiltemperaturen)
- RADI: - Übergabe der Temperaturen und des gemittelten Emissionsgrades der Oberflächen von 3D-OBSTRUCTIONS zur Berechnung der Strahlung
- TYPE: - zusätzliche Variablentypen für die Geometrie und Eigenschaften der 3-D Objekte
- MESH: - zusätzliche netzabhängige Parameter
- DEVC: - Parameter für die Ausgabe der Bauteiltemperaturen im 3-D Objekt (auch Messketteneingabe möglich)
- CONS: - zusätzliche Konstanten für das Submodell
- PREC: - Anzahl maximaler Messkettenpunkte



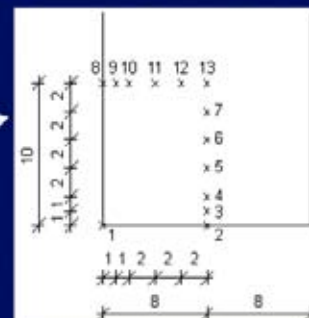


5. Vergleich von Berechnungsergebnissen

- Beispiel aus Beton-Brandschutzhandbuch
- Betonträger 160x320 mm bzw. 300x600 mm, 3-seitige Beflammung
- Variation der Temperatur (ETK und konst. Temperaturen mit lin. Anstieg)
- Variation der Koeffizienten (konstant und temperaturabhängig)

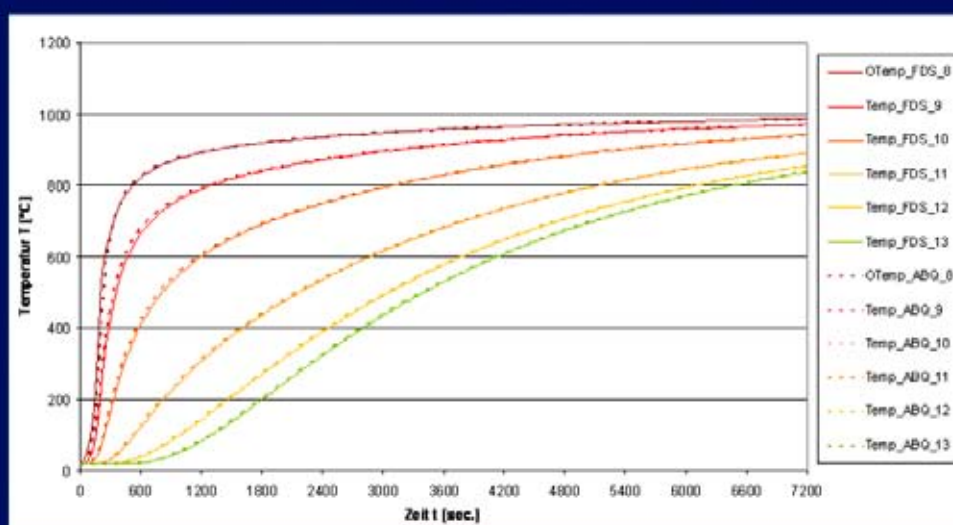


Vergleichs-Messpunkte Trägermitte



5. Vergleich von Berechnungsergebnissen

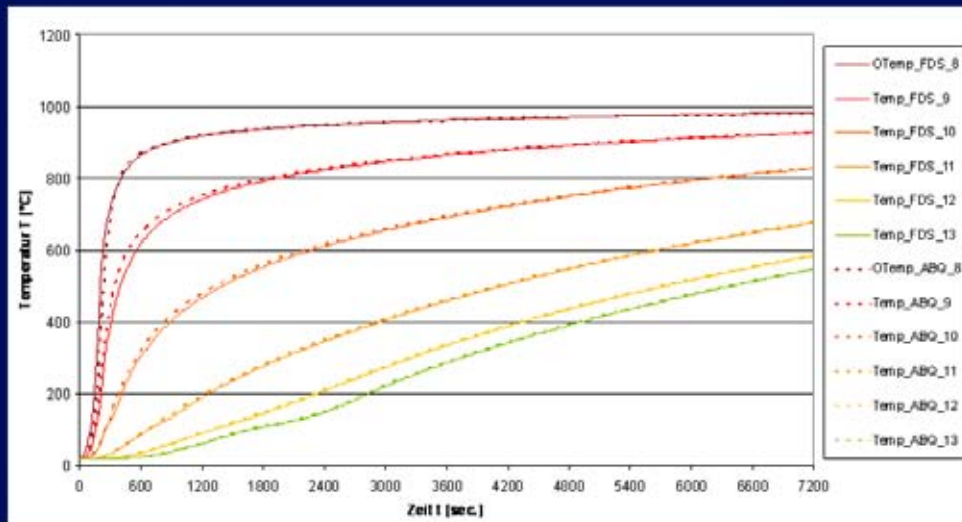
1000°C linearer Anstieg; konstante Koeffizienten





