

Sensitivität von Simulationsergebnissen am Beispiel von FDS

Kathrin Grewolls

University of Central Lancashire, UK
Ingenieurbüro für Brandschutz Grewolls, Ulm

Nürnberg, 22.02.2012

Feuertrutz - Brandschutzkongress 2012

Inhalt

1 Grundlagen

- Ingenieurmethoden im Brandschutz
- Simulationsprozeß

2 Sensitivitätsanalyse

- Allgemein
- Parameter
- Ergebnisse

3 Zusammenfassung





Ingenieurmethoden

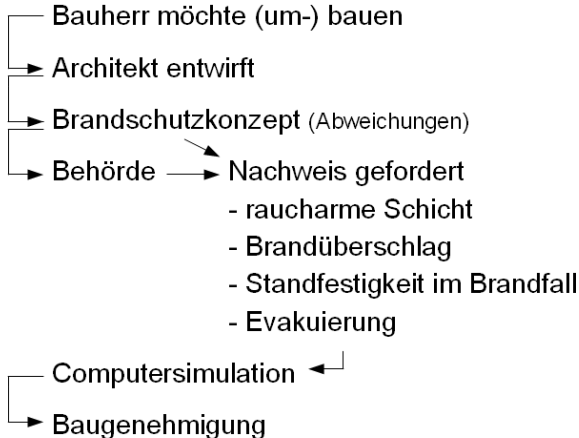
Motivation für Simulation.

- PRE: Beurteilung der sicheren Evakuierung (ASET, RSET).
- PRE: Beurteilung des vorbeugenden baulichen Brandschutzes.
- POST: Brandursachenforschung.

Software: Fire Dynamics Simulator (FDS).

- Software entwickelt vom *National Institute of Standards and Technology* (NIST, USA) und dem Technischen Forschungszentrum Finnlands (VTT).
- Numerische Methoden der Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics, CFD), angepaßt an die Anforderungen der Brandsimulation.

Simulation im Baugenehmigungsverfahren



Validierung/Verifikation

MULTIPLE PARAMETER MIXTURE FRACTION WITH TWO-STEP COMBUSTION CHEMISTRY FOR LARGE EDDY SIMULATION

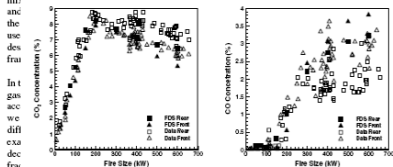
Jason E. Floyd¹ & Kevin B. McGrattan²

¹Hughes Associates, Inc. USA

²Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology, USA

INTRODUCTION

A common approach for treating combustion in practical fire models is to use the mixture fraction, a conserved scalar to which all gas species can be related. Typically, infinitely fast chemistry is assumed, in which case the technique works well for fires scenarios in which there is an adequate supply of oxygen. A somewhat more complex approach is to create flamelet libraries that map temperature and mixture fraction to species mass fractions.



experiment, and a compartment fire experiment. All three sets of experiments involve relatively clean burning fuels because the emphasis is on CO, not soot, production.

MATHMATICAL FORMULATION

The combustion model in the Fire Dynamics Simulator (FDS), version 4,^{1,2} uses only a single mixture fraction to model the combustion process.



Contents lists available at ScienceDirect

Fire Safety Journal

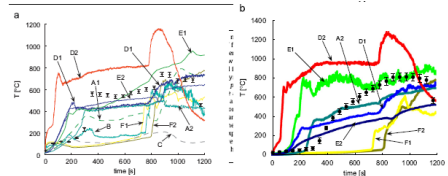
journal homepage: www.elsevier.com/locate/firesaf



Round-robin study of *a priori* modelling predictions of the Dalmarnock Fire Test One

Guillermo Rein^{a,*}, José L. Torero^a, Wolfram Jahn^a, Jamie Stern-Goswami^a, Sylvain Desanghere^{a,1}, Mariano Lázaro^a, Frederick Mowrer¹, André Daniel Alvear^a, Jorge A. Capote^a, Allan Jowsey^{a,2}, Cecilia Abecassi^a

