

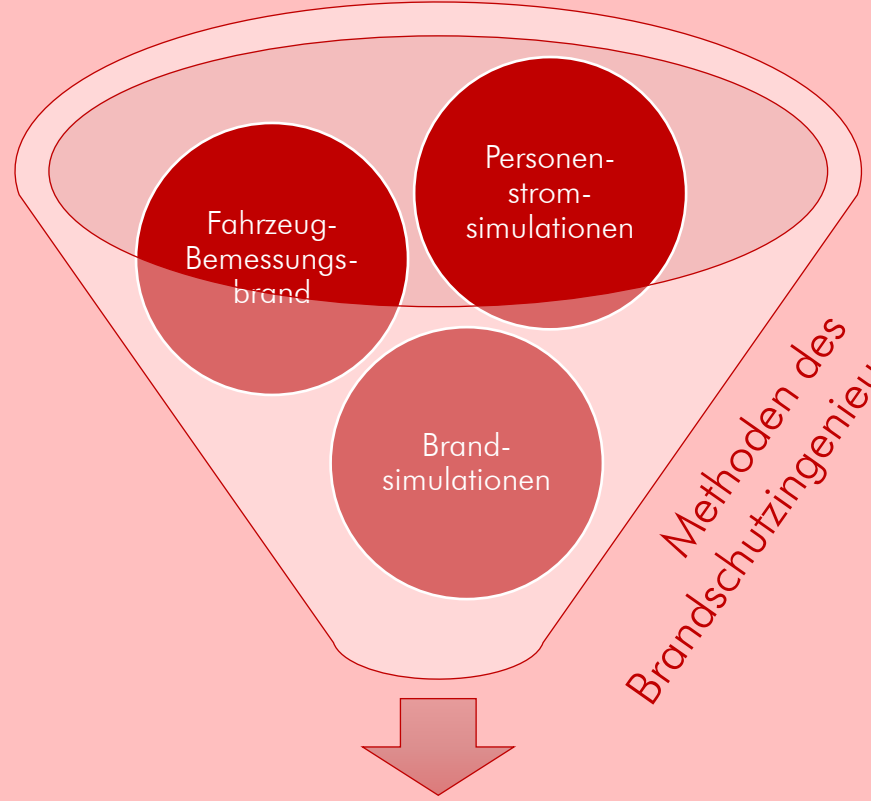
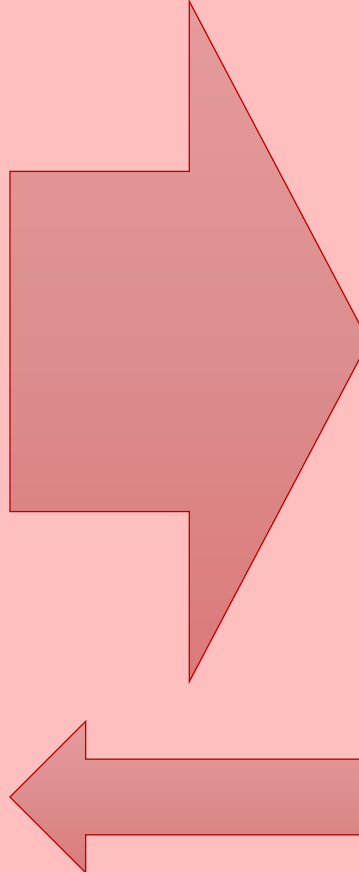
# Vorstellung des BMBF-Verbundprojekts



Bemessungsbrandsimulationen in  
Schienenfahrzeugen mittels KI-basierter Daten

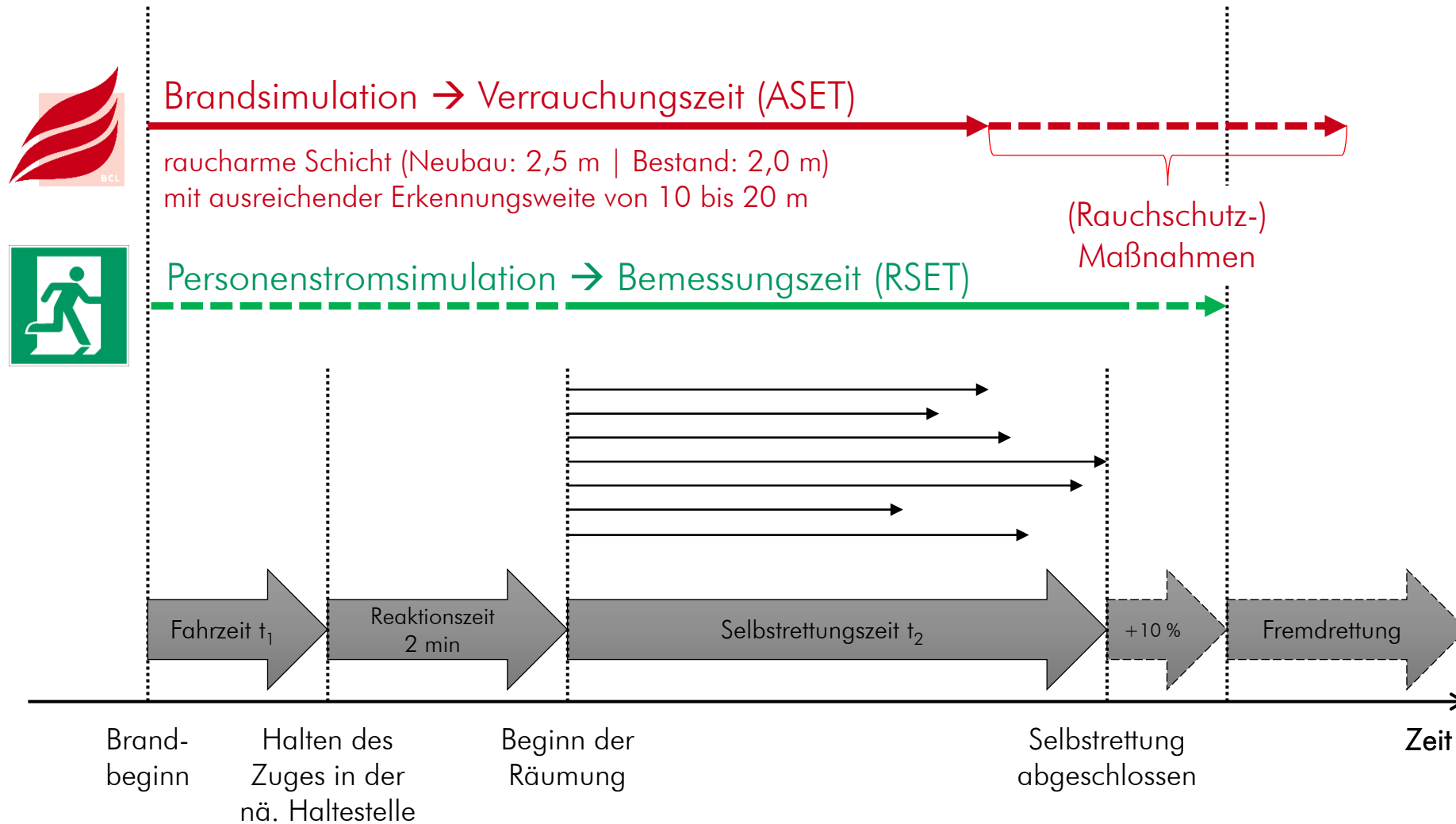
Manuel Osburg

## Brandschutzkonzept

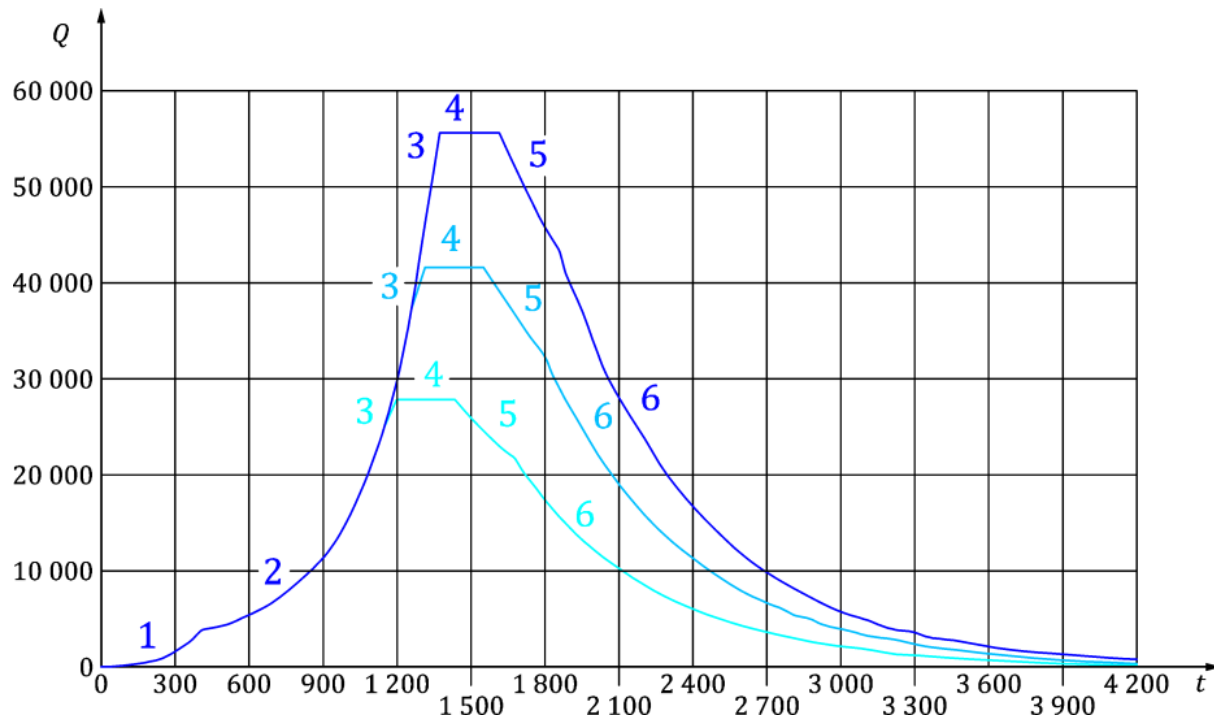


Rauchschutznachweis

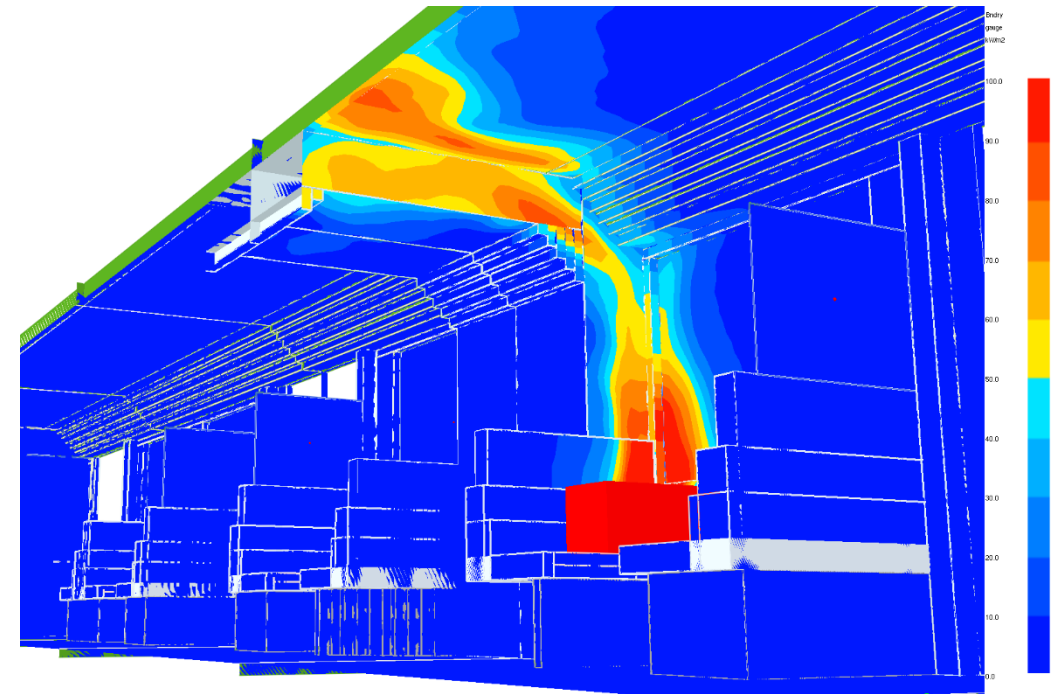
# Brandschutzbemessung für Bauwerke des Schienenverkehrs



## Standard-Bemessungsbrand



## Individueller Bemessungsbrand



- Brennbarkeit
- Hazard Level
- Flächenanteile
- Wärmefreisetzung
- Rauchfreisetzung

Werkstoffe /  
Komponenten

Zündinitial

- Zeitabhängige Wärmefreisetzungsrate, z. B. TRStrab BS, Zündmodell 5
- Lage / Positionierung (Innenecke)
- Abmessungen

Geometrie /  
Konstruktion /  
Anlagentechnik

- Abmessungen
- Verglasung
- Lüftungsanlage
- Löschanlage

Bemessungs-  
brand

Simulations-  
modell

- Vereinfachte Methoden
- Brandsimulationen
- Brandversuche

Kapitel 5.3.1 TRStrab BS / Kapitel 6.3.3.3.2 DIN 5647: Individuelle Brandverlaufskurven können durch die folgenden drei verschiedenen Verfahren bestimmt werden:

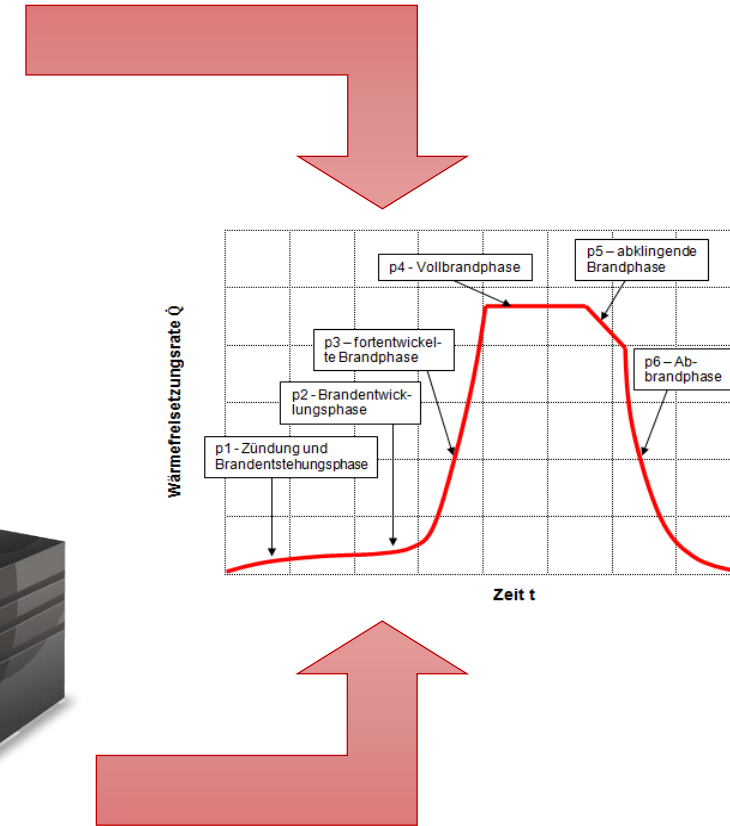
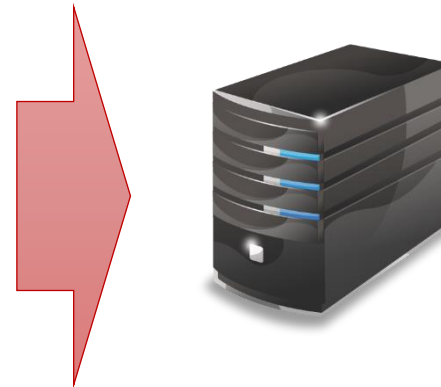
(1) Fahrzeug-Brandversuche,



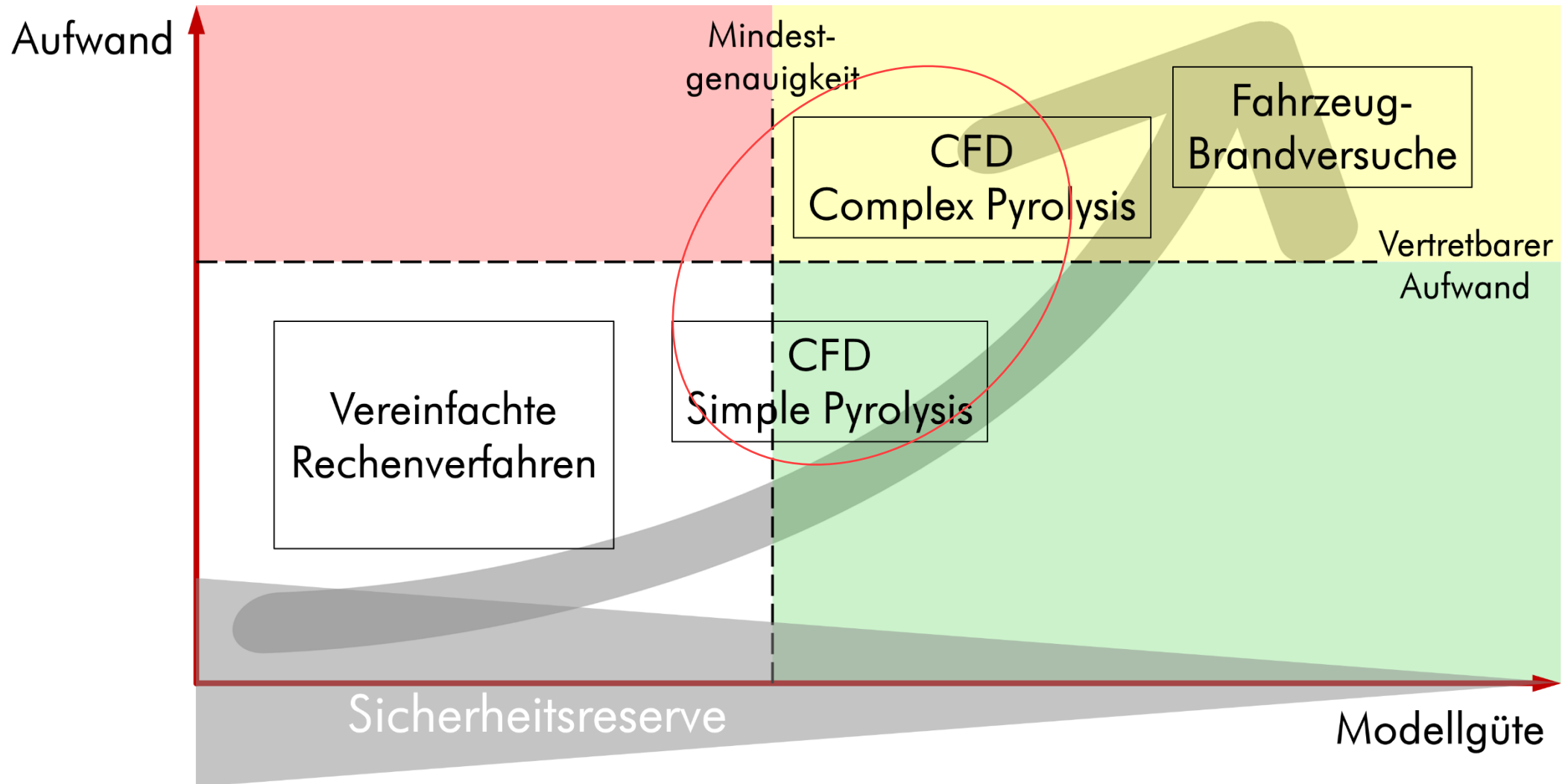
(2) Brandsimulationen auf der Grundlage von Materialprüfungen oder



(3) Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung von Materialdaten.

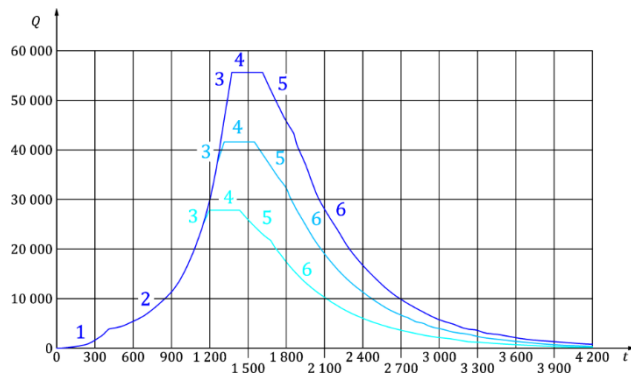


# Modelle für die Brandausbreitungsprognose



## Bemessungsbrand

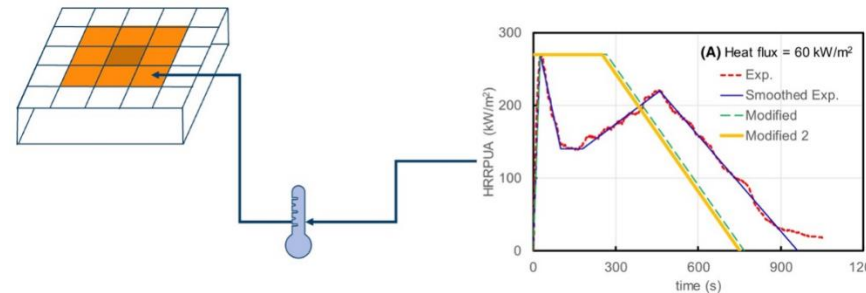
- Vollständig vorgegebener Verlauf
- Brandausbreitung ist ausschließlich zeitabhängig
- Keine Individualität
- Keine Prognose der Brandausbreitung
- Ermittelte Brandwirkungen werden oft überschätzt



09.11.2023

## Simple Pyrolysis

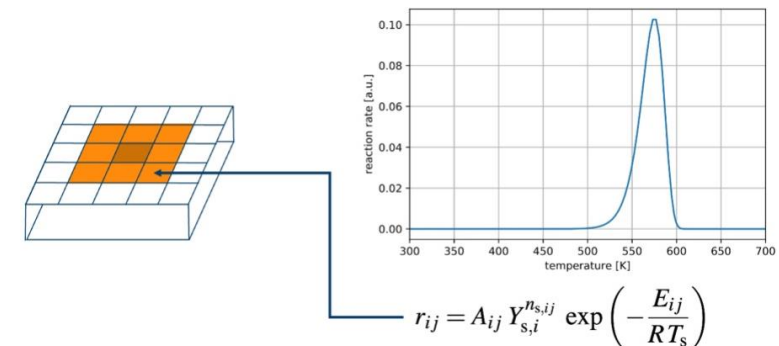
- Spezifische HRR-Kurve stammt aus Experimenten (Cone Calorimeter)
- Zündtemperatur startet HRR-Kurve
- Nach Zündung findet keine Rückkopplung mit der Umgebung statt
- Lokaler Abbrand wird nicht beeinflusst
- Neuer Ansatz: *Scaling the Burning Rate by the Heat Flux*



www.bcl-leipzig.de | Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig

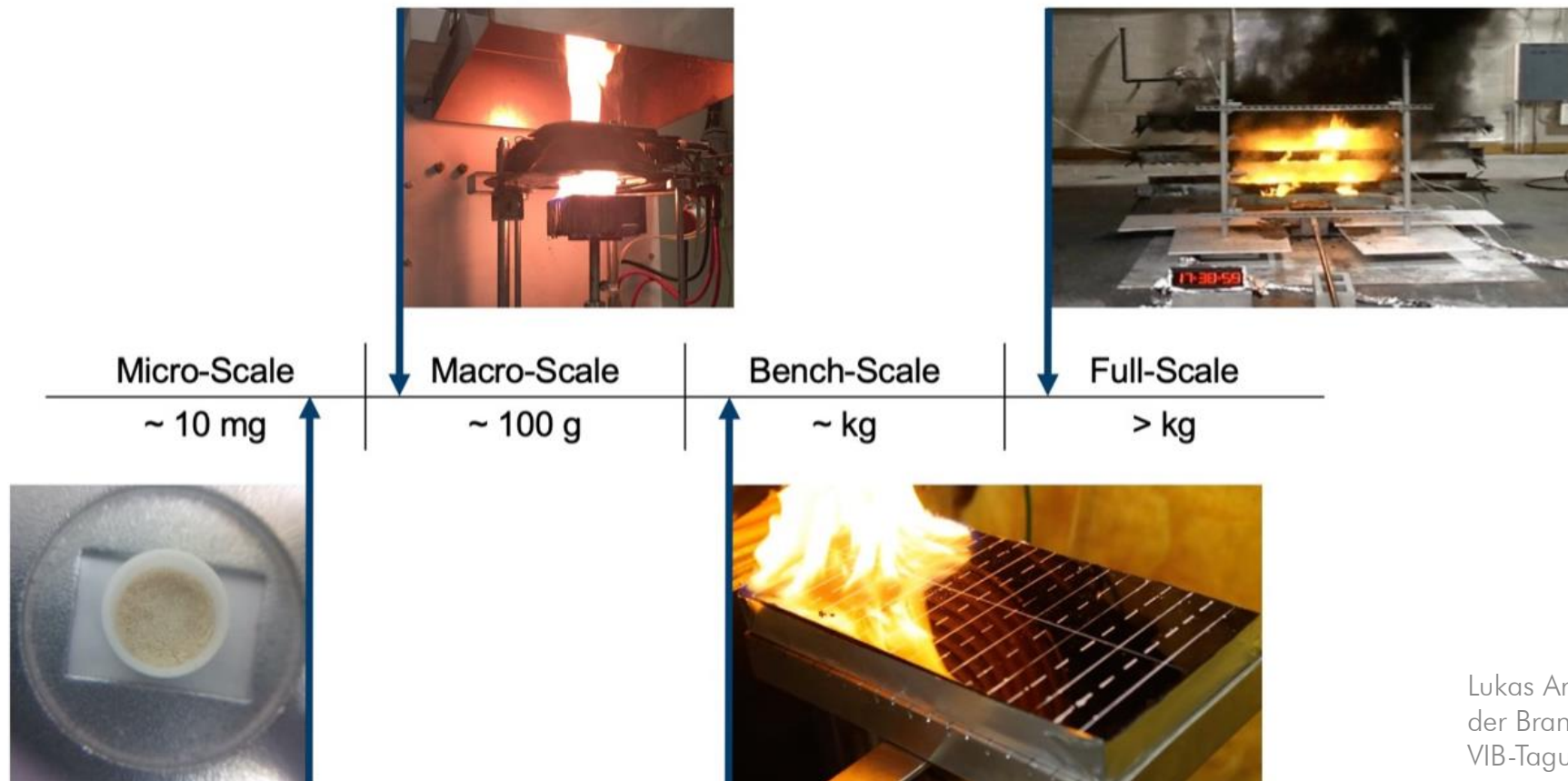
## Complex Pyrolysis

- Pyrolyse folgt dem reaktionskinetischen Arrhenius-Ansatz
- Kontinuierliche Wechselwirkung mit der Umgebung
- Inverse, komplexe und aufwändige Modellierung, da keine Vorgabe messbarer Brandparameter
- hoher Rechenaufwand



# Modellierung der Brandausbreitung

Ermittlung von Brandparametern (vor allem Pyrolyseparameter) erfordert die Durchführung von **Experimenten auf verschiedenen Skalen**:



Lukas Arnold: Herausforderungen und Methoden der Brandausbreitungsmodellierung, VIB-Tagung Fire Safety Engineering, 8. Mai 2023

# Experimente auf verschiedenen Skalen



Skala	Experiment	Annahmen / Einschränkungen	Beobachtbare / messbare Parameter			Ableitbare Parameter / Zielstellung
			Masse / Heizwert	Zeitabhängige Wärmefreisetzung	Temperaturverteilung / Flammenposition	
Micro-Scale	TGA	Keine Wärmeleiteffekte	X			Reaktionsraten der Pyrolyse
Macro-Scale	Cone Calorimeter	Ideale Randbedingungen	X	X		Validierung auf kleiner (idealisierter) Skala
Bench-Scale	Brandausbreitungs- experiment, z. B. Furniture Calorimeter ( $< 1$ MW)	Kontrollierte Randbedingungen	X	X	X	Validierung auf mittlerer Skala
Real-Scale	Brandausbreitungs- experiment, z. B. Raum- / Fassaden- brand	eingeschränkte Reproduzierbarkeit und eingeschränktes Messinstrumentarium			X	Validierung auf großer Skala

Lukas Arnold: Herausforderungen und Methoden der Brandausbreitungsmodellierung, VIB-Tagung Fire Safety Engineering, 8. Mai 2023

# Verbundprojekt BESKID



Bemessungsbrandsimulationen in Schienenfahrzeugen  
mittels KI-basierter Daten (BESKID)

Verbundpartner:

- Bergische Universität Wuppertal (zwei Lehrstühle)
- Forschungszentrum Jülich
- TÜV SÜD Rail GmbH
- Brandschutz Consult Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig

Gefördert vom BMBF im Rahmen der Bekanntmachung  
„Künstliche Intelligenz in der zivilen Sicherheitsforschung II“

Förderzeitraum: Oktober 2022 bis September 2025

Förderkennzeichen: 13N16390 bis 13N16393

Gesamtzuwendung: 2,2 Mio. Euro

<https://www.beskid-projekt.de/de>



BERGISCHE  
UNIVERSITÄT  
WUPPERTAL



JÜLICH  
Forschungszentrum

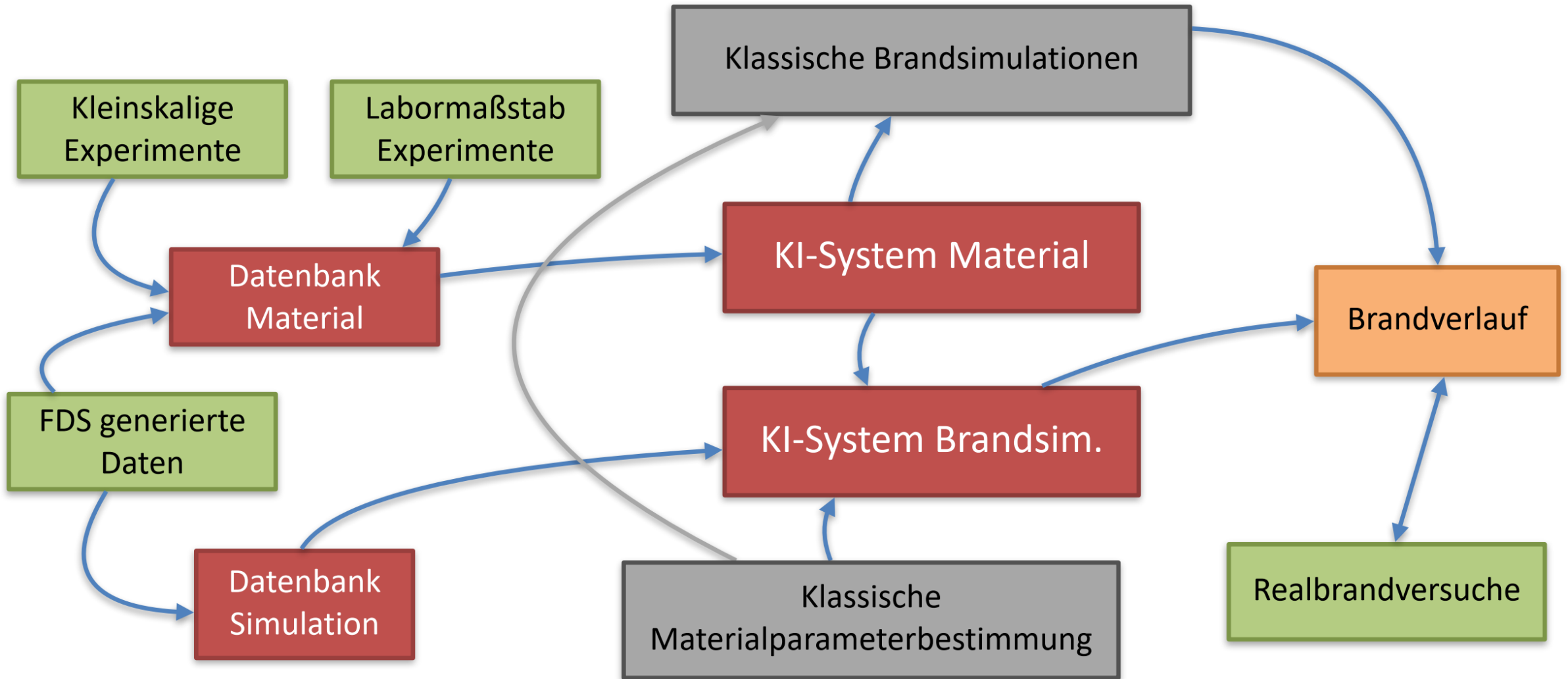


GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Ziele des Verbundprojekts BESKID



# Ziele des Verbundprojekts BESKID



Entwicklung **zweier KI-Systeme** zur Ermöglichung von **schnellen Brandsimulationen** in Schienenfahrzeugen auf Grundlage **weniger experimenteller Daten**.



Reduzierung des **Aufwands** bei gleichzeitiger **Steigerung der Genauigkeit**.



**Ressourcenschonender Einsatz** von Simulationen (Zeit- und Kostenersparnis).



Verwendung detaillierterer und schnellerer Simulationen eröffnet u. a. die **umfassende Quantifizierung** intrinsischer und extrinsischer Einflüsse auf den Brandverlauf.

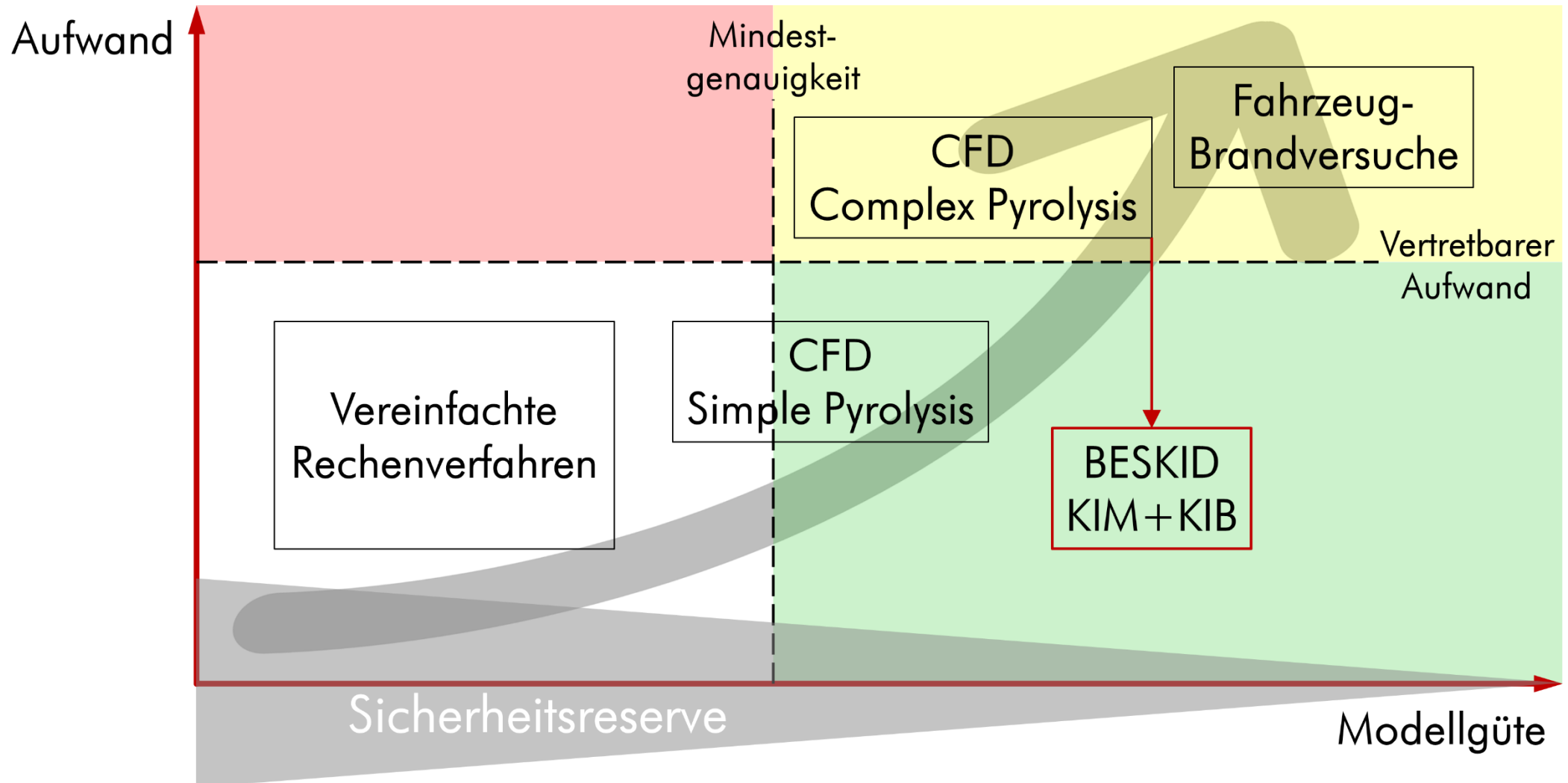


Schnelle und praktikable Untersuchung von **Optimierungsmöglichkeiten**.



Entwicklung **methodischer Standards**.

# Ziele des Verbundprojekts BESKID

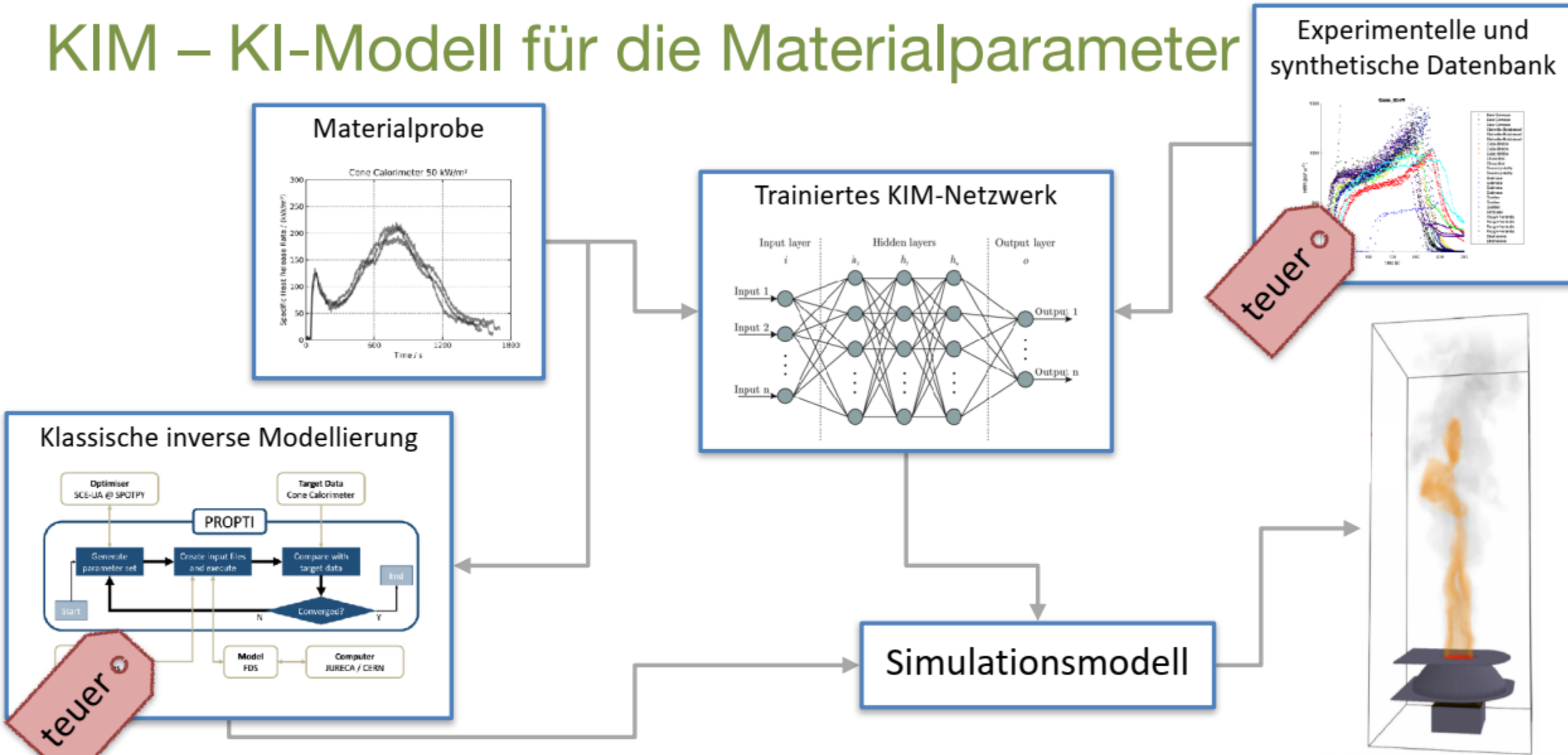


# Arbeitspakete und Zeitplan



Arbeitspaket	Projektjahr 1				Projektjahr 2				Projektjahr 3				Personalressourcen der geförderten Partner	
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4		
AP 1 – Definition der Anforderungen und der Szenarien	■												BUW (1 PM), BCL (1 PM), FZJ (1 PM), TÜV (1 PM)	
AP 2 – Erstellung der Trainingsdatenbanken		■	■	■	■	■	■						BUW (6 PM), FZJ (2 PM)	
AP 3 – KI-basierte Materialparameterbestimmung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			BUW (30 PM)	
AP 4 – Entwurf der KI-basierten Brandsimulation	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			BUW (30 PM)	
AP 5 – Kleinskalige Referenzexperimente		■	■	■	■	■	■						FZJ (16 PM)	
AP 6 – Validierungsexperimente im Labormaßstab			■	■	■	■	■	■	■	■	■		FZJ (24 PM), TÜV (2 PM)	
AP 7 – Realbrandexperimente									■	■	■	■	BCL (3 PM), FZJ (10 PM)	
AP 8 – Simulation eines Bemessungsbrandes									■	■	■		BCL (3 PM), TÜV (3 PM)	
AP 9 – Markanalyse im Hinblick auf eine Ausgründung												■	BUW (1 PM)	
AP 10 – Öffentlichkeitsarbeit												■	BUW (4 PM), BCL (3 PM), FZJ (1 PM), TÜV (2 PM)	
KT: Kick-Off-Treffen VT: Verbundtreffen MT: Meilensteintreffen. AV: Abschlussveranstaltung	KT		VT		VT			MT		VT		VT	AV	
	<b>Summe:</b> BUW (72 PM), BCL (10 PM), FZJ (54 PM), TÜV (8 PM)													

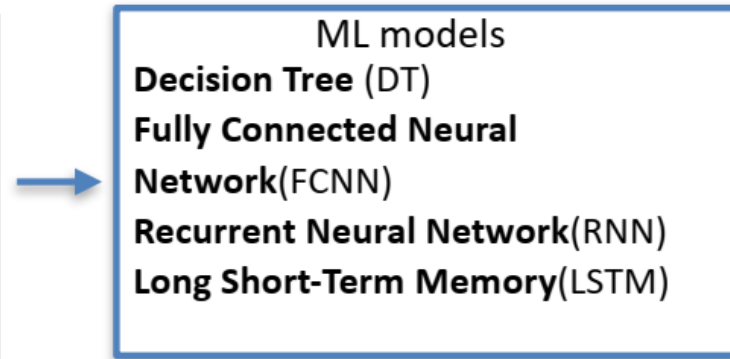
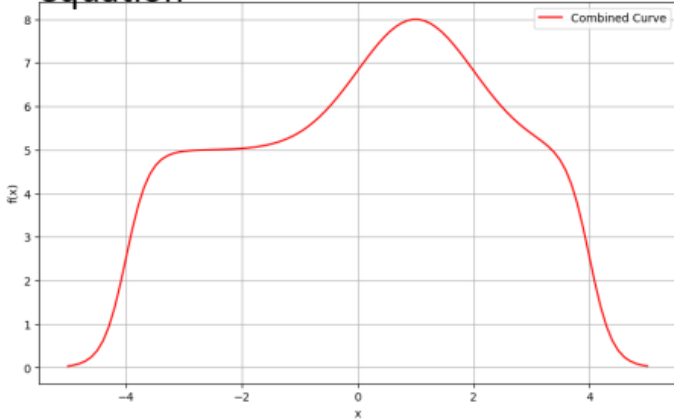
# KIM – KI-Modell für die Materialparameter



# Model Testing- The First Step.

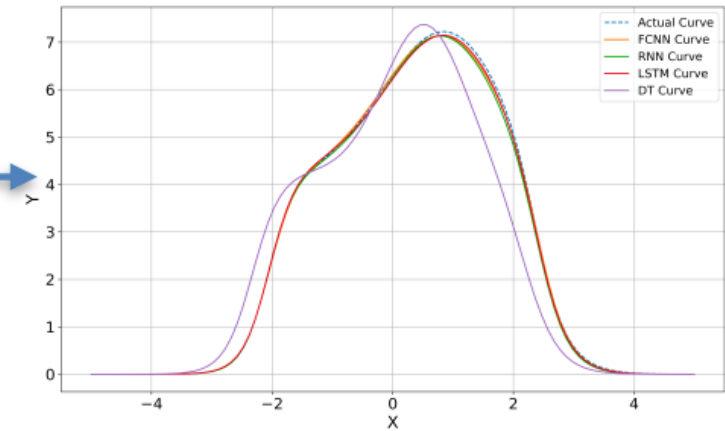
Pyrolysis parameter prediction is a complex and resource-intensive process. To streamline this, simplified representations of pyrolysis data like curves resembling the Heat Release Rate (HRR) from cone calorimeter tests, are employed to evaluate various Machine Learning (ML) models.

Synthetic data generated by Mathematical equation



Predicted Parameters

Response created using predicted parameters

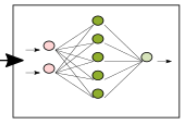
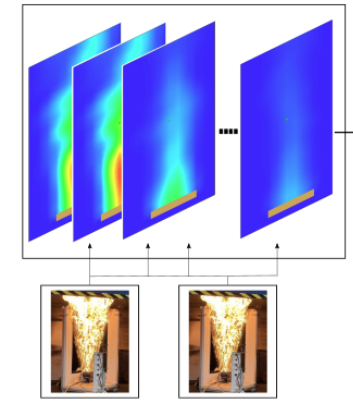


Models were trained to predict parameters from the mathematical equation used to create synthetic data, and the results were promising, suggesting that tailored fine-tuning could yield accurate material parameter predictions.

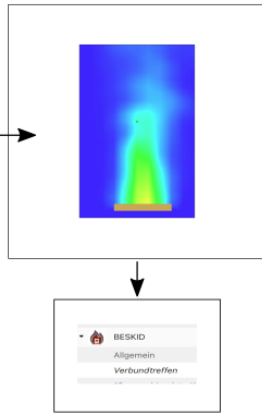


## Temperature Comparison FOM ROM

### Synthetic Training Data

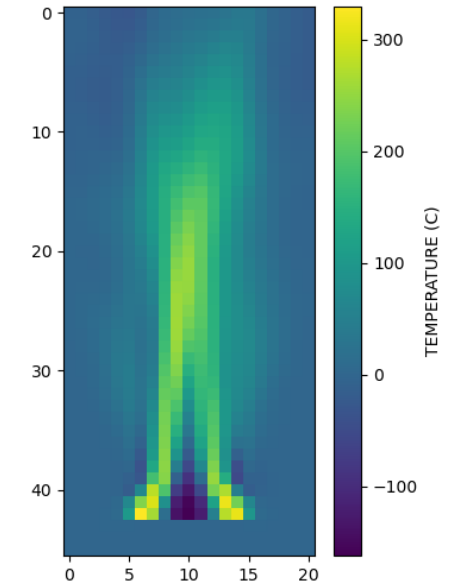
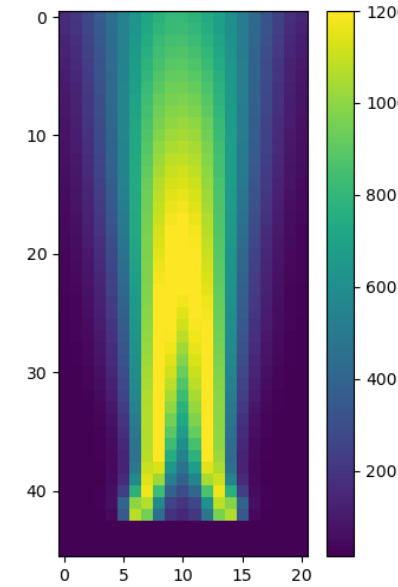
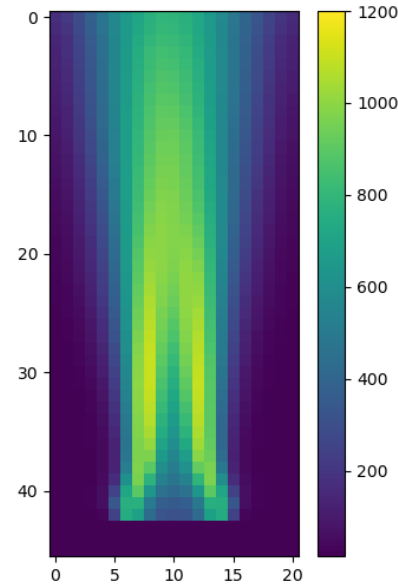


### ROM based Prediction



Enhancement with  
**Experimental** Training Data

Providing ROM via Web-  
Database



A comparison in the Temperature field is presented: on the left, FOM is shown; in the middle, ROM is shown; and on the right, the visualization of the error between ROM and FOM is displayed.

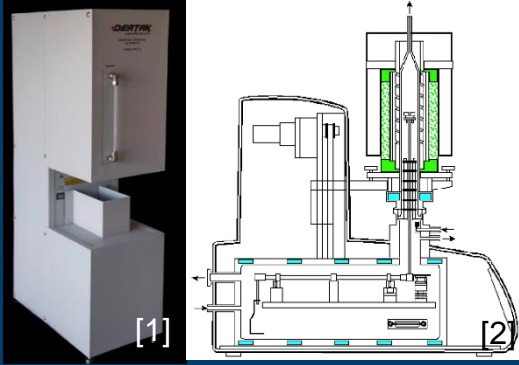
# ROM

- Objective:
  - Develop a fast and efficient fire spreading model
  - Utilize Reduced Order Model
  - Utilize synthetic data from Fire Dynamic Simulator (FDS)

# EXPERIMENTS OVERVIEW

**Micro scale: MCC and TGA**

→ i.e. Reaction kinetics, heat of combustion



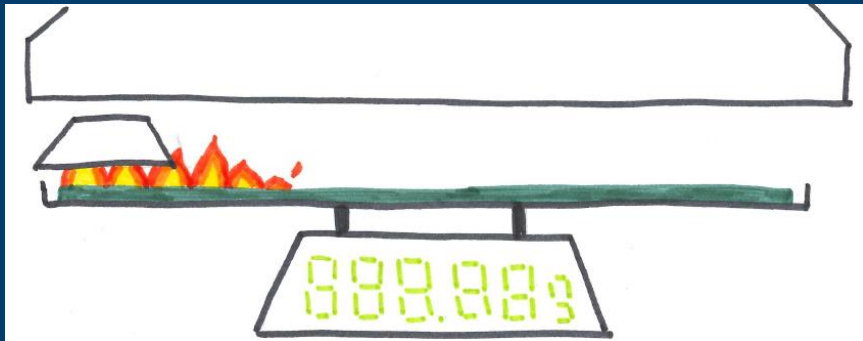
**Small scale: cone calorimeter**

→ Thermo physical properties



**Medium scale: horizontal flamespread**

→ Flamespread behaviour



Multi-scale  
experimental approach:  
PMMA, ABS, Listolan™

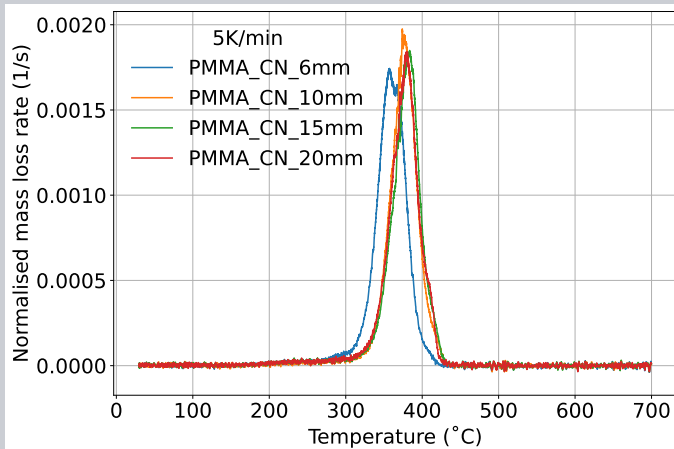
**Large scale:**  
idealized geometries & train chairs



# FIRST EXPERIMENTAL RESULTS: PMMA

## TGA

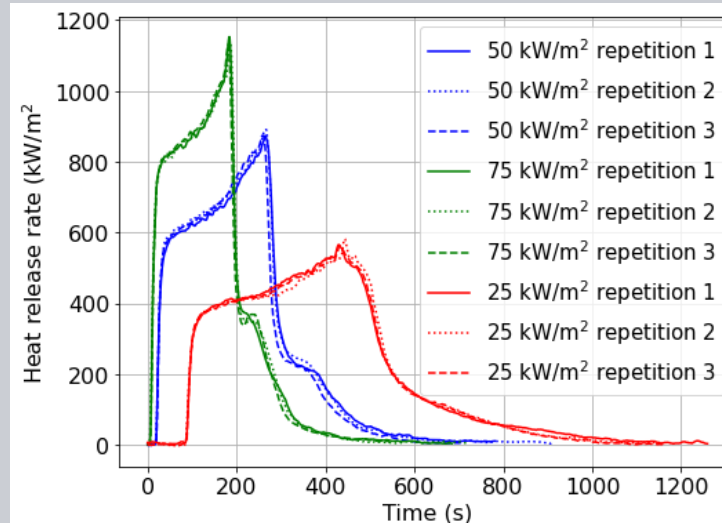
- 5 K/min and 10 K/min
- Different masses: 4 mg until 8.5 mg
- Same material ordered in different thicknesses
  - Shift in peak temperature
  - Difficult to compare influence of thickness in other experiments



## Cone calorimeter

- Horizontal and vertical standard experiments
- Thickness: 6 mm and 10 mm
- Heat flux: 25 kW/m<sup>2</sup>, 50 kW/m<sup>2</sup> and 75 kW/m<sup>2</sup>

Horizontal, 6 mm thick



## Idealized geometries

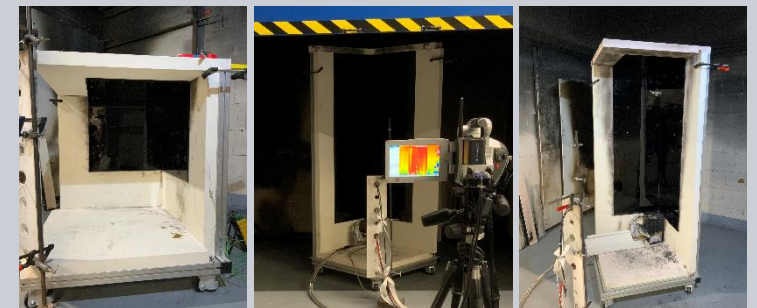
- Preliminary experiments
- Different geometries considered

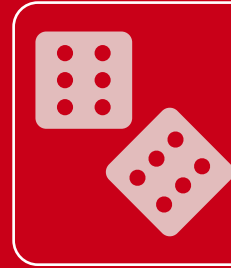
Small room corner  
(with/ without insulated edges)



Small corner  
(ceiling)

Large room corner  
(with / without ceiling)





## Blind Calculation

Der Modellbenutzer erhält eine grundlegende (nicht exakte) Beschreibung des zu modellierenden Szenarios; er ist verantwortlich für die Entwicklung geeigneter Modelleingaben aus der Problembeschreibung.



## Specified Calculation


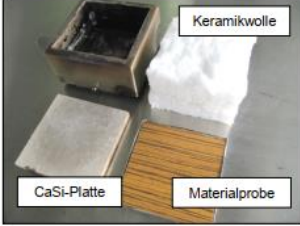

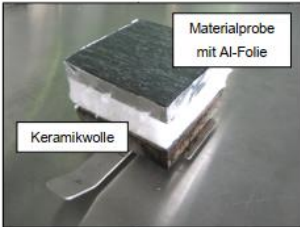
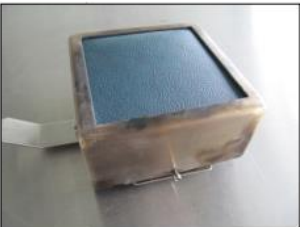

Der Modellbenutzer erhält eine vollständige und detaillierte Beschreibung der Modelleingaben, einschließlich Geometrie, Materialeigenschaften und Brandbeschreibung.

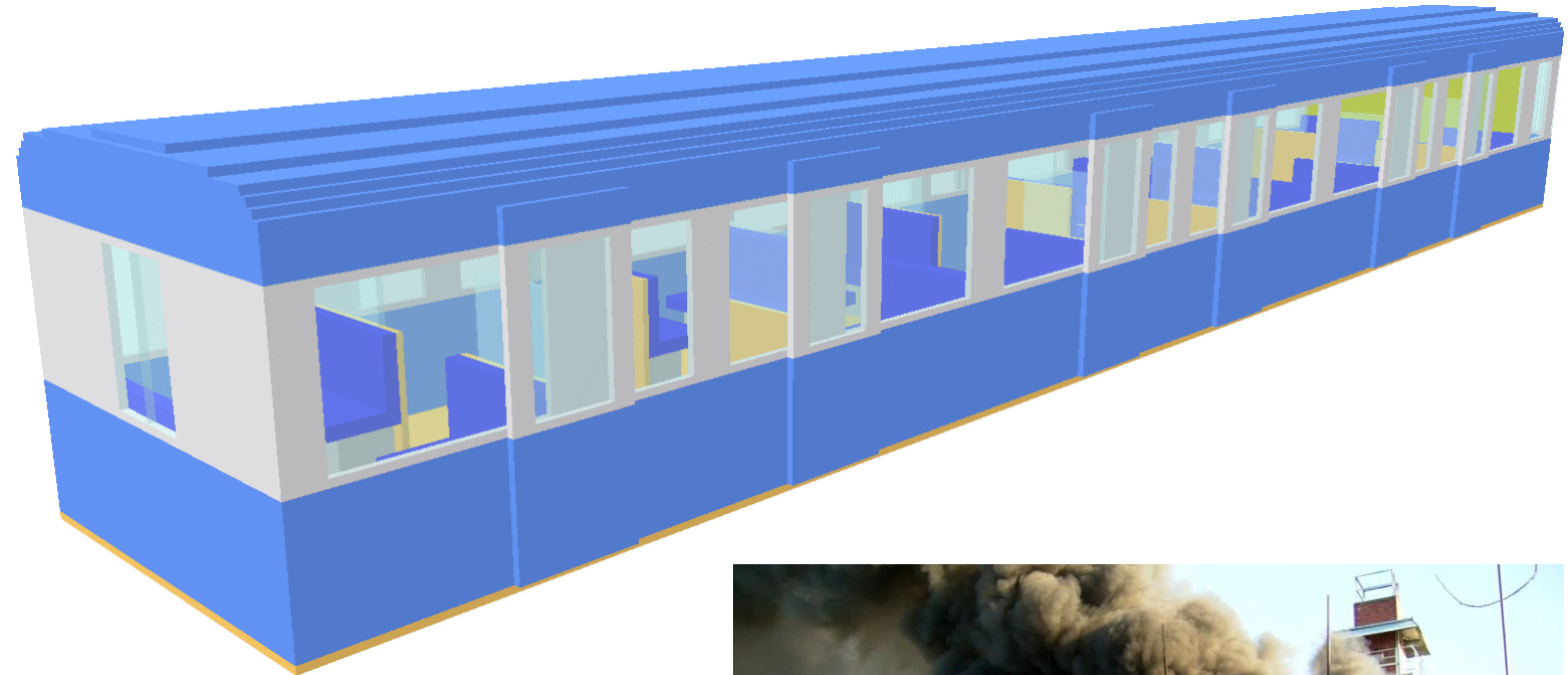


## Open Calculation

Dem Modellbenutzer werden die vollständigsten Informationen über das Szenario zur Verfügung gestellt, einschließlich der Geometrie, der Materialeigenschaften, der Beschreibung des Brandes und der Ergebnisse von experimentellen Tests.

# Simulation der Brandausbreitung | Referenzfahrzeug

Innenverkleidung		
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Einsatz einer Calciumsilikatplatte als Unterlage für die Probe</li><li>- Einsatz von zwei Schichten Keramikwolle zur Ausfüllung des Probehalters</li></ul>	
Fußboden		
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Einsatz von zwei Schichten Keramikwolle zur Ausfüllung des Probehalters</li></ul>	
Sitze		
	<ul style="list-style-type: none"><li>- <u>Reduzierung</u> der Dicke des Probekörpers auf 50 mm</li><li>- Einsatz von Keramikwolle ist nicht erforderlich</li></ul>	



Quelle: Osburg, 2010