5. Vergleich von Berechnungsergebnissen

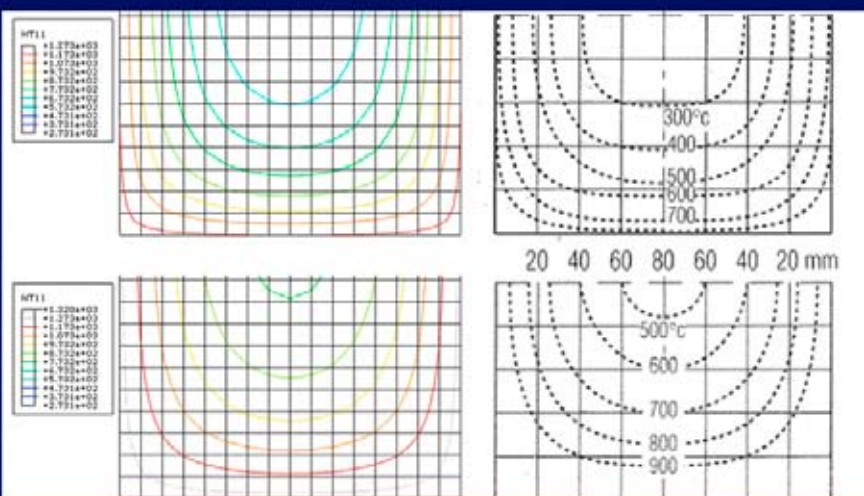
1000°C linearer Anstieg; temperaturabhängige Koeffizienten



5. Vergleich von Berechnungsergebnissen

Vergleich Isothermen ABAQUS – Beton-Brandschutzhandbuch

T=60 min.

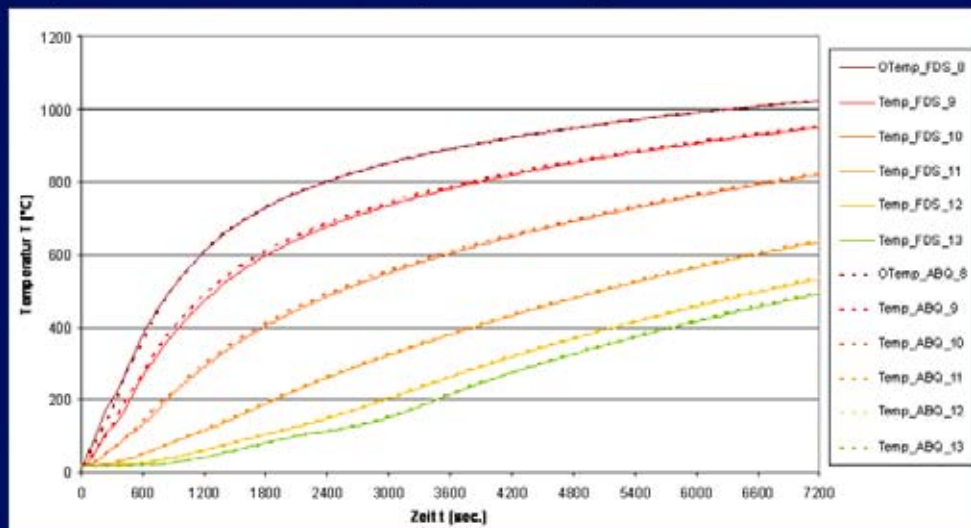


T=120 min.