^aARC Centre for Fire Safety Engineering, University of Edinburgh, Scotland, UK
¹Amp, London, UK
²Flacker Engineering Inc., Chicago, USA
³CTDM, Paris, France
⁴CEM, Universidad de Cantabria, Santander, Spain
⁵Department of Fire Protection Engineering, University of Maryland, USA
⁶Amp, San Francisco, USA
⁷Egis, Paris, France



1. Introduction

The behaviour, and design of fire safety. Modelling is being used to study fire dynamics in enclosures and to simulate flames, plumes,



Von der Wirklichkeit zum Modell

Modellerstellung.

- Geometrie
- Randbedingungen
- Brandszenarium

Simulationsprozeß.

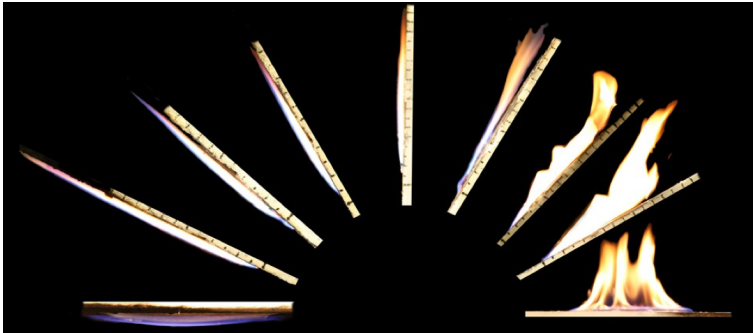
- Physikalisch-chemische Modelle
- Mathematische Modelle
- Numerische Modelle (Diskretisierungsfehler)
- Programmierung (2 Fehler pro 1000 Programmierzeilen)





Ziele einer Sensitivitätsanalyse.

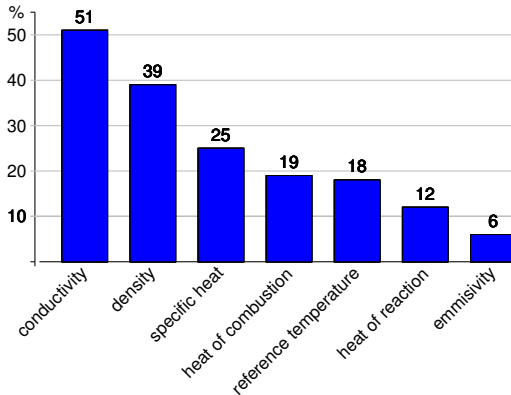
- Identifikation wichtiger Eingangsparameter
- Robustheitsbewertung
- Optimierungspotential





Streuung von Eingabeparametern

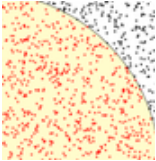
Streuung von Materialparametern für verschiedene Holzarten
(FDS-Pyrolysemodell)



Statistische Methoden.

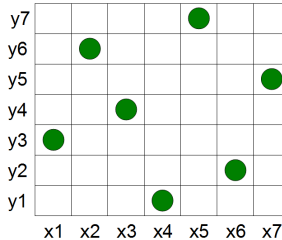
Monte Carlo.

- voneinander unabhängige Werte
- sehr viele Simulationen nötig

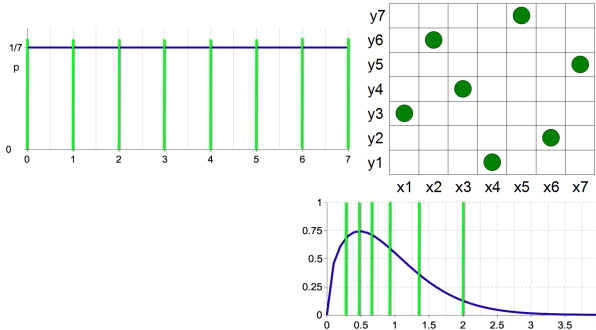


Latin Hypercube.

