



Experimentelle Untersuchung des zeitlichen Temperaturverhaltens von Türen, konkret bei Bränden in geschlossenen Räumen

Christoph Menzel
B.Sc. Sicherheit und Gefahrenabwehr

Forschungsstelle für Brandschutztechnik



Gliederung



- Motivation und Zielsetzung
- Grundlagen
- Experimentelle Untersuchung
 - Wärmequellen
 - Probestücke
 - Messtechnik
 - Versuchsstände
- Ergebnisse
- Feuerwehrtechnisches Fazit

- Wohnzimmerbrand 2.0
- Ausblick

Motivation



- 200.000 Wohnungsbrände pro Jahr in Deutschland
- Handrücktentest an der Tür : taktisches Vorgehen der Feuerwehr
- Brände in geschlossenen Räumen
 - Einfluss des Mobiliars
 - Einfluss der Ventilationsbedingungen



Zielsetzung



- Experimentelle Untersuchung des zeitlichen Temperaturverlaufes und Wärmedurchgangs von Türen bei einseitiger Temperaturbeaufschlagung
- Überprüfung der Aktualität des Handrückentestes
- Validierung durch einen Realbrand ?

Grundlagen Brände



- unterschiedliche Wärmetransportmechanismen während eines Brandes bestehen aus:

- Konvektion
- Wärmestrahlung

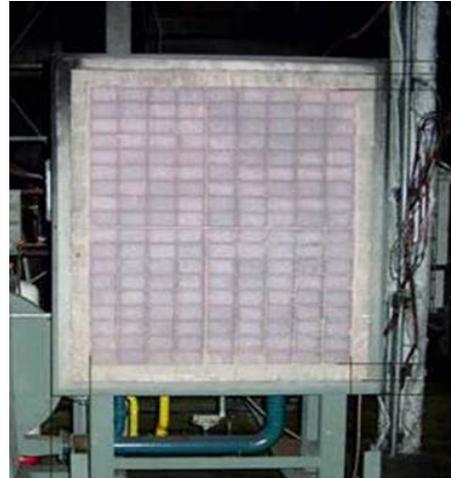


Experimentelle Untersuchung



Heißluftgebläse

- Erzwungene Konvektion
- Maximale Leistung 1800 Watt (114°C)



thermischer Strahler

- Reine Wärmestrahlung
- Max. Leistung 80 kW/ m²(1100°C)



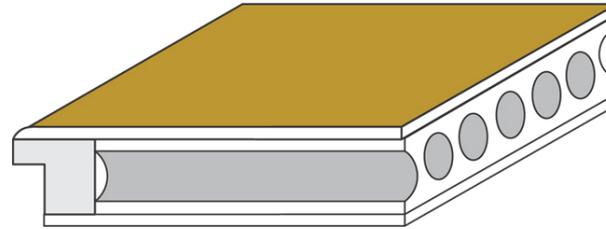
Kiesbettbrenner

- Konvektion und Wärmestrahlung
- 50 KW bis 200 KW

Experimentelle Untersuchung



- Probestücke (80 cm x 80 cm)



Holztür mit Wabenfüllung

- Mittellage aus Luft und verpresstem Karton
- Gewicht : 8 kg/m²
- Geringer Brand- und Schallschutz

Holztür mit Röhrenspaneinlage

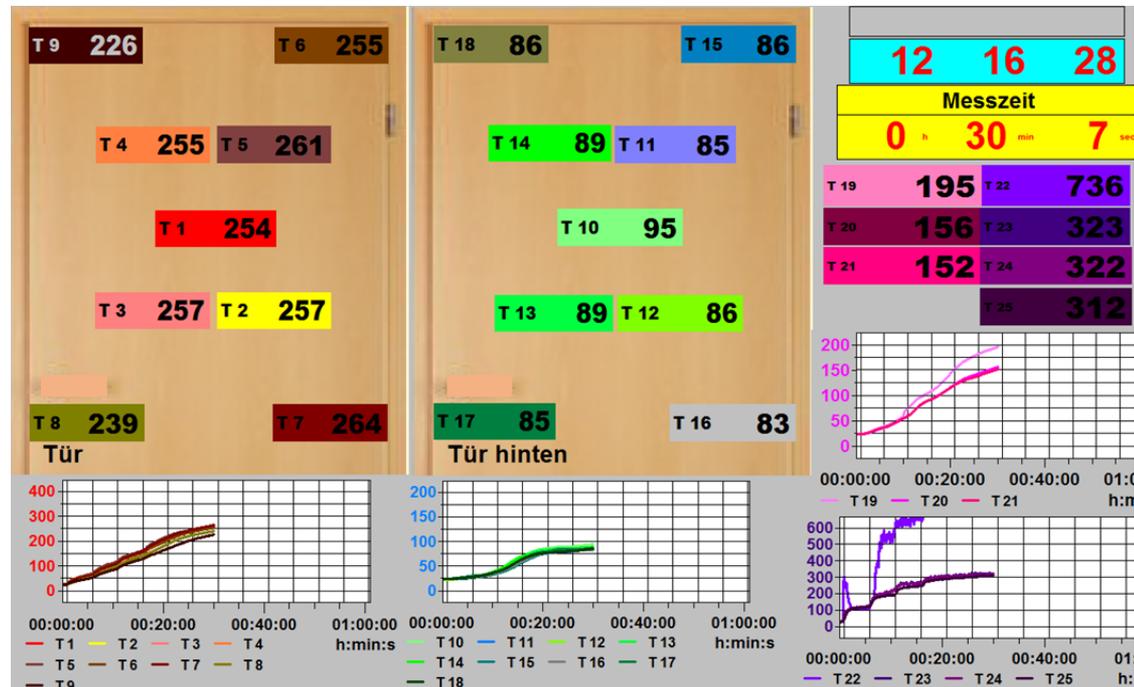
- Mittellage aus Pressspan und Luft
- Gewicht : 15 kg/m²
- Mittlerer Brand- und Schallschutz

Stahltür mit Mineralwolle

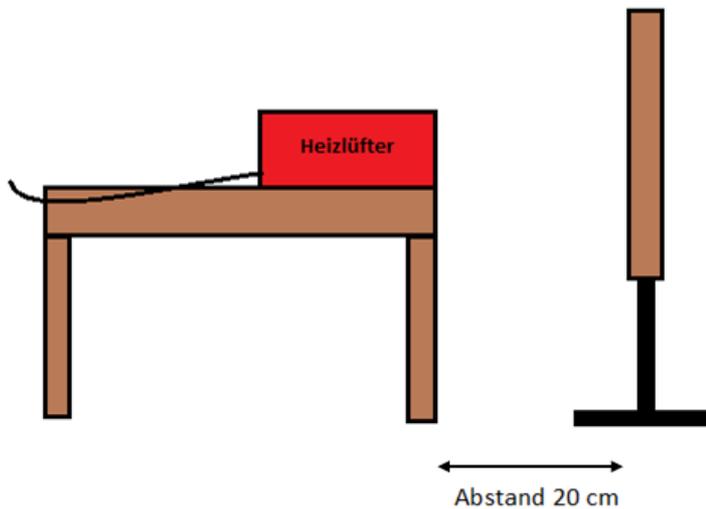
- Mittellage aus Mineralwolle
- Gewicht : 17 kg/m²
- Hoher Brand- und Schallschutz

- 18 Thermoelemente auf Tür (Vorder- und Rückseite)
- 3 Thermoelemente in der Tür
- 4 weitere Thermoelemente zur Temperaturmessung im Raum (Kiesbettbrenner)
- Abgasmessung (O₂, CO, CO₂)