5. Vergleich von Berechnungsergebnissen

Temperaturverlauf nach ETK; temperaturabhängige Koeffizienten



5. Vergleich von Berechnungsergebnissen

- Versuchsergebnisse aus Literatur sehr schwer zu bekommen
- Versuchsrandbedingungen meist unklar
- Versuchsziele waren anders definiert
- Entwicklung und Bau eines eigenen Versuchsstandes
 - Temperaturmessungen im Brandraum und im Bauteil
 - Steuerung der Brandraumtemperatur
 - Versuchsrandbedingungen konnten selbst festgelegt werden
- derzeit werden Ergebnisse aus eigenen Versuchen mit neuem 3-D Submodell nachgerechnet



6. Fazit

- Realisierung des vorgestellten 3-D Submodells
- Vollständige Integration in FDS
- Klare Struktur bei der Berechnung der 3-D Objekte
- einfache (gewohnte) Eingabemöglichkeit
- Implementierung eines hinsichtlich Schnelligkeit und Genauigkeit optimierten Lösungsalgorithmus
- Verifikation und Validation bisher erfolgreich begonnen und wird durch weitere Untersuchungen und eigene Versuche fortgeführt
- bisherige vereinfachte Möglichkeiten bleiben bestehen

→ Mit entwickeltem und integriertem Submodell lassen sich Temperaturen detailliert an besonders kritischen Stellen des statischen Systems im Brandfall bestimmen!



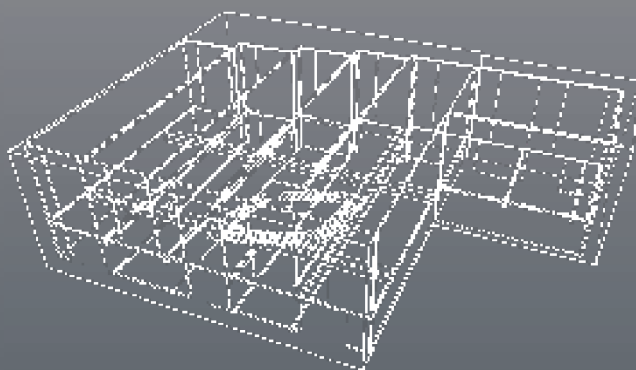
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

„Ganz offensichtlich nähert sich die deutsche FDS-Community mit sehr viel Sachverstand und Eigenkreativität dem Thema FDS an. Auf dem zweiten Treffen wurde eine Vielzahl an eindrucksvollen, vielversprechenden Konzepten präsentiert, die zu einer deutlichen Qualitätssteigerung von FDS beitragen könnten. In diesem Zusammenhang halte ich es für außerordentlich wichtig, dass die deutschen Interessen und Konzepte in gebündelter Weise an die Hauptentwickler beim NIST herangetragen werden, um ihnen auf diese Weise mehr Nachdruck zu verleihen. Diese Vermittlerfunktion betrachte ich - neben der Qualitätssicherung durch gemeinsam zu erarbeitende Anwendungsrichtlinien - als eines der wichtigsten Ziele der FDS Usergroup.

Aus meiner Sicht wird FDS mittelfristig nur durch den Übergang auf moderne Parallelrechner-Architekturen mit den ständig wachsenden Anforderungen an Rechengenauigkeit und -Geschwindigkeit Schritt halten können. Aufgrund der vorliegenden Konvergenzprobleme für Multi-Mesh-Rechnungen besteht daher insbesondere die Notwendigkeit, den in FDS benutzten FFT-Drucklöser durch einen stabileren, besser parallelisierbaren Löser zu ersetzen. Im Zusammenhang mit dem von mir entwickelten, iterativen Defektkorrekturansatzes tausche ich mich seit langem intensiv mit den Hauptentwicklern vom NIST aus, die mir großes Interesse signalisiert haben.

Es bleibt zu hoffen, dass es uns gemeinsam gelingen wird, die vorgestellten Konzepte ins Bewusstsein und - wenn möglich - auch auf die To-Do-Liste der Hauptentwickler zu rücken!“

Dr. Susanne Kilian
Initiatorin der FDS Usergroup



hhppress

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