- Intervalle gleicher Wahrscheinlichkeit
- Zufällige Werte innerhalb der Intervalle
- Wenige Simulationen notwendig



Anwendungsbeispiel.



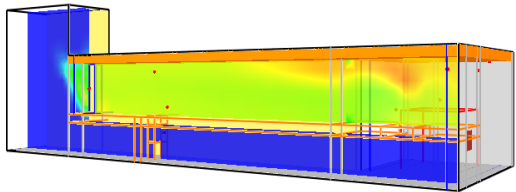
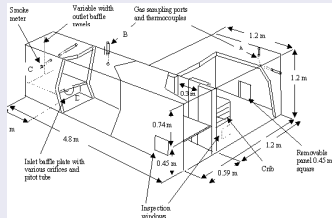
- Intervalle gleicher Wahrscheinlichkeit
- Zufällige Werte innerhalb der Intervalle



Sensitivitätsanalyse

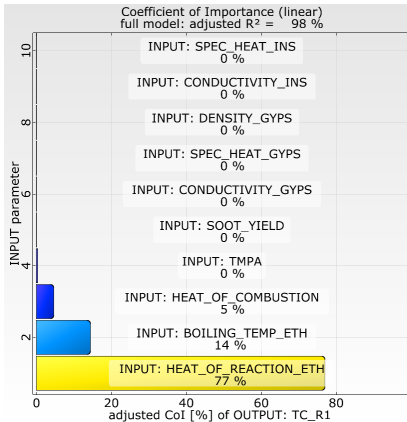
- Untersuchung der Sensitivität von Simulationsergebnissen gegenüber Streuungen der Eingabeparameter
- Verschiedene Studien mit 100 bis 200 Stichproben (optiSLang)
- Sampling-Methode: Advanced Latin Hypercube Sampling

University of Central Lancashire: Versuchsaufbau

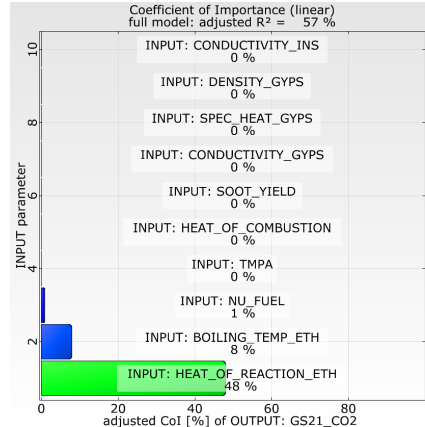


Half scale room and corridor nach ISO 9705.

Coefficient of Importance (COI)

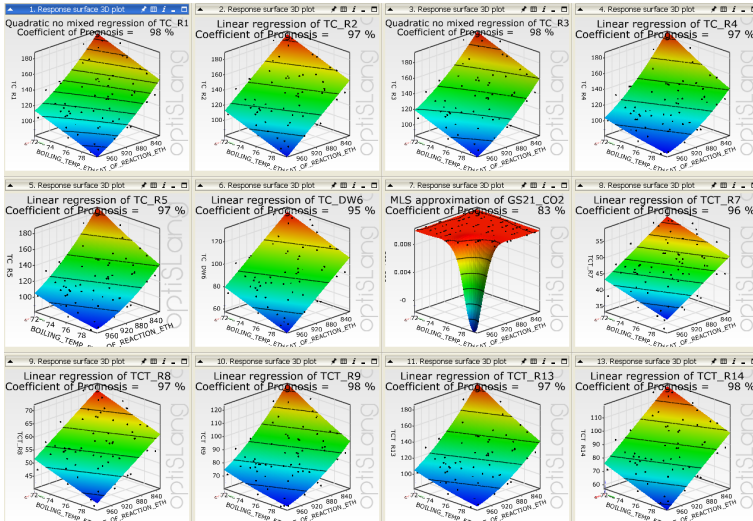


COI für die Gastemperatur an der Decke des Brandraums



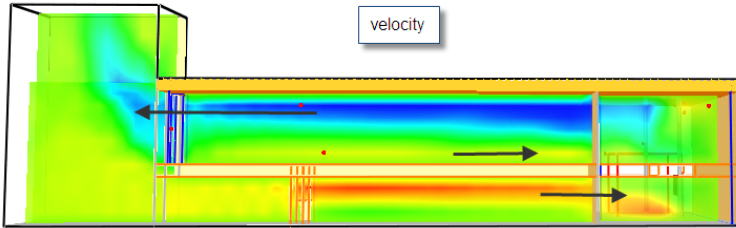
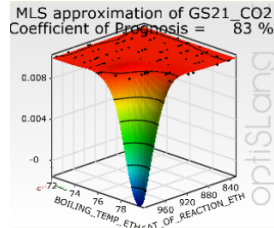
COI für die CO_2 - Konzentration nahe der Öffnung

Response Surfaces - Metamodel of Optimal Prognosis



Beispiel

Coefficient of Prognosis (COP)
für CO_2 , abhängig von der
Siedetemperatur und
Reaktionsenthalpie (heat of reaction)
des Brennstoffs

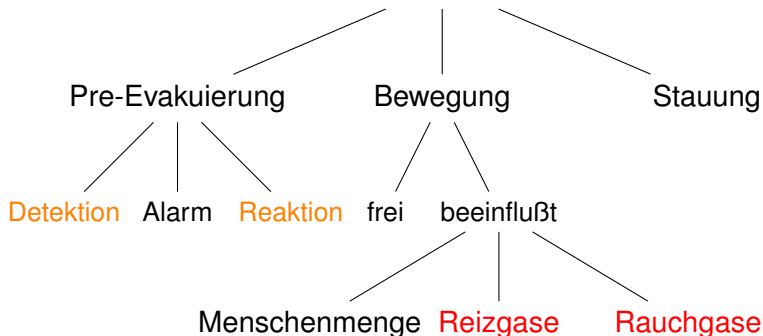




Ziel der Forschungen in UCLan

Forschung an der Universität von Central Lancashire: Brandverhalten, Rauchgastoxizität und Flammschutzmittel

Sichere Evakuierung



Zusammenfassung

- Werte von Eingabeparametern für Brandsimulationen sind oft nur näherungsweise bekannt und unterliegen Toleranzen
- Es ist in der Regel unbekannt, welche Auswirkungen die Streuung der verschiedenen Eingabeparameter auf das Ergebnis besitzt: Kann die Toleranz vernachlässigt werden? Lohnen sich teure zusätzliche Messungen? Ist die Toleranz entscheidend für den Nachweis?
- Sensitivitätsanalysen, welche den gesamten Streubereich aller Eingabeparameter abdecken, sind ein effektives Werkzeug, um solche Zusammenhänge zu erforschen und die richtigen Schlüsse zu ziehen.



Zusammenfassung

- Stochastische Methoden sind geeignet, um die Zuverlässigkeit von Brandsimulationen zu bewerten und zu verbessern.
- Signifikante Sensitivitäten nur für sehr wenige Eingabeparameter des Brennstoffs: *heat of combustion*, *heat of reaction*, *boiling temperature*.
- Die meisten Ein- und Ausgabeparameter sind nahezu linear zueinander korreliert. Kohlendioxid: stark nichtlineare Abhängigkeit von der Streuung der Brennstoffeigenschaften.
- Weitere Studien betreffen unterschiedliche Ventilationsbedingungen, um Abhängigkeiten der toxischen Gaskonzentrationen von Eingabeparametern zu untersuchen. Die Ergebnisse können dazu beitragen, die Modellierung der Verbrennung zu verbessern.





©Nick D. Kim (IAFSS Newsletter 2011)