- Messprogramm DasyLab, grafische Ausgabe der Versuchsergebnisse

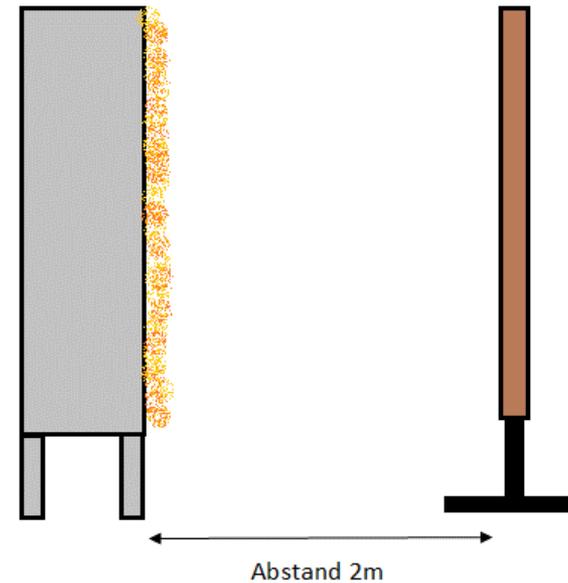


Versuchsstände



Heißluftgebläse:

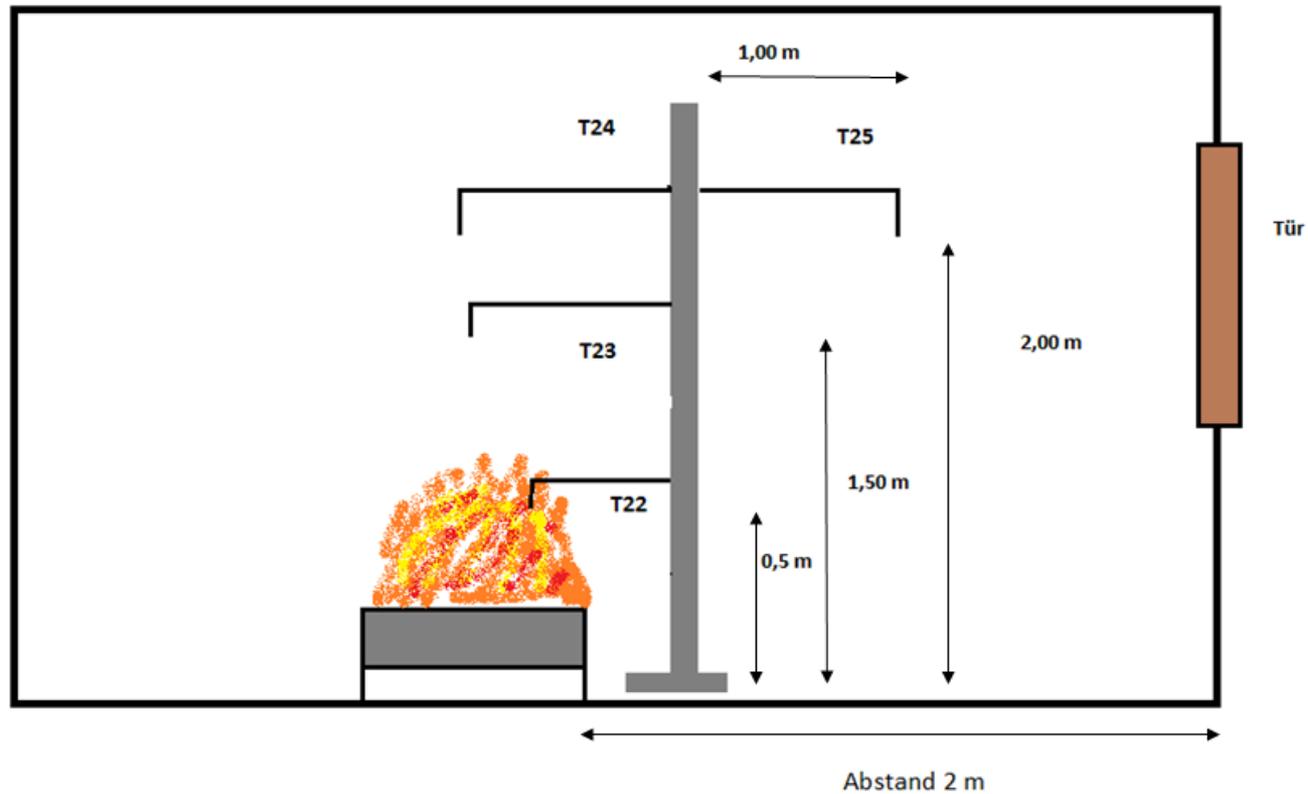
- Abstand zum Probestück : 20 cm



Thermischer Strahler:

- Abstand zum Probestück : 2 m

Versuchsstände



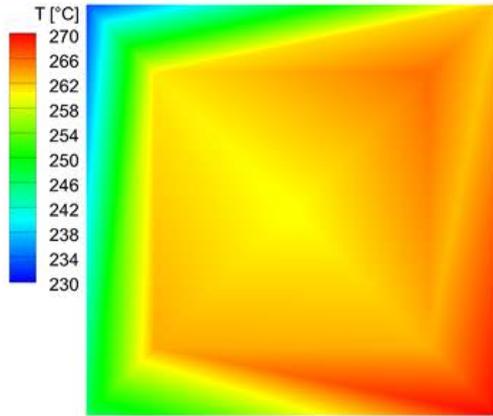
Kiesbettbrenner:

- Abstand zum Probestück: 2 m

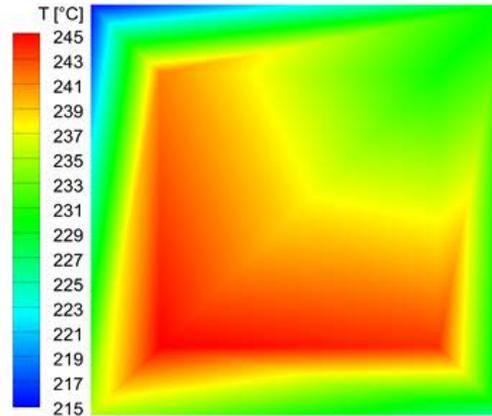
Temperaturen nach 30 Minuten (Kiesbettbrenner)



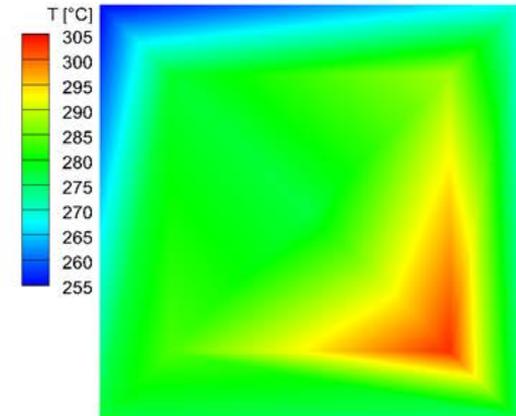
Flammenzugewandte Seite



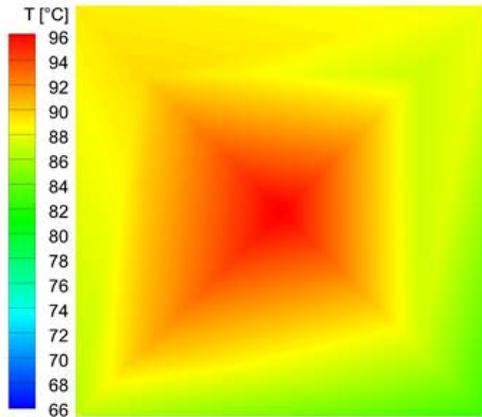
Wabenfüllung



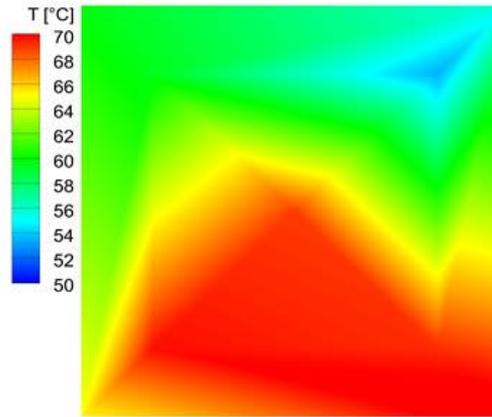
Röhrenspaneinlage



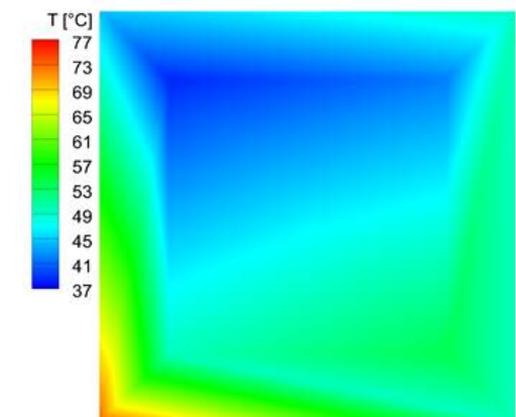
Stahltür



Flammenabgewandte Seite



Maximale Oberflächentemperaturen





Validierung durch einen Realbrand ?

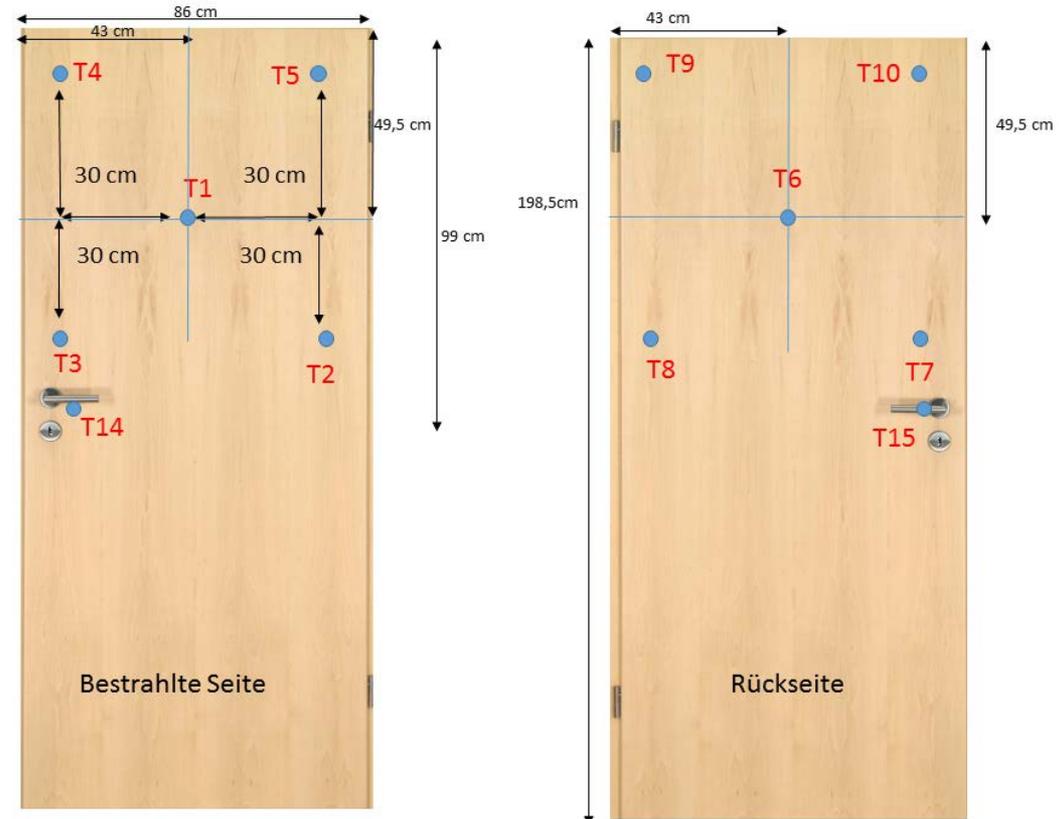
Wie verhält sich die Röhrenspaneinlage im Realfall ?



Realbrandversuch

- Durchführung eines Wohnzimmerbrandes mit 450 kg Brandlast (25 m² Raum)
- Temperaturmessstellen :
 - auf und in der Tür
 - an den Türgriffen
 - im Raum
 - Abgasmessung (O₂, CO, CO₂)

29 Thermoelemente

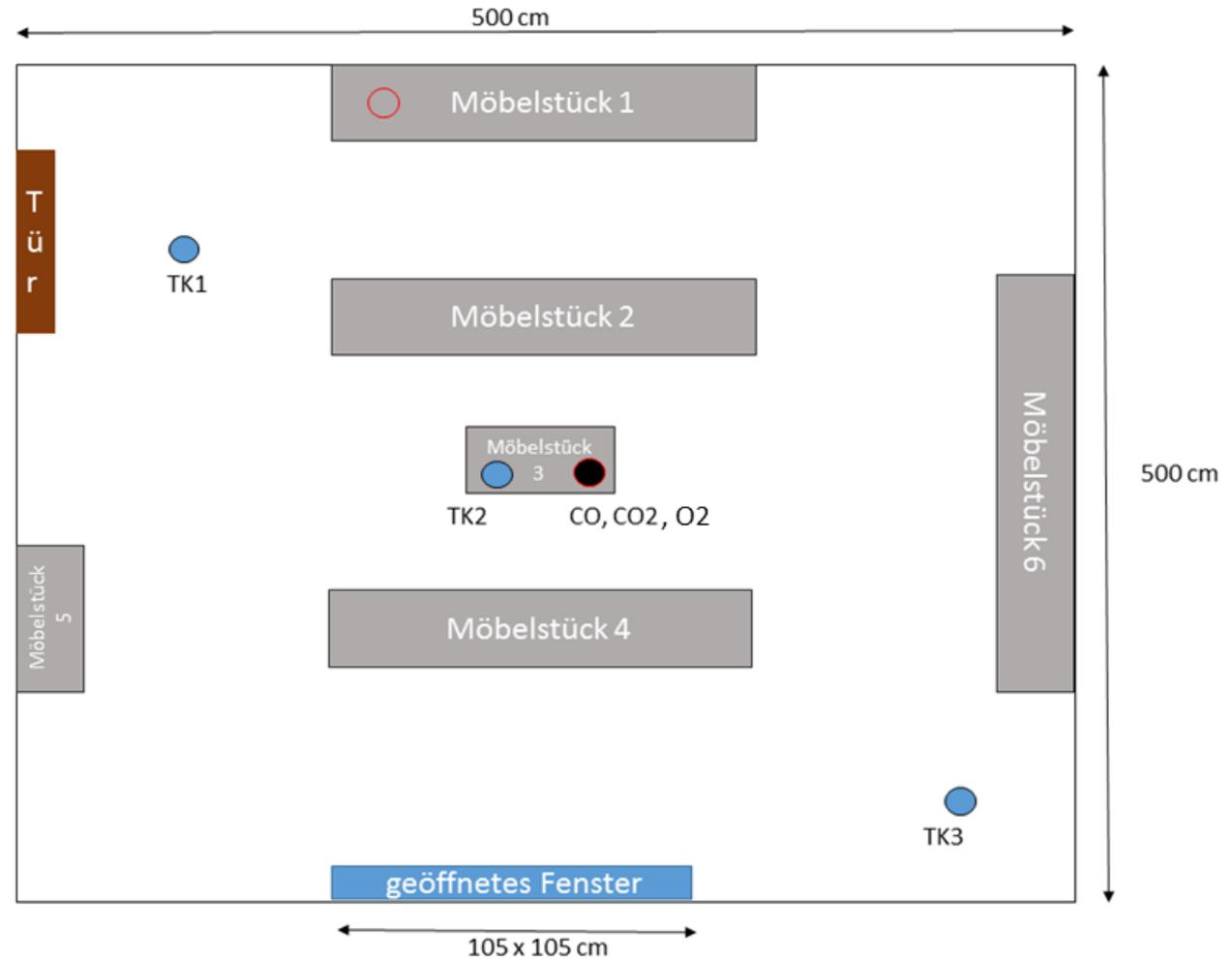


Realbrandversuch



Legende:

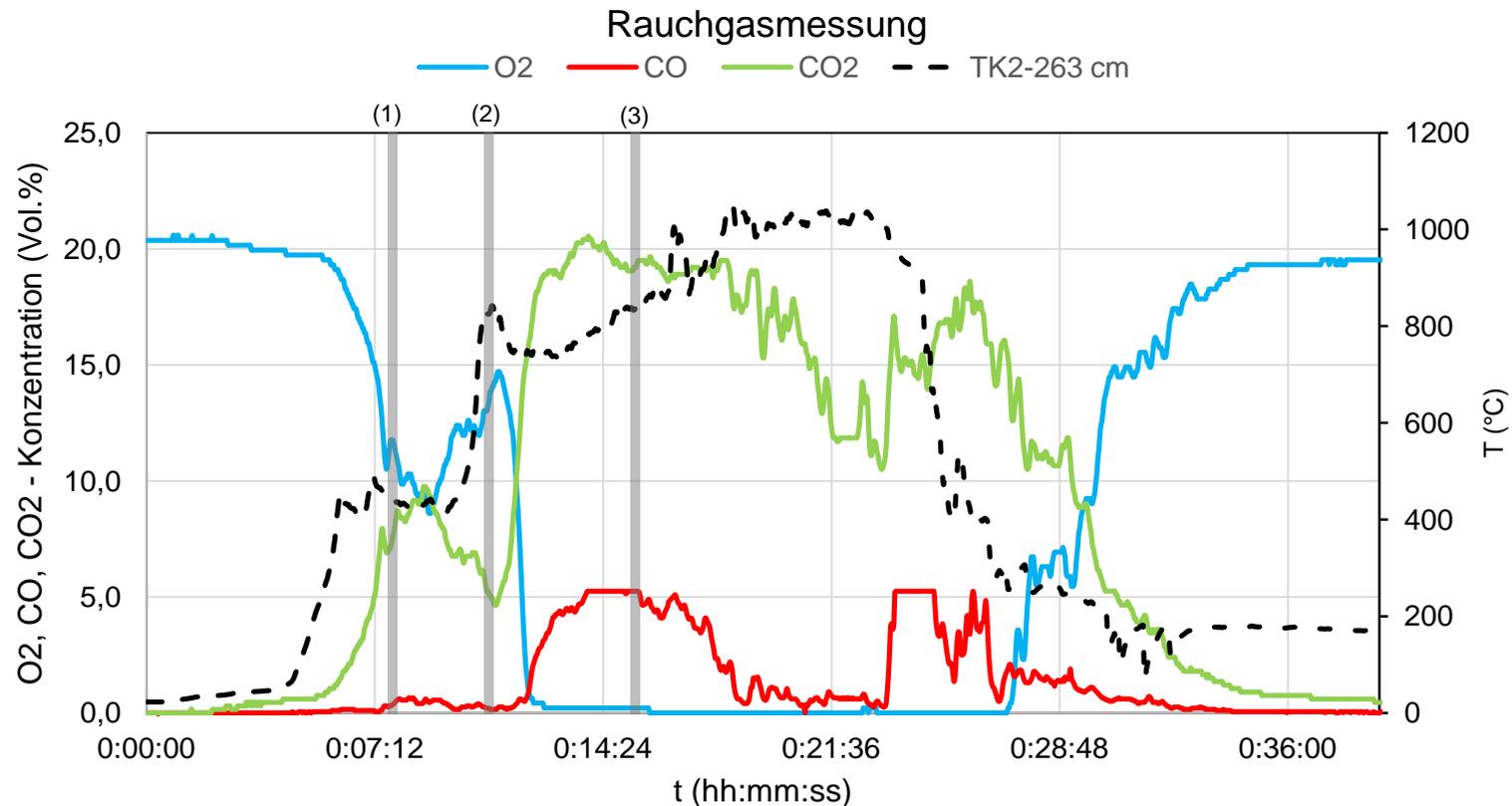
-  Rauchgasmessung
-  Thermoketten 1-3
-  Tür
15 Thermoelemente
-  Zündquelle



Realbrandversuch

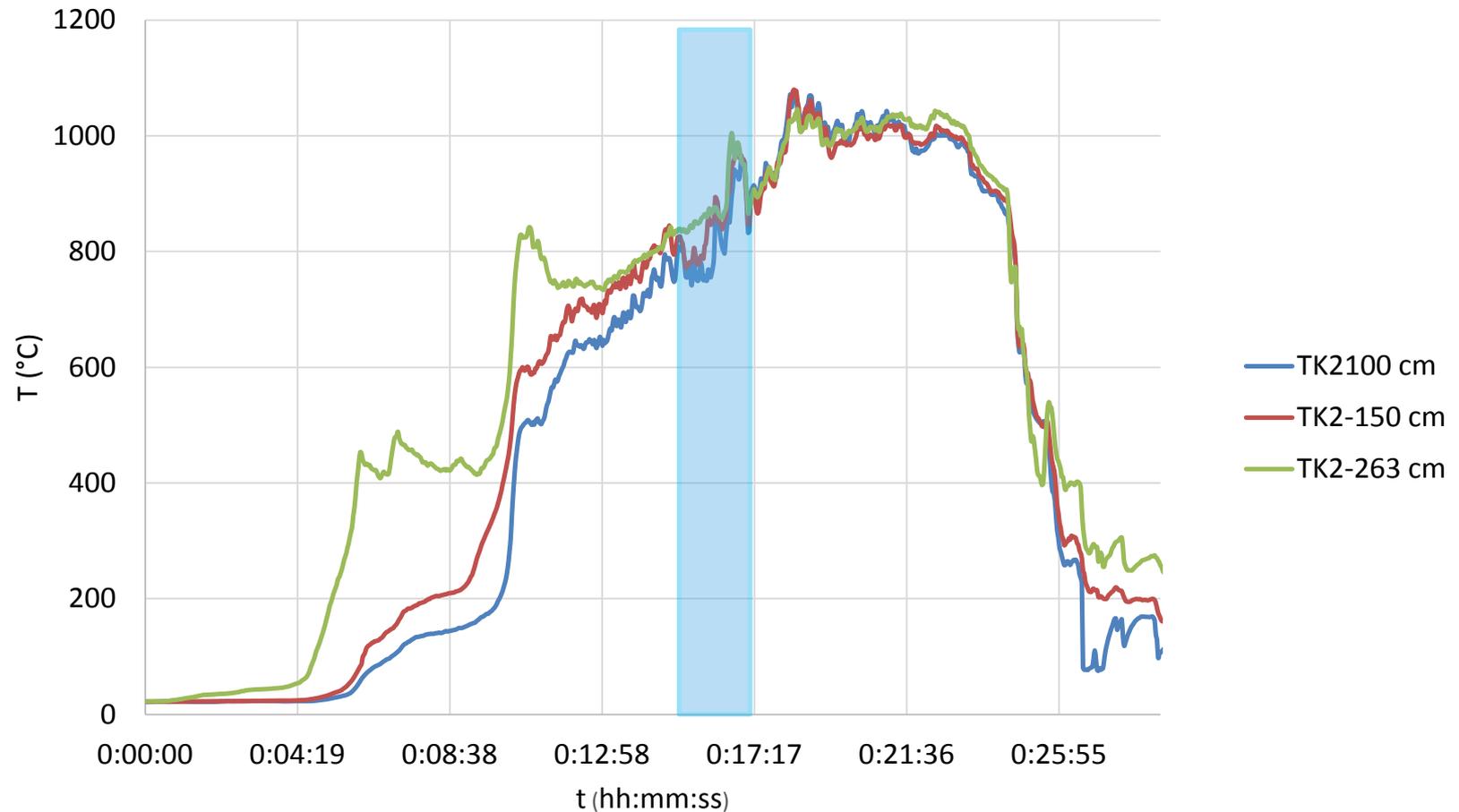


Wohnzimmerbrand



- (1) : Entzündung der Couch nach 9 Minuten
- (2): Entzündung der umliegenden Möbelstücke durch heiße Abgase nach 10:25 Minuten
- (3): Zerstörung der Tür und Entzündung der unverbrannten Kohlenwasserstoffe nach ca. 16 Minuten

Wohnzimmerbrand

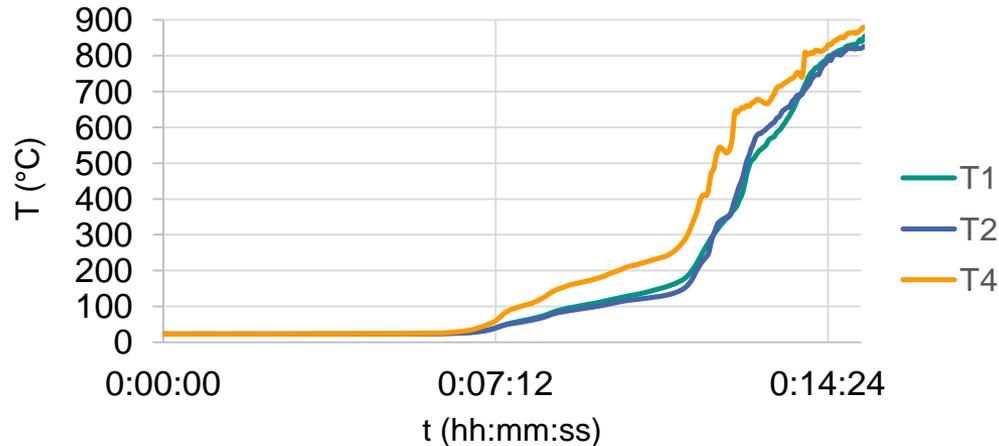


Wärmefreisetzung von 8 MW zwischen der 16. und 17. Minute

Wohnzimmerbrand

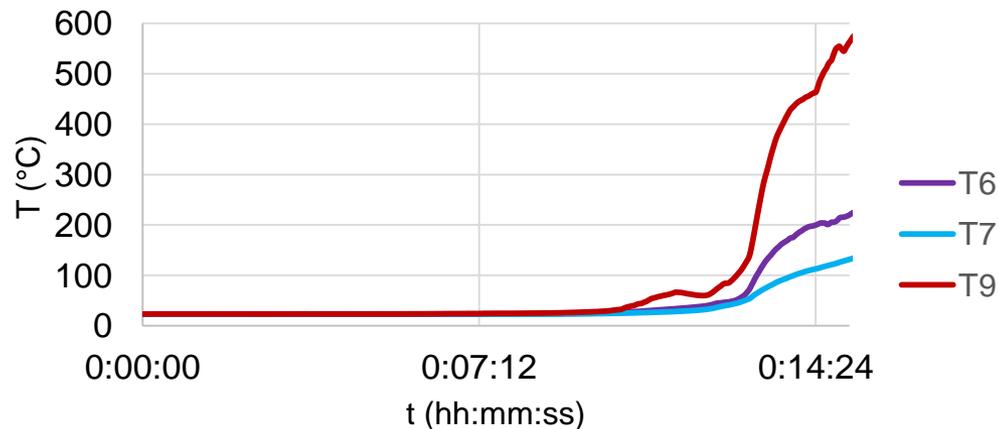


Türdetail flammenzugewandte Seite



- Erste Temperaturerhöhung nach 7 Minuten erkennbar
- Steiler Temperaturgradient nach 11 Minuten

Türdetail flammenabgewandte Seite



- Verzögerter Wärmedurchgang ersichtlich
- Steiler Temperaturanstieg nach 13 Minuten im oberen Bereich
- Nach 14 Minuten weiterer Temperaturanstieg → Tür brennt

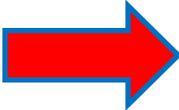
Vergleich der Temperaturen auf der Tür zwischen Kiesbettbrenner und Wohnzimmerbrand



	Wohnzimmerbrand		Kiesbettbrenner 200 KW Leistung	
	Tür Vorne	Tür hinten	Tür vorne	Tür hinten
Zündung	24,0°C	23,5°C	24°C	23,5°C
Übergang zum Vollbrand nach 10 Minuten	127°C	25°C	127°C	26°C
Vollbrand Nach 11 Minuten	160°C	30°C	160°C	31°C
Vollbrand bei einer Temperatur von 250 °C	250°C t = 11:42 Minuten	40°C	250°C t = 30 Minuten	62°C
Kurz vor Rauchgasdurch- zündung und Türabbrand	831°C T = 16 Minuten	215°C	/	/

Feuerwehrtechnisches Fazit



- Ergebnisse bieten Rückschlüsse auf die Aktualität des Handrückentestes
- Temperaturverhalten der Tür ist abhängig von :
 - Einflussgrößen im Brandraum
 - Art und Menge der Brandlast sowie die Initialbrandlast
 - Dauer der Entstehungsbrandphase und die damit verbundene Wärmefreisetzungsrate
 - Eigenschaften der Tür
 - Art des Materials auf der flammenzugewandten Türseite
 - Art der Füllung (einschichtiger- oder mehrschichtiger Aufbau)
 - Stärke der vorhandenen Türfüllung / Isolierschicht
-  Test **kann** bei einer lang andauernden Brandentwicklungsphase durchaus funktionieren
- Türfüllungen haben Einfluss auf den Wärmedurchgang
- Somit auch hinter kalter Tür = Brand möglich

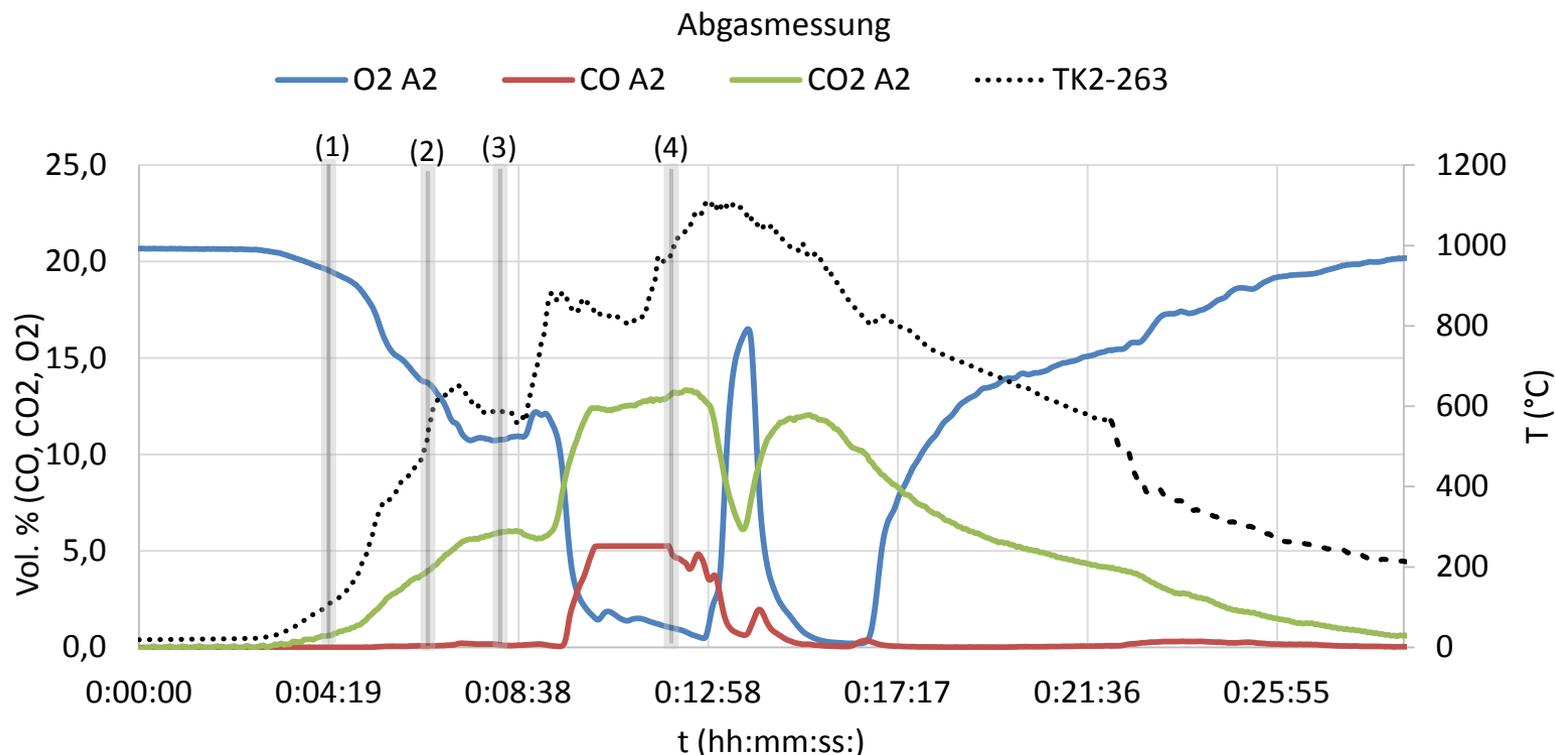
Wohnzimmerbrand 2.0



- Moderne Wohnmöbel
- Türfüllung : Wabenfüllung
- Brandlast: 171 Kg
- Messtechnik: 29 Thermoelemente, Abgasmessung (CO,CO₂,O₂)
2 Rauchwarnmelder

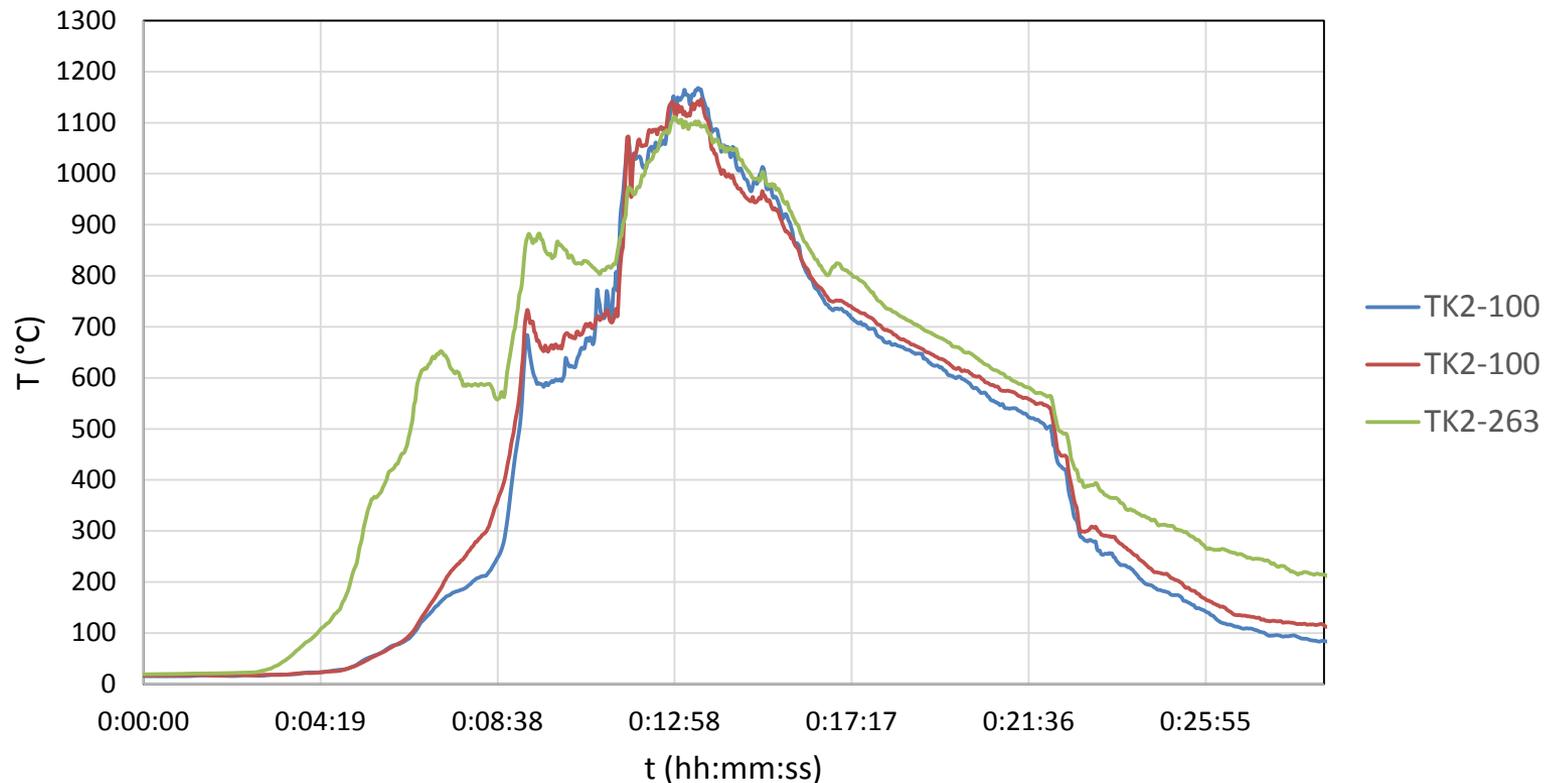


Wohnzimmerbrand 2.0



- (1) Rauchwarnmelder löst nach 4 Minuten im Brandraum aus
- (2) Entzündung der Türinnenseite durch Strahlungswärme nach 6 Minuten
- (3) Entzündung der Couch nach 8:39 Minuten
- (4) Vollständige Zerstörung des Türblattes nach 12:20 Minuten →
Frischlufteintritt → Rauchgasdurchzündung

Temperaturen in der Raummitte

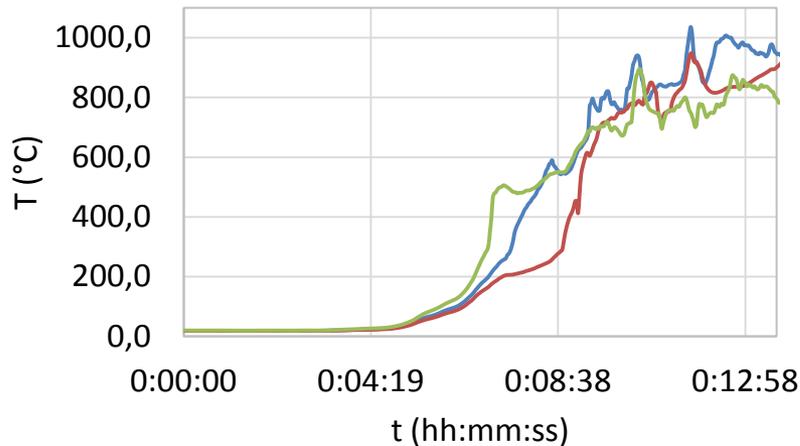


- Entzündung der inneren Türoberfläche durch heiße Abgase sowie entstandener Strahlungswärme nach 6:37 Min.
- Entzündung der Couch nach 8:40 Min.
- Entzündung des Rauchgases nach 12:20 Min.

Temperaturen an der Tür



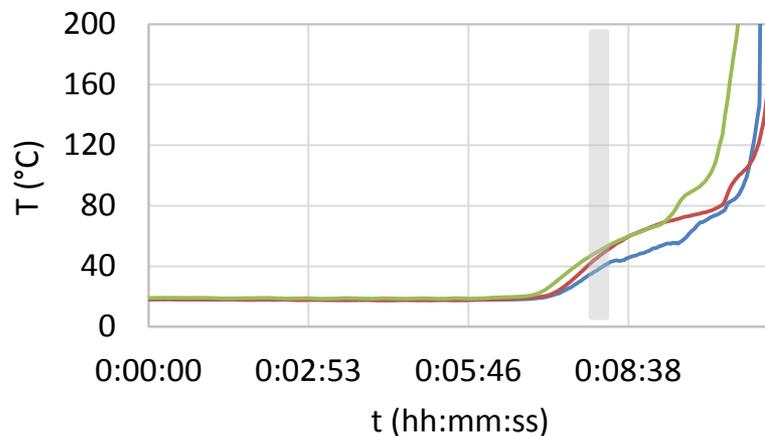
Flammenzugewandte Türseite



— TT1v
— TT2v
— TT4v

- Nach 5 Minuten erste Temperaturerhöhung auf 85 °C
- Danach schneller Anstieg auf 560 °C (8. Minute) → Tür brennt bereits

Flammenabgewandte Türseite



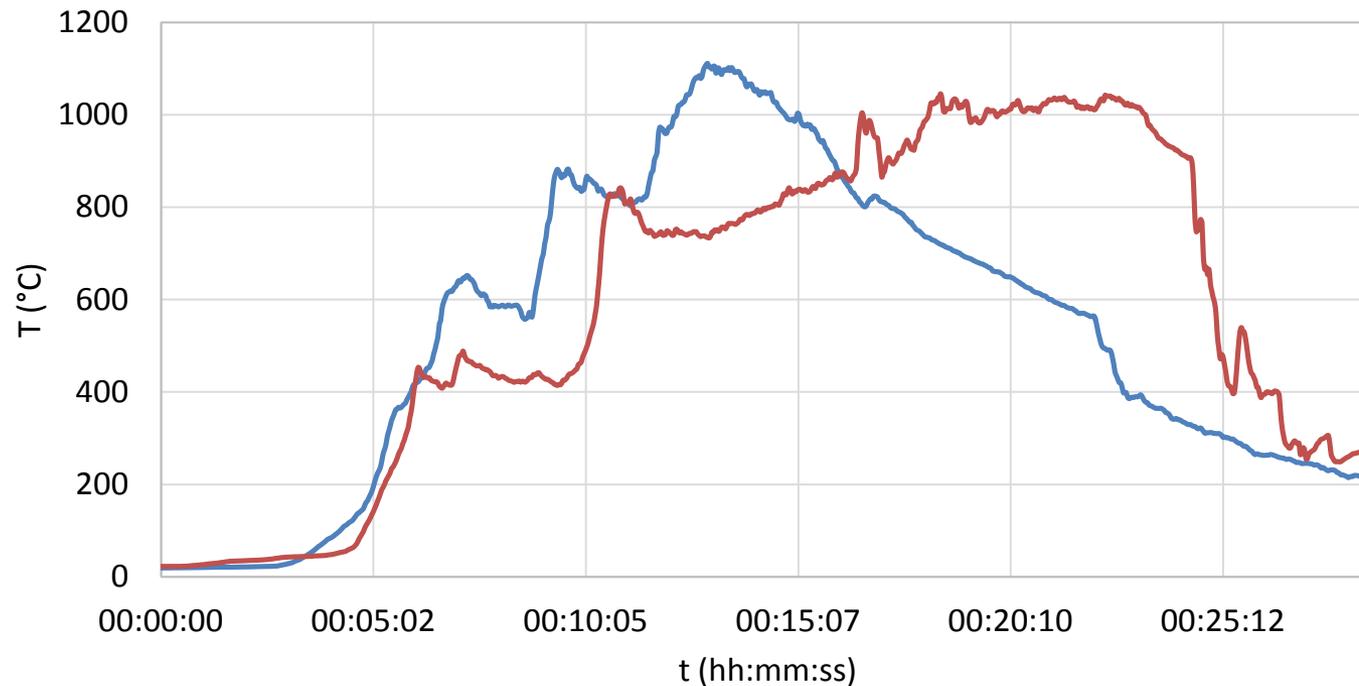
— TT6h
— TT7h
— TT9h

- Erste Temperaturerhöhung nach 7 Minuten auf 21°C.
- 8. Minute → Handrückentest wurde durchgeführt (44°C)
- Bis zur 9. Minute Erhöhung auf 66 °C → danach Türabbrand

Vergleich Temperaturen Versuch 1 und 2



Temperaturen in der Mitte in 263 cm Höhe

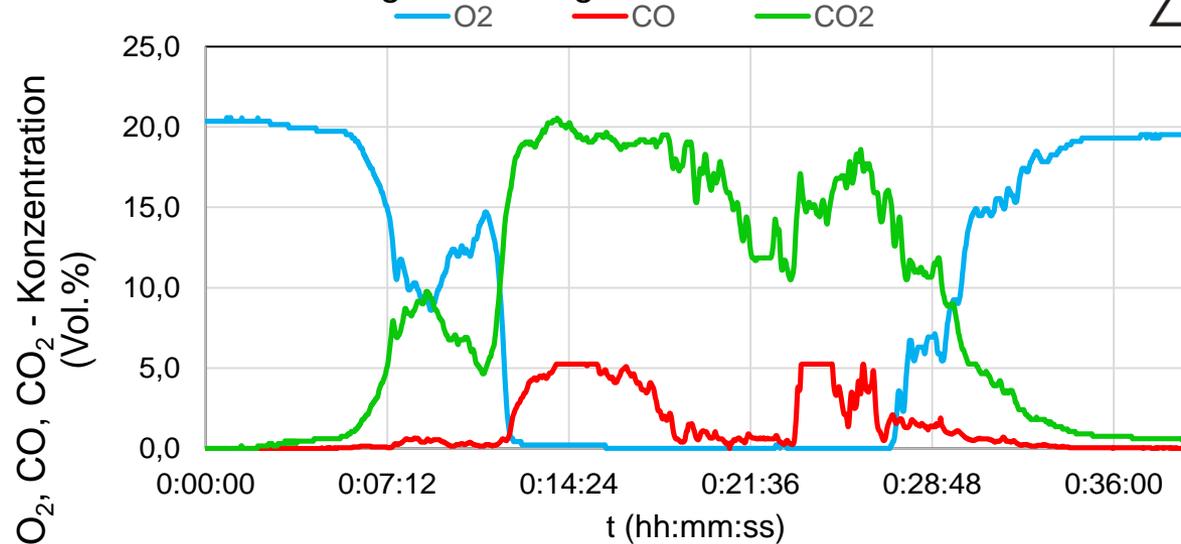


Versuch Massivholz Mobiliar
Versuch Modernes Mobiliar

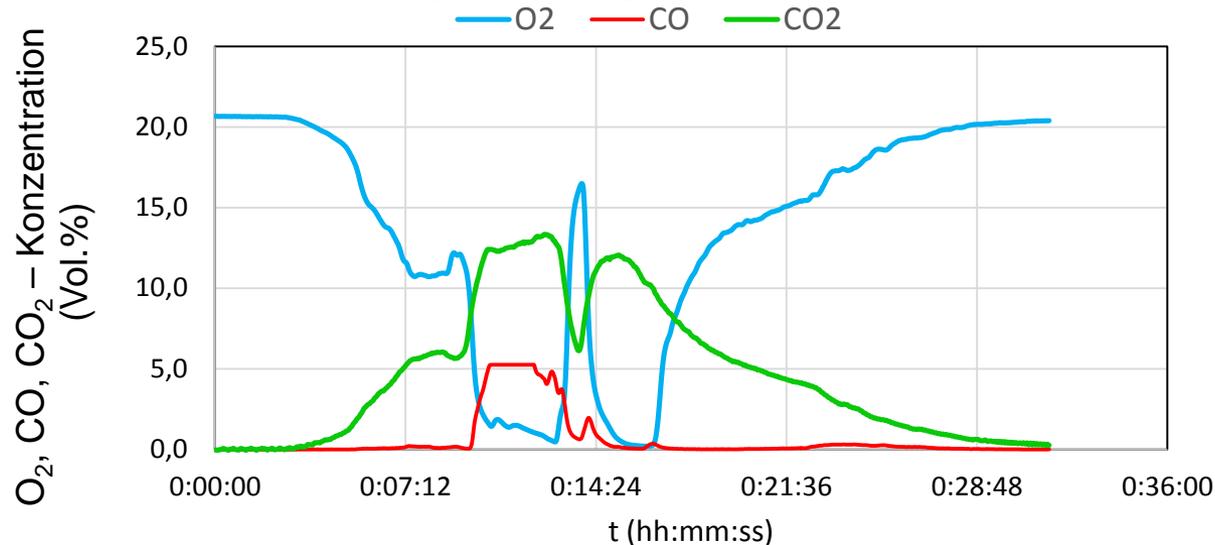
Vergleich der Abgasmessungen



Abgasmessung Massivholz Mobilier



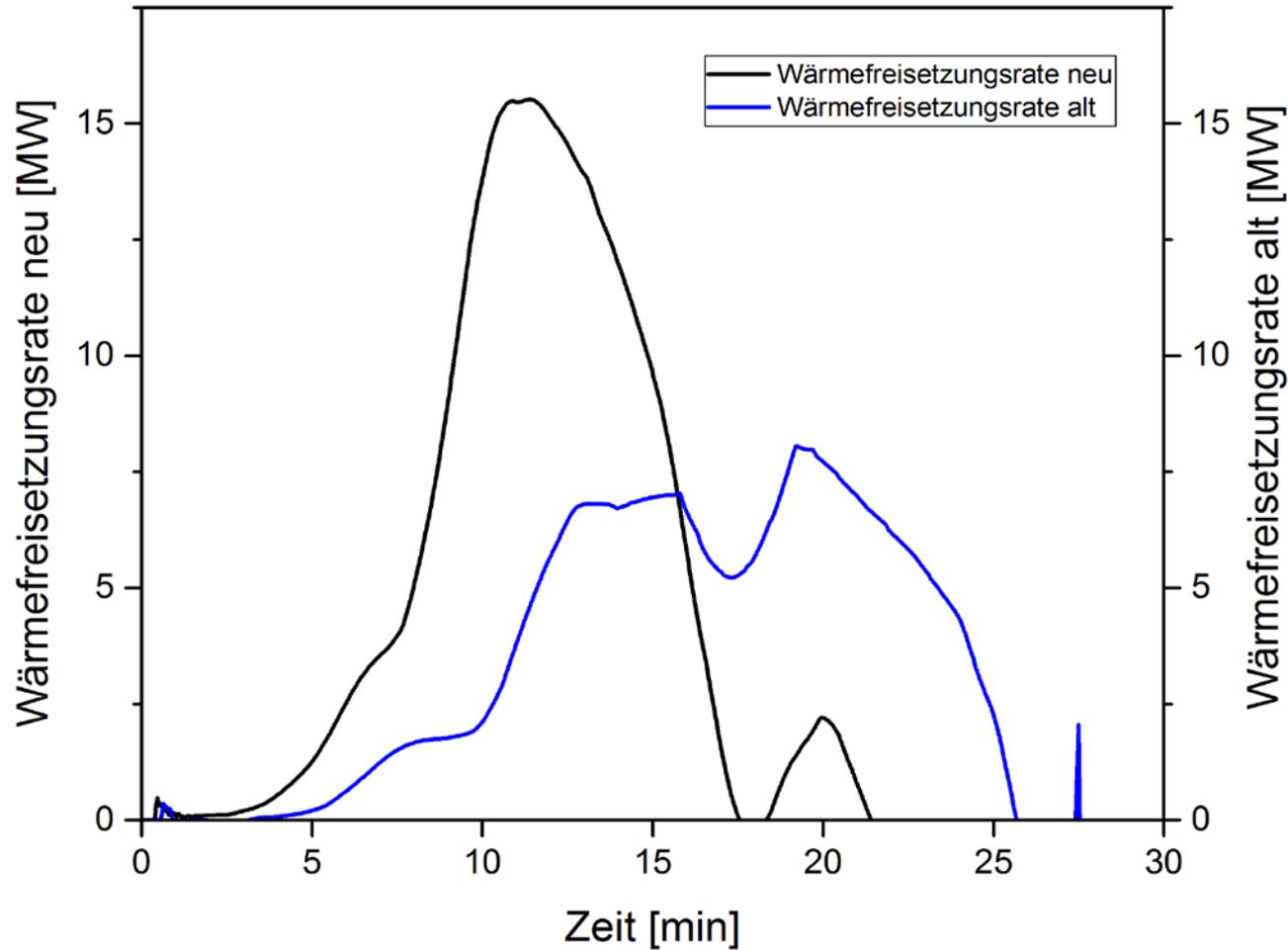
Abgasmessung Modernes Mobilier



Vergleich der Wärmefreