

# Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen

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



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

Ing. Michael Pulker, MSc

# Über mich

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

# Inhaltsübersicht

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

# Einleitung

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

# Methodik der Arbeit

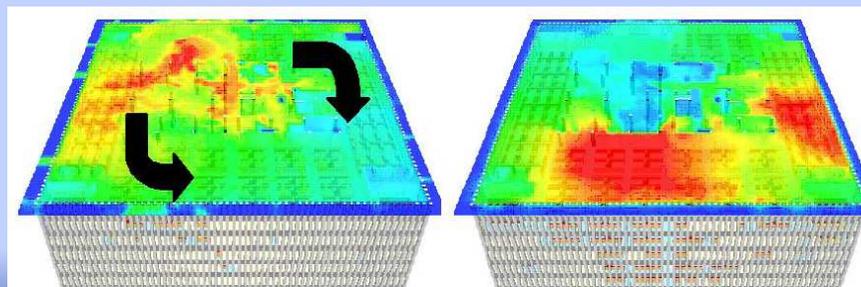
- Betrachtung unterschiedlicher Arten von Brandsimulationsmodellen
- Auswahl eines geeigneten Brandsimulationsmodells
- Recherche über die bisherige Anwendung von FDS zur Rekonstruktion von Brandereignissen
- Durchführung und Auswertung eines Brandversuches
- Rekonstruktion des Brandversuches mittels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

# Inhaltsübersicht

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

# Rekonstruktion von Brandereignissen mittels FDS

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



WTC 1, Floor 97

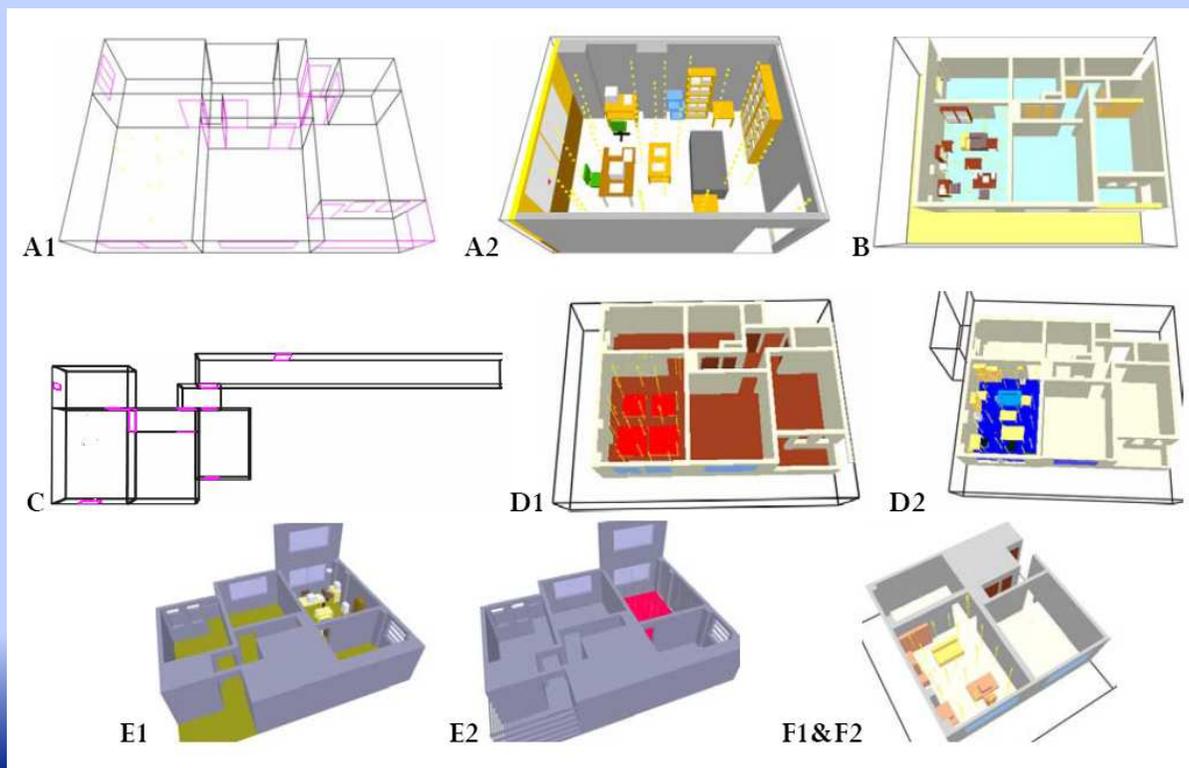
# Rekonstruktion von Brandereignissen mittels FDS

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



# Rekonstruktion von Brandereignissen mittels FDS

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



# Inhaltsübersicht

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

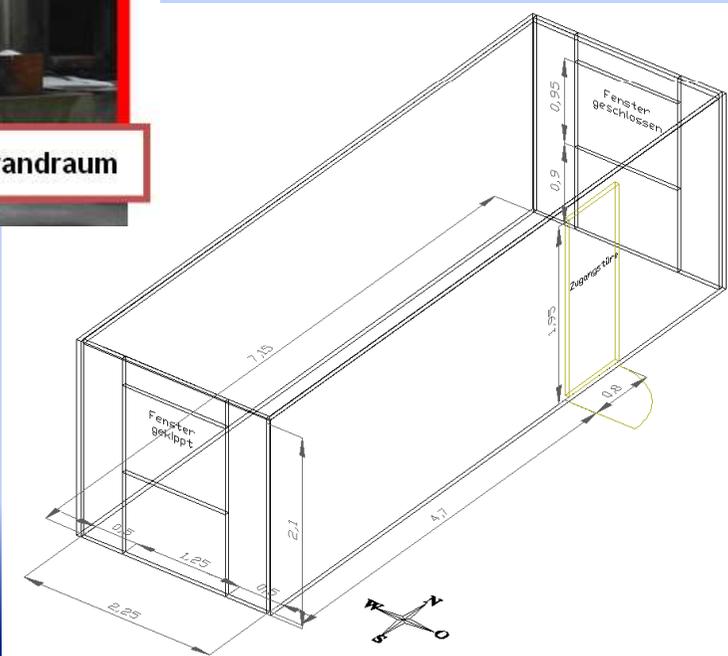
# Der Brandversuch - Kriterien

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

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

# Der Brandversuch - Versuchsraum

- Rauchdurchzündungsanlage (RDA) der FW St. Pölten



# Der Brandversuch - Raumausstattung



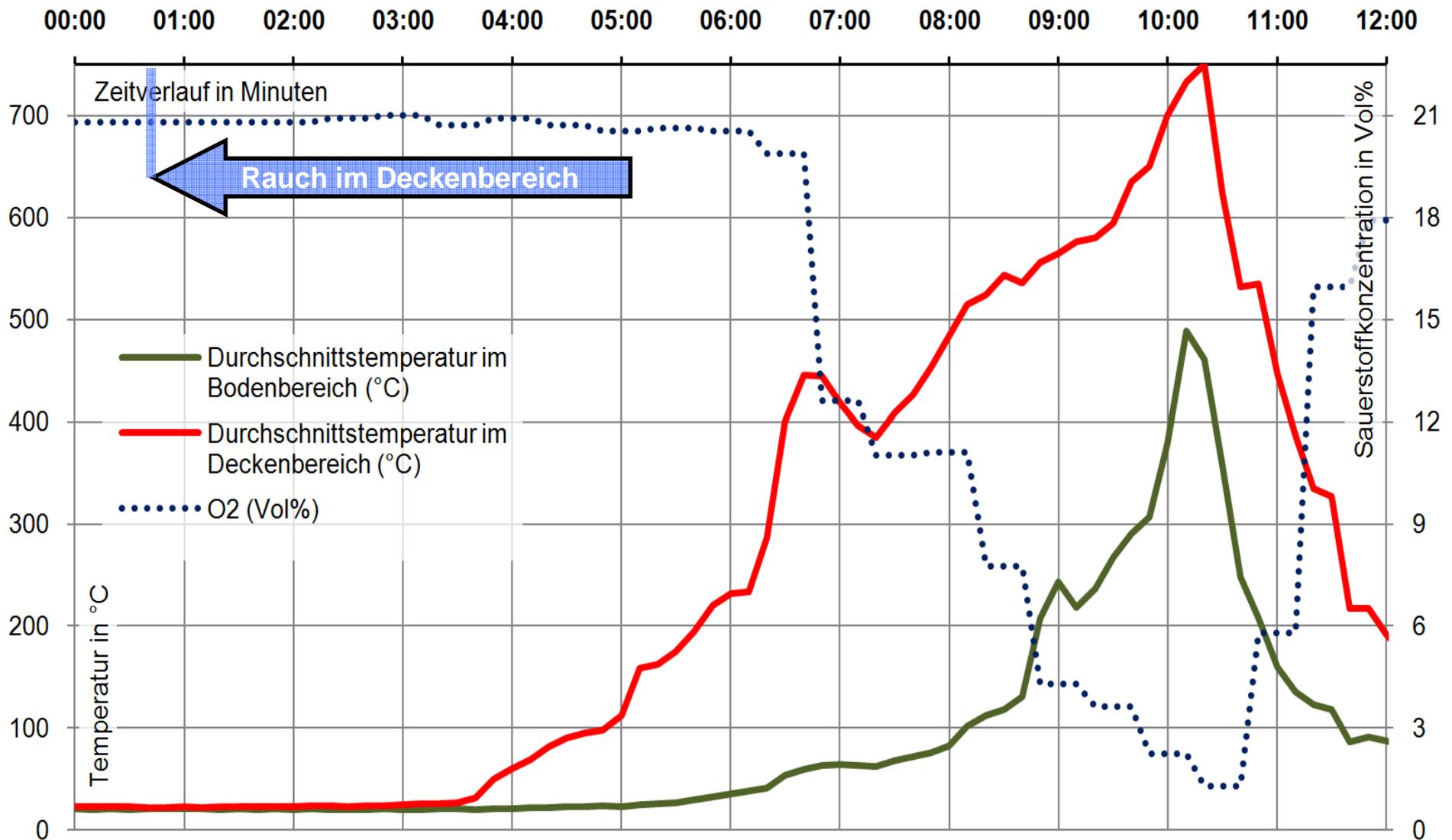
# Der Brandversuch - Raumausstattung



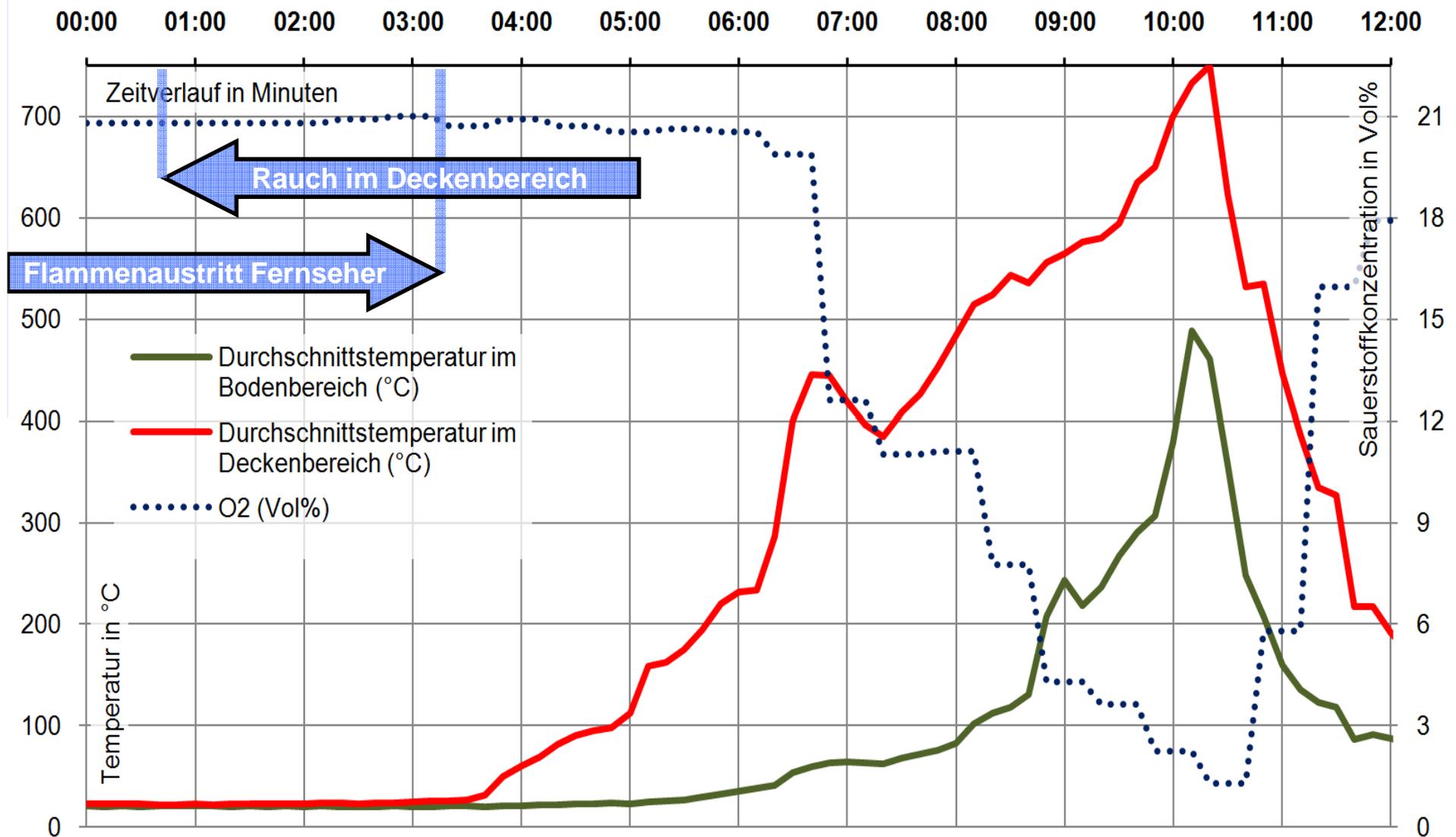
# Der Brandversuch – Messtechnik, Dokumentation

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

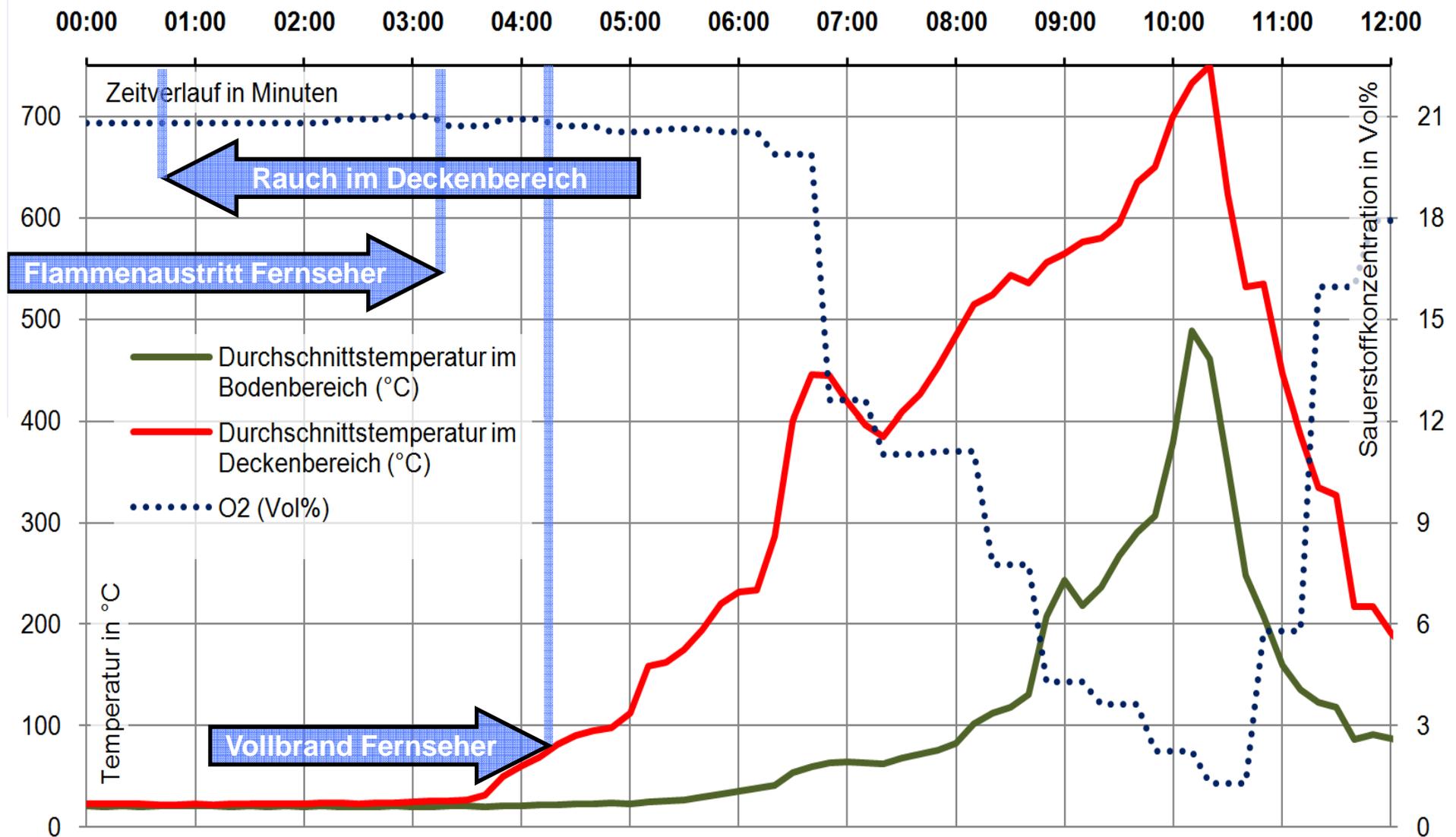
# Der Brandversuch - Auswertung



# Der Brandversuch - Auswertung



# Der Brandversuch - Auswertung



Mobile Kamera 1



Mobile Kamera 2



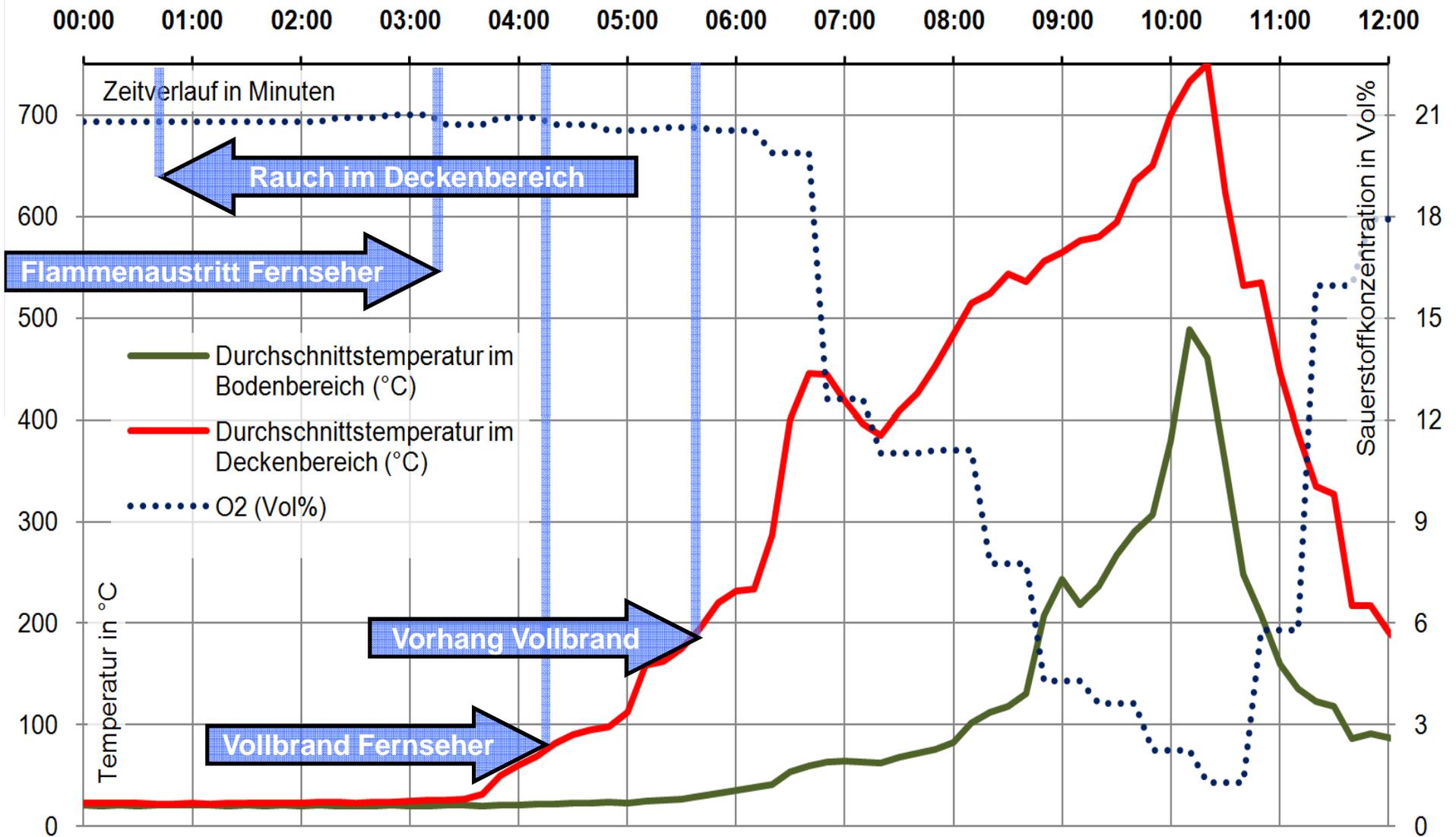
Wärmebildkamera 1



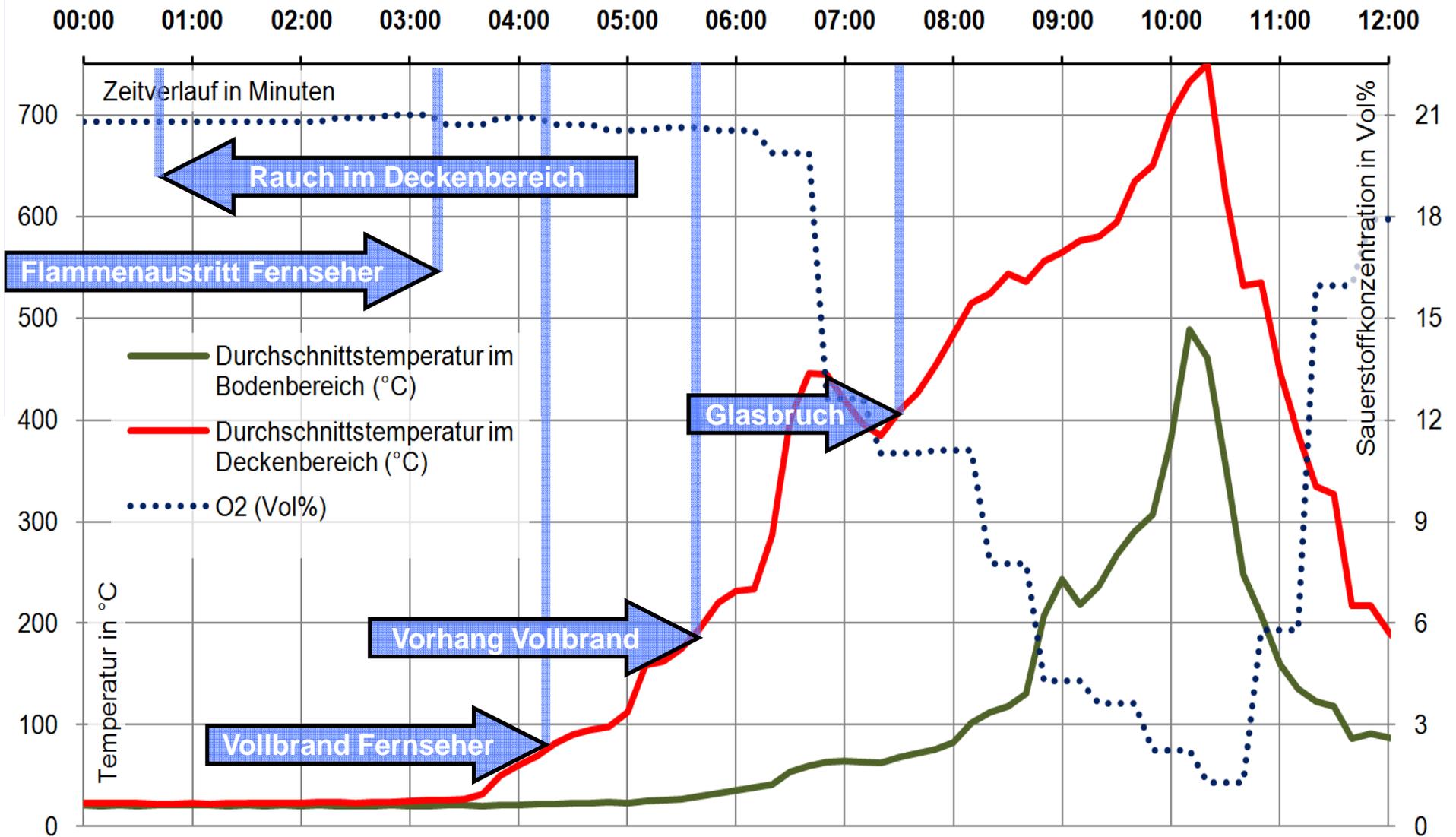
Opferkamera



# Der Brandversuch - Auswertung



# Der Brandversuch - Auswertung



Mobile Kamera 1



Mobile Kamera 2

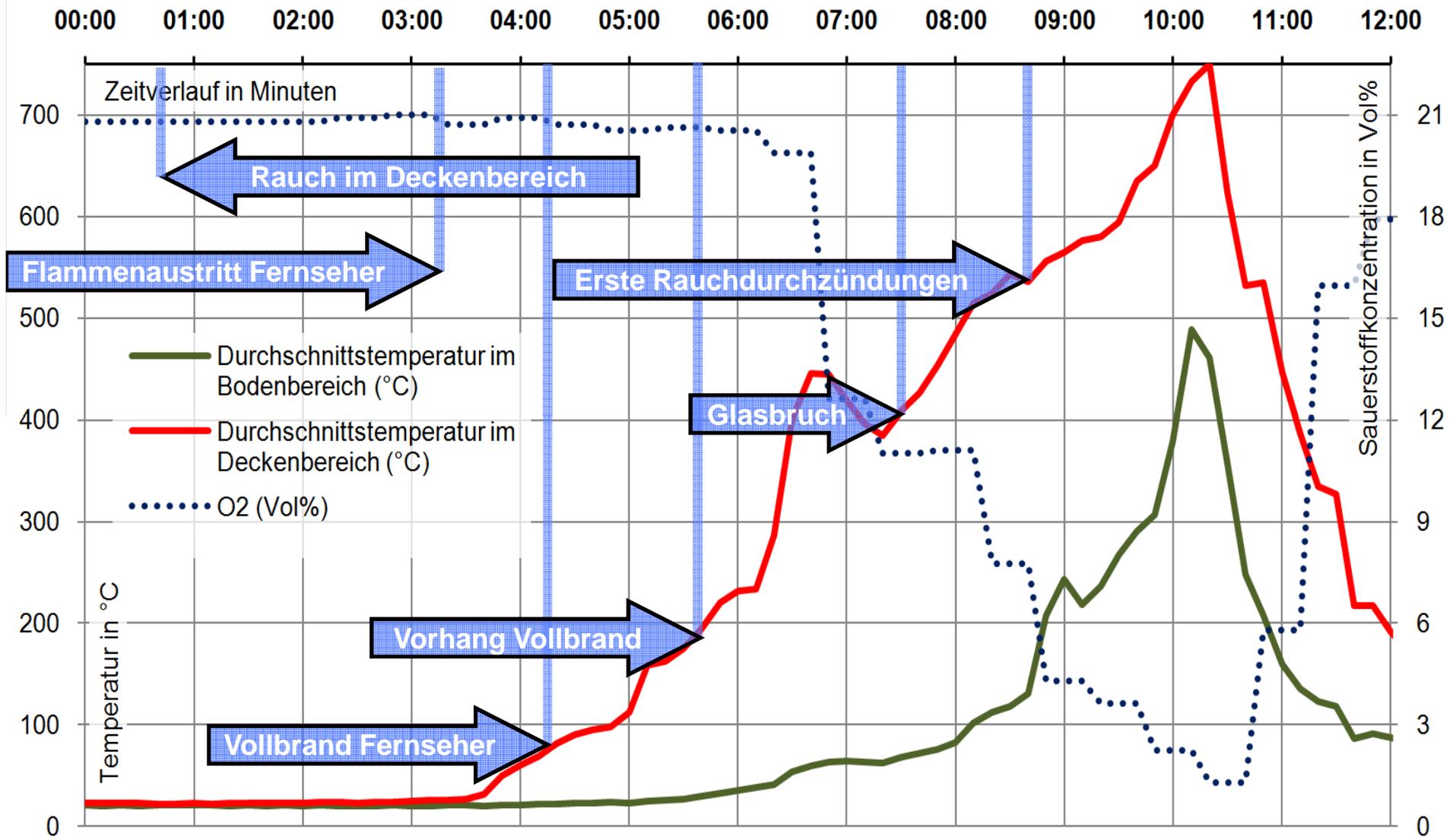
Wärmebildkamera 1



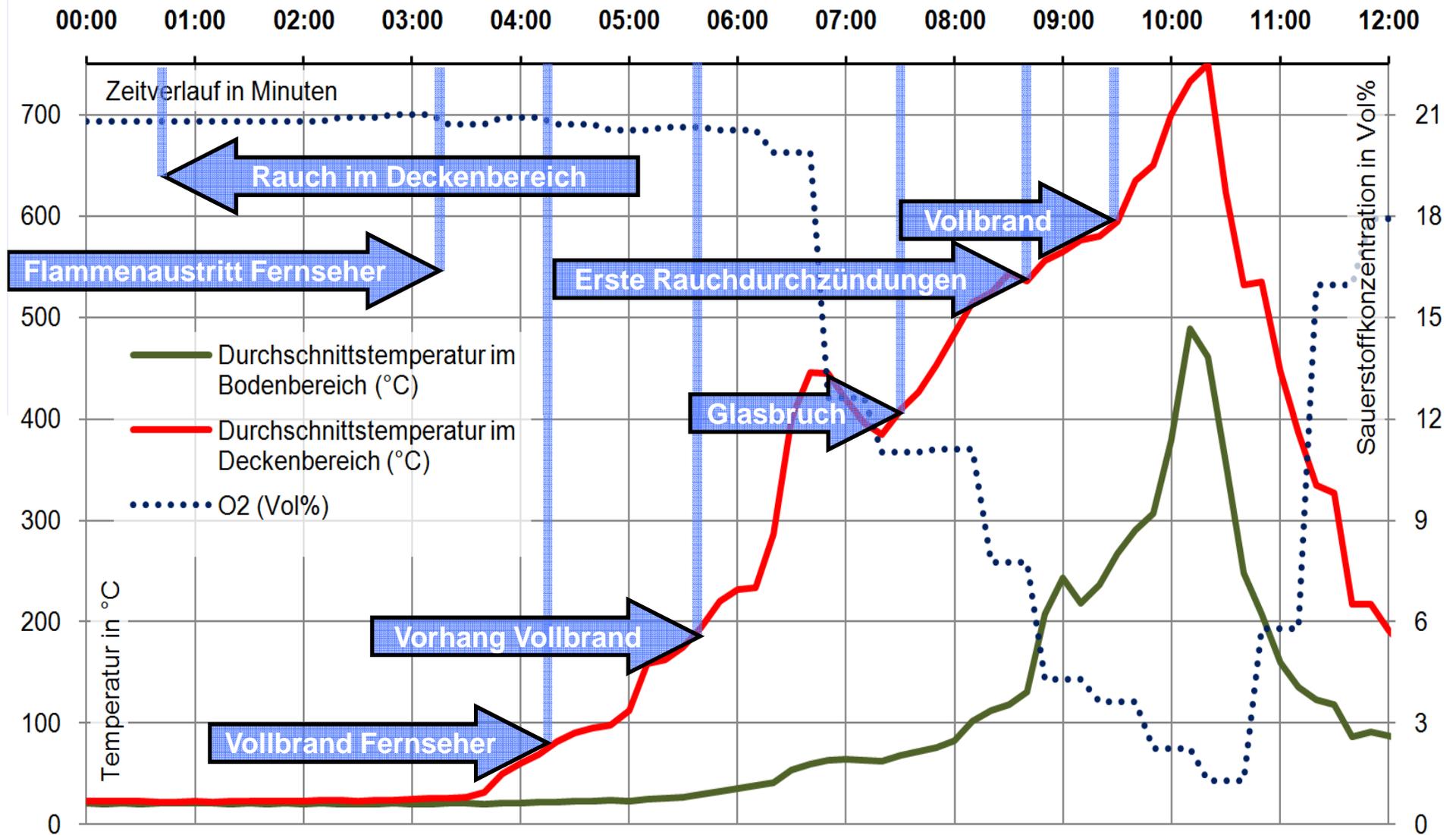
Opferkamera



# Der Brandversuch - Auswertung



# Der Brandversuch - Auswertung



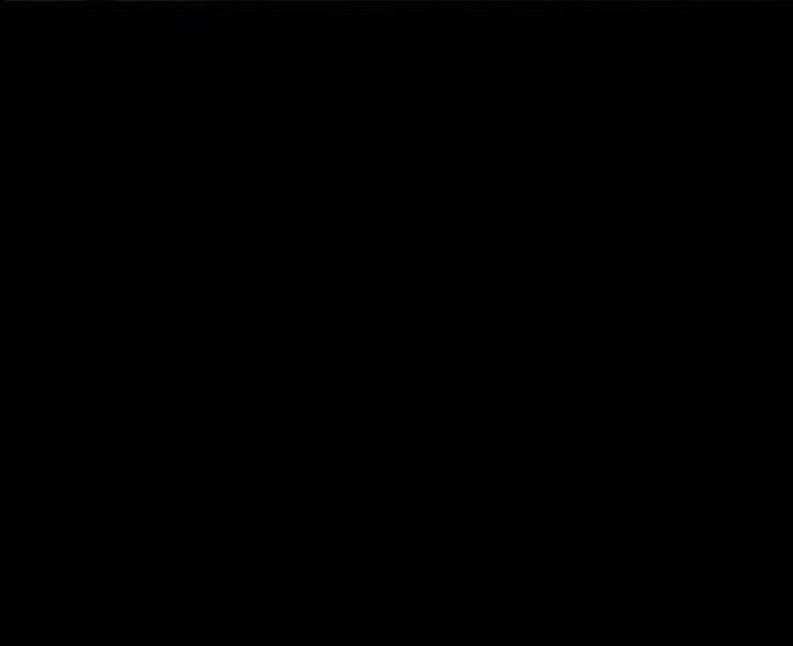
Mobile Kamera 1



Mobile Kamera 2



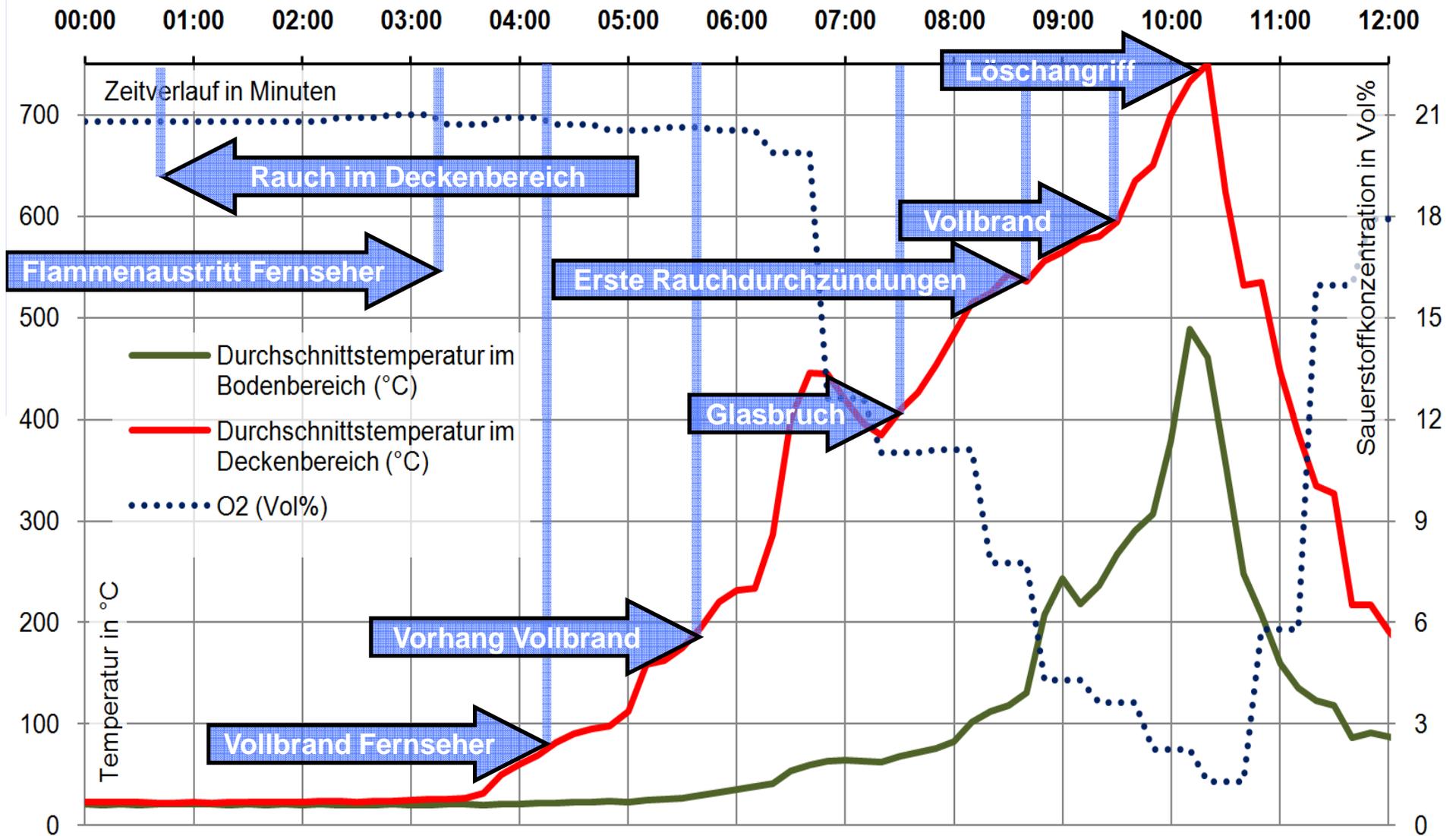
Wärmebildkamera 1



Opferkamera



# Der Brandversuch - Auswertung



# Der Brandversuch - Spurenbild

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

# Der Brandversuch - Spurenbild



# Der Brandversuch - Spurenbild



# Der Brandversuch - Spurenbild



# Der Brandversuch - Spurenbild



# Der Brandversuch - Spurenbild



# Inhaltsübersicht

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

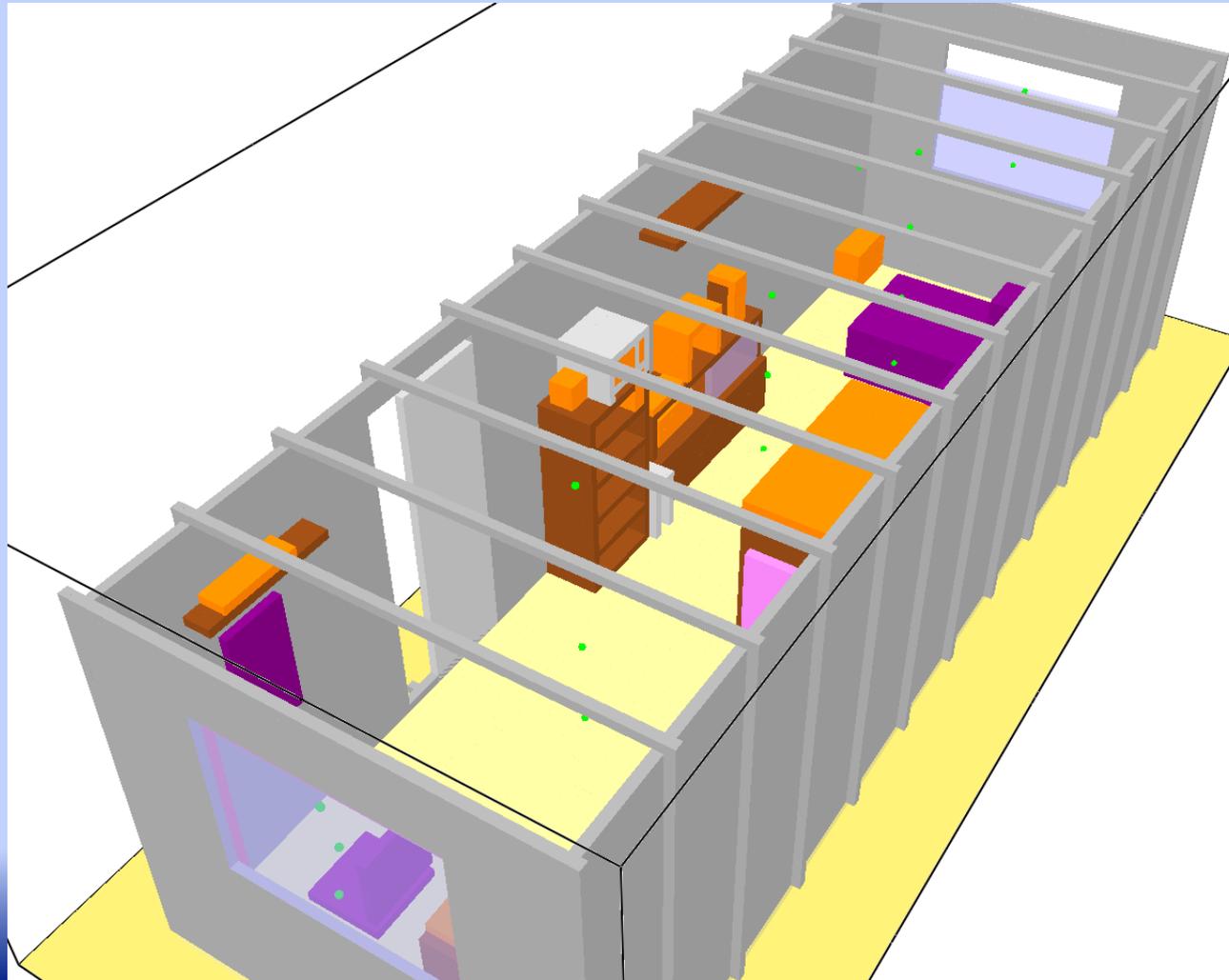
# Simulation des Brandversuches

## Eingangsparameter

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

# Simulation des Brandversuches

## Bauliche Gegebenheiten



# Simulation des Brandversuches

## Ventilationsbedingungen

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

# Simulation des Brandversuches

## Brandlasten

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

# Simulation des Brandversuches

## Blickrichtung Norden



# Simulation des Brandversuches

## Blickrichtung Süden



# Simulation des Brandversuches

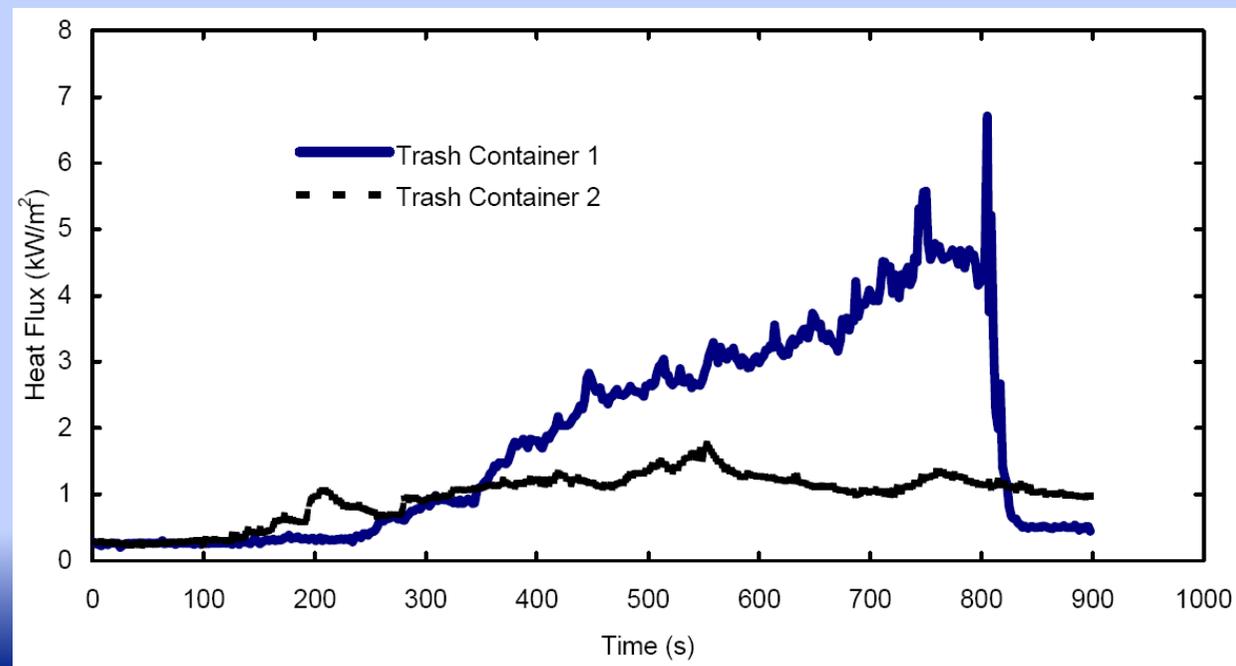
## Blickrichtung Südosten



# Simulation des Brandversuches

## Initialbrand

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



# Simulation des Brandversuches

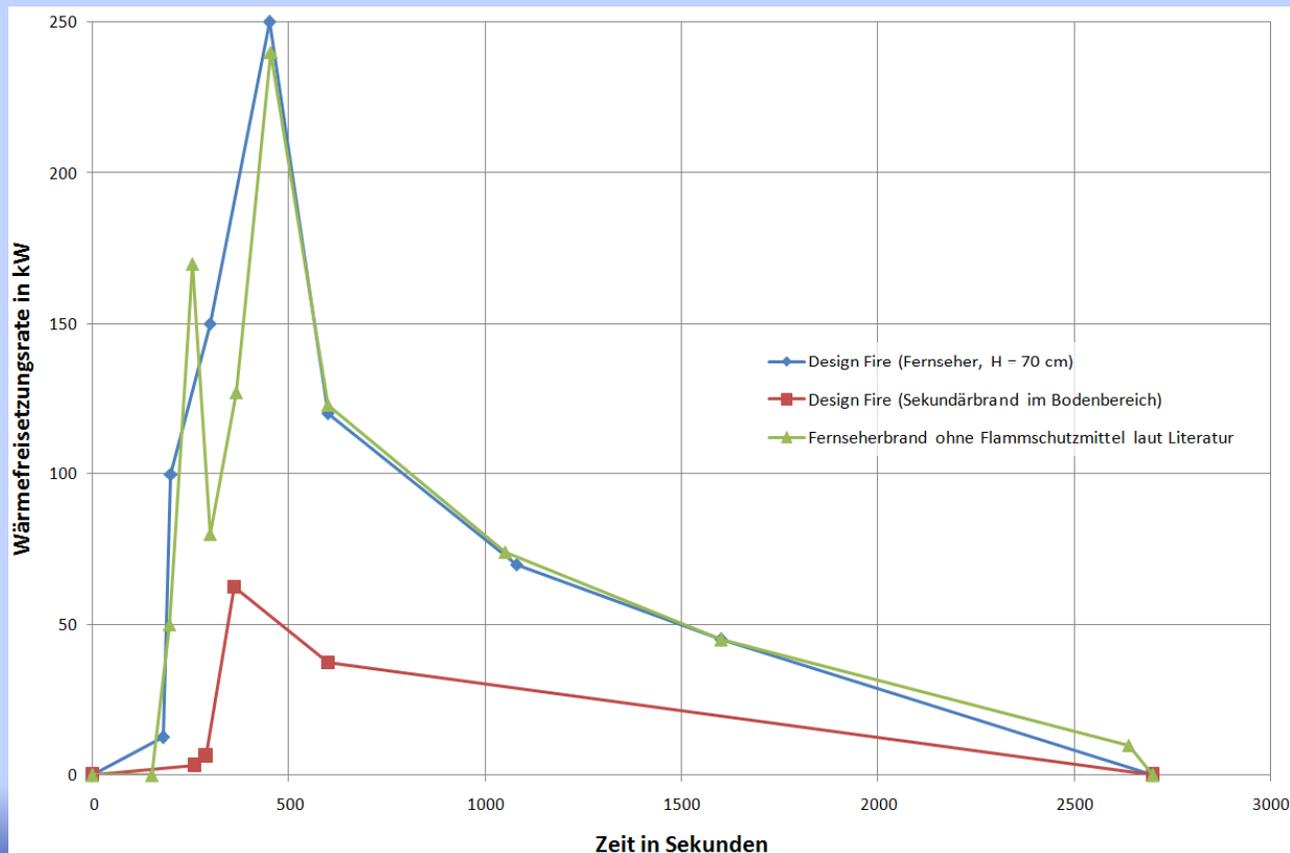
## Initialbrand

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

# Simulation des Brandversuches

## Initialbrand

- Reale Brandleistungskurve eines Fernseherbrandes (= Design Fire)



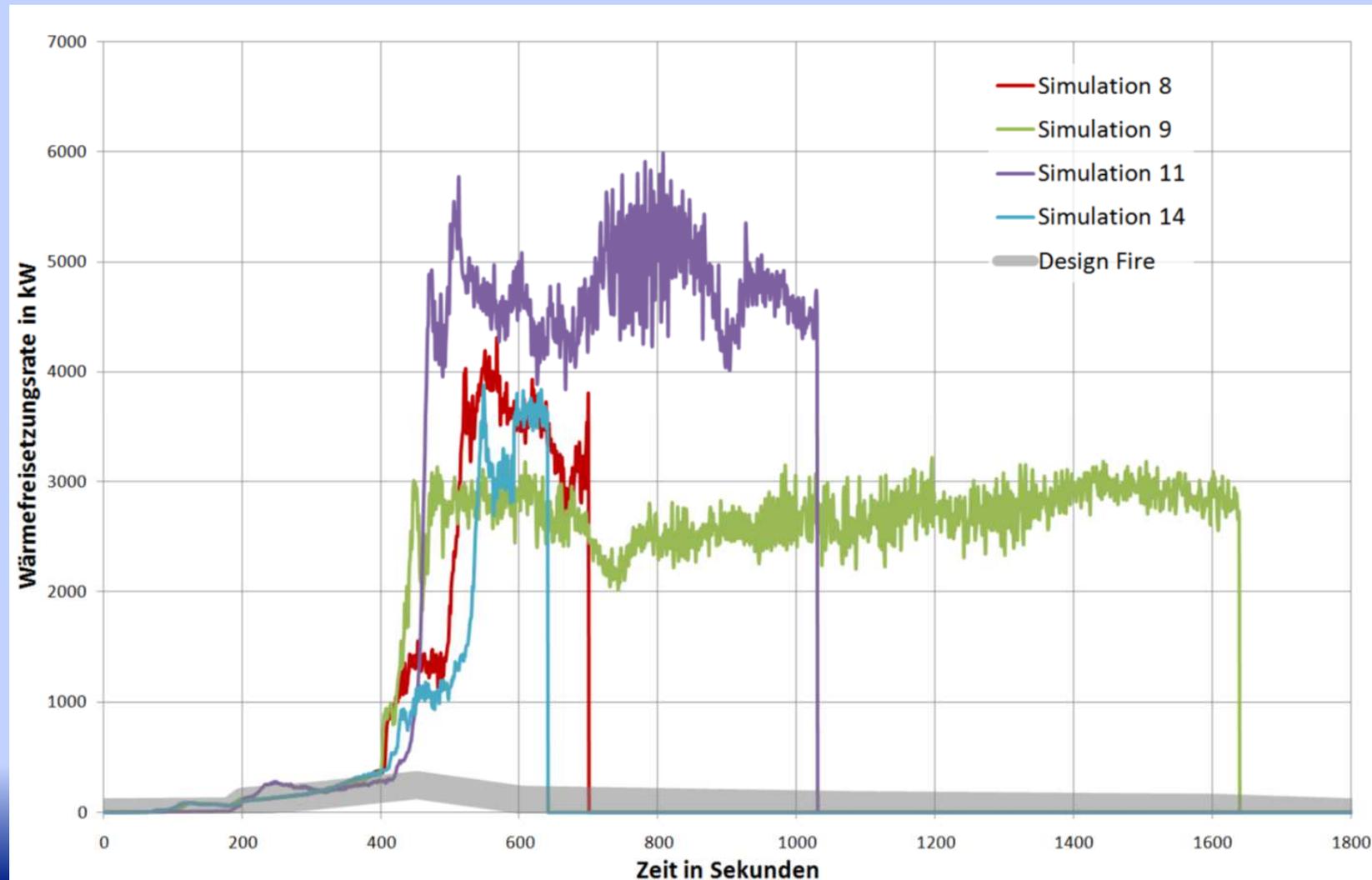
# Simulation des Brandversuches

## Parameterstudie

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

# Simulation des Brandversuches

## Auswertung der Wärmefreisetzung

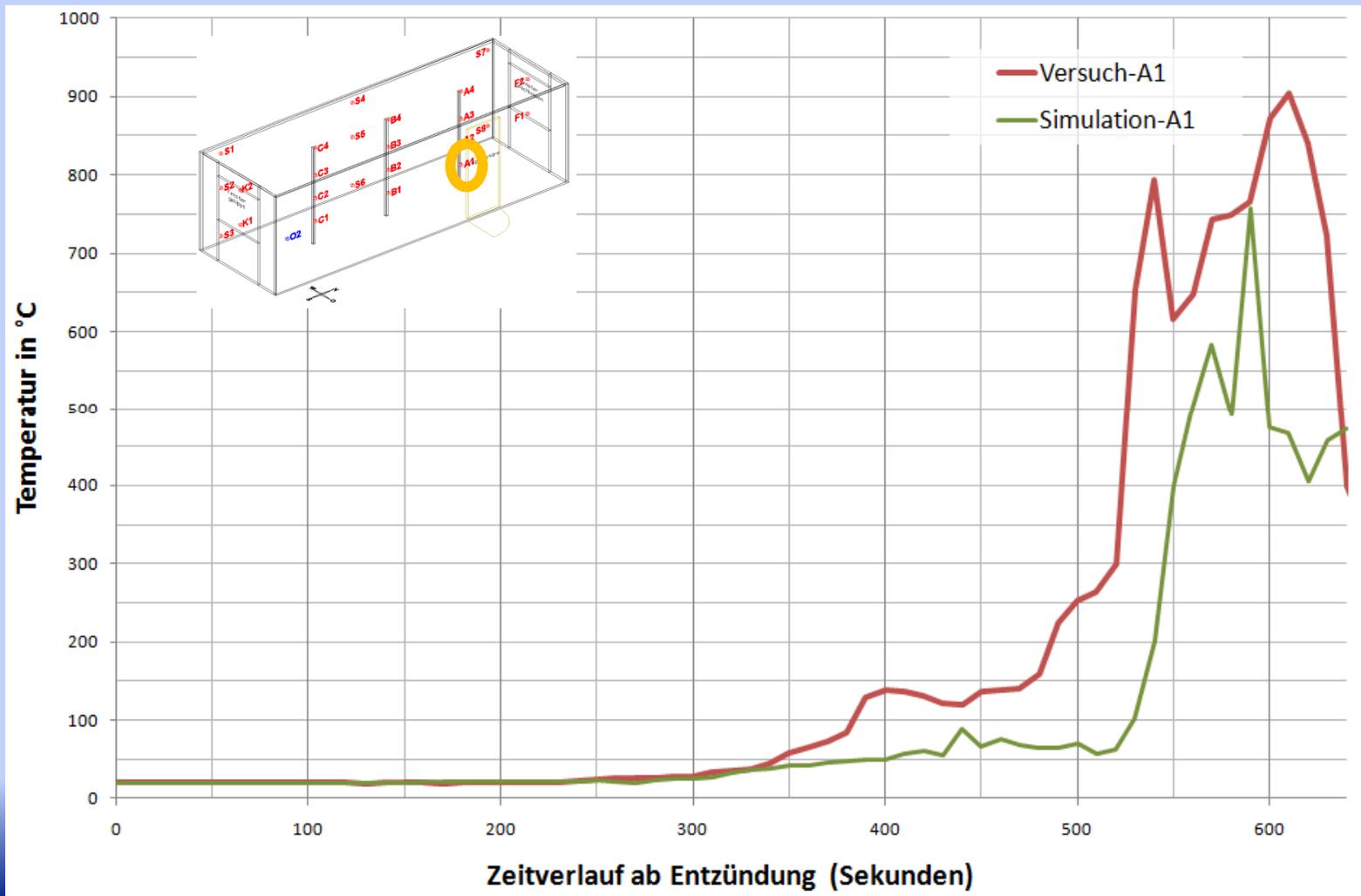


# Inhaltsübersicht

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

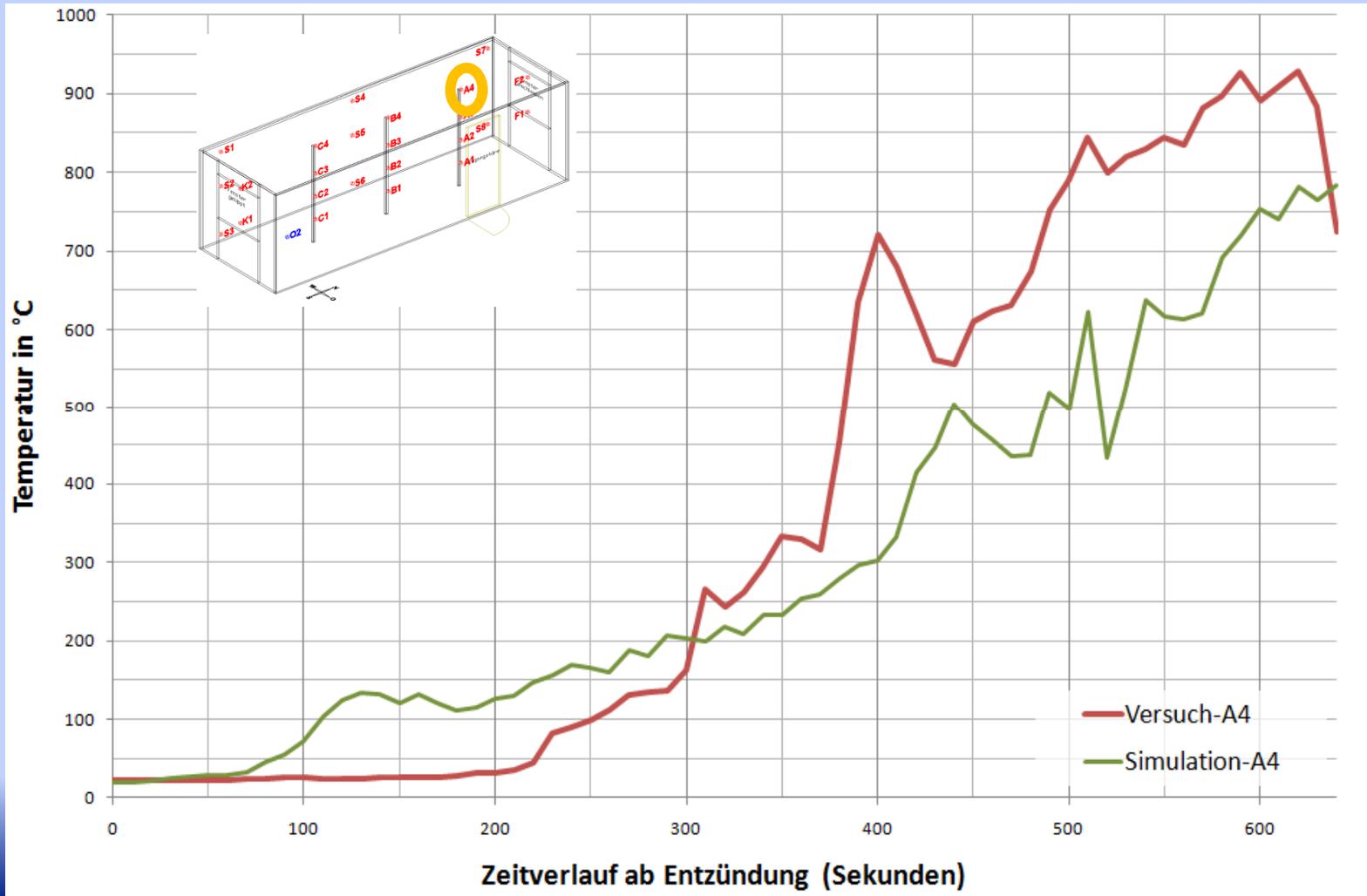
# Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation

## Temperatursensor A1 (Brandherdnähe – Bodenbereich)



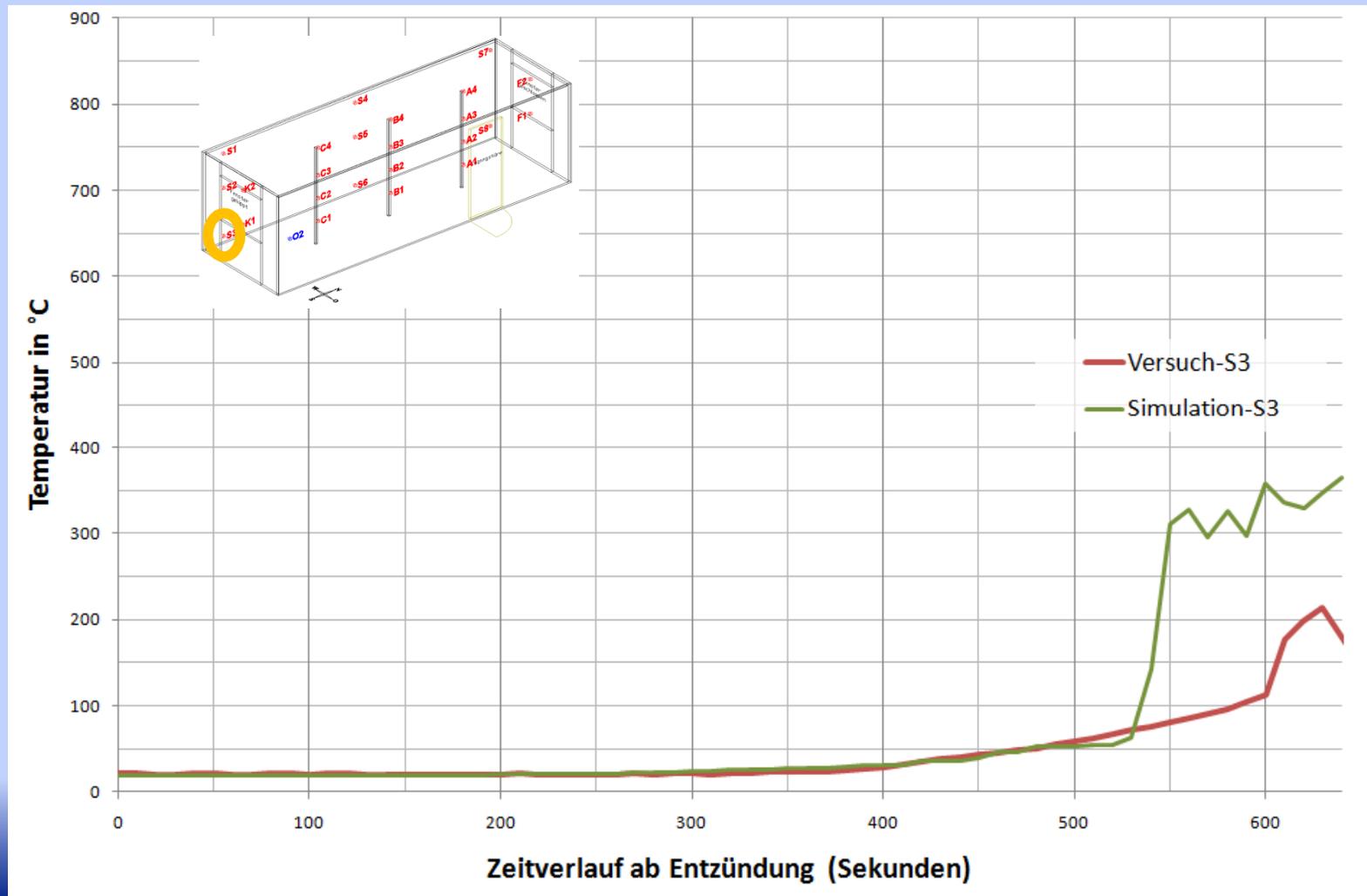
# Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation

## Temperatursensor A1 (Brandherdnähe – Deckenbereich)



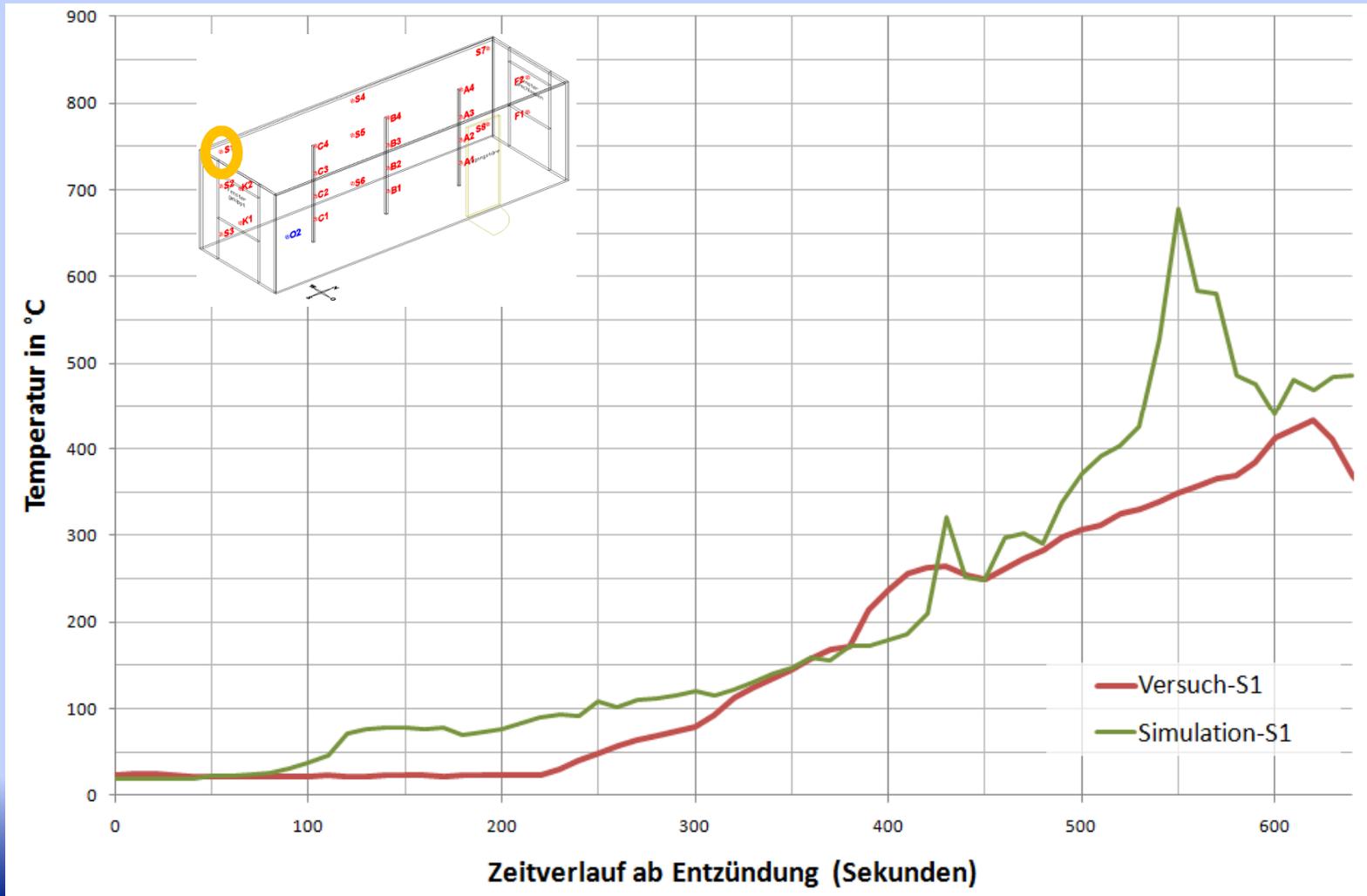
# Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation

## Temperatursensor S3 (Brandherdfern – Bodenbereich)



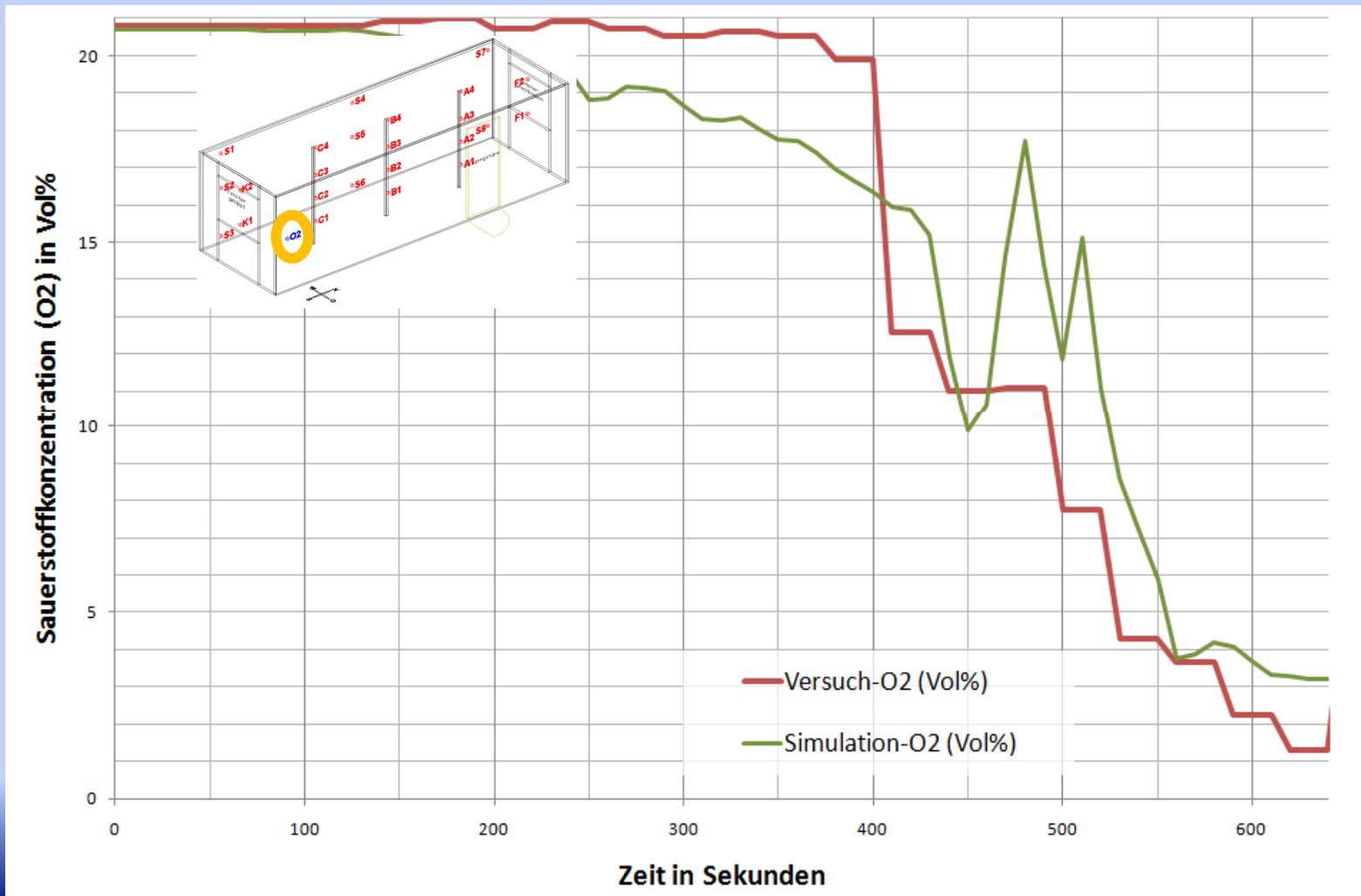
# Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation

## Temperatursensor S1 (Brandherdfern – Deckenbereich)



# Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation

## Sauerstoffsensor



# Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation

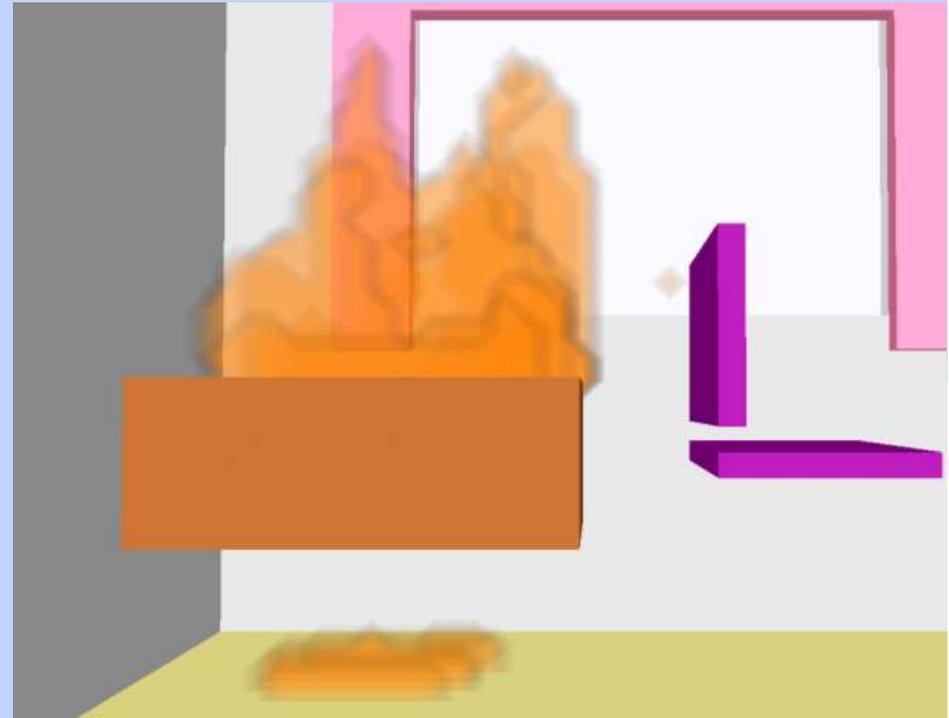
## Visueller Vergleich



**Verrauchung nach 3:10 Minuten**

# Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation

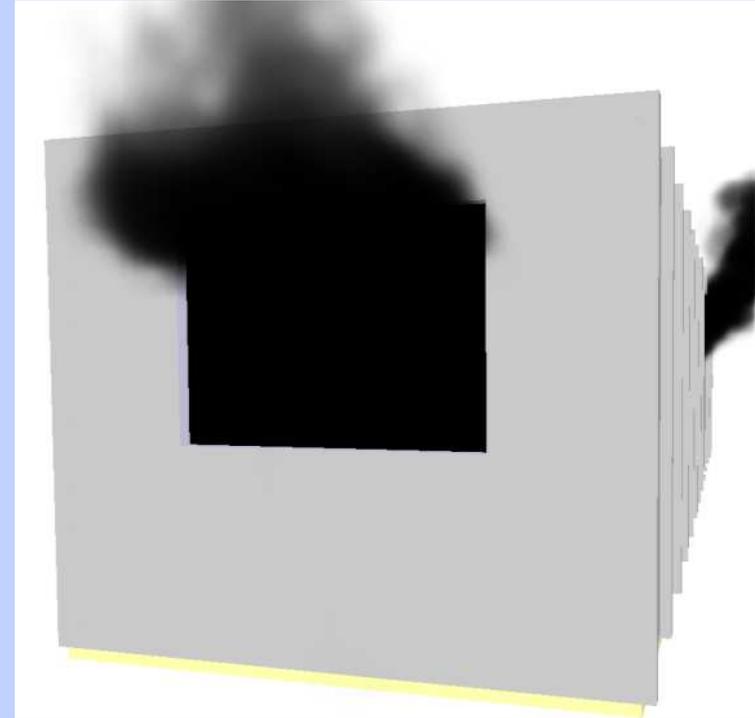
## Visueller Vergleich



**Brandherd nach 5:00 Minuten**

# Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation

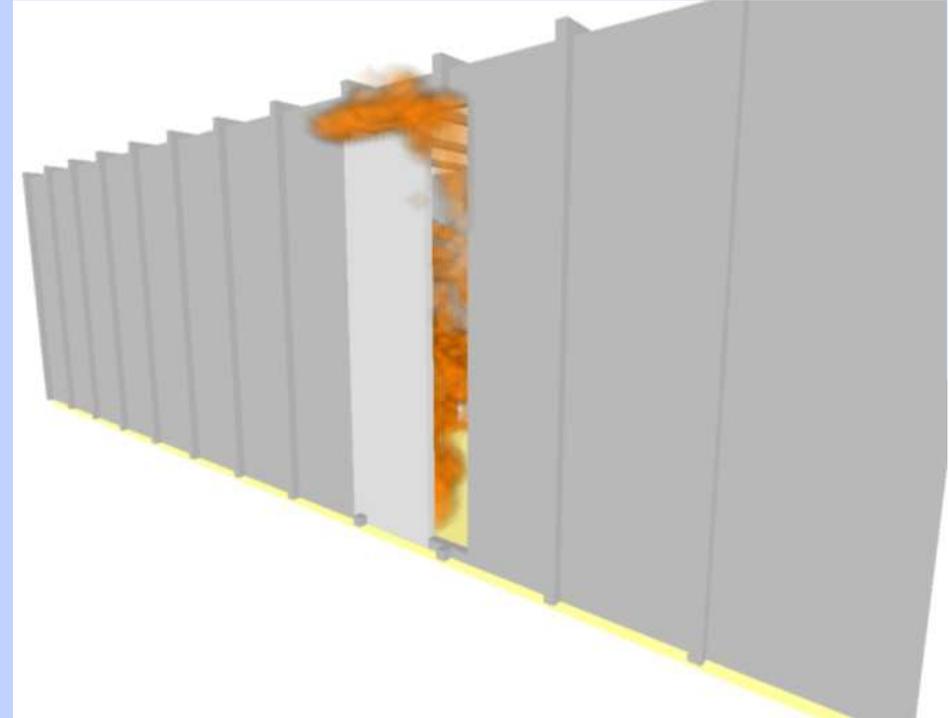
## Visueller Vergleich



**Verrauchung im Freibereich nach 5:42 Minuten**

# Vergleich Brandversuch <> Brandsimulation

## Visueller Vergleich



**Flammenaustritt bei Zugangstüre nach 9:32 Minuten**

# Inhaltsübersicht

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

# Zusammenfassung und Resümee

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

# Zusammenfassung

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

**Hypothese wird bestätigt**

# Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!!

Gesamte Arbeit abrufbar unter:  
[www.fire-simulation.at](http://www.fire-simulation.at)

# Anwendung von Brandsimulationsmodellen zur Rekonstruktion von Brandverläufen

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



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

Michael Pulker, Krems, am 18.05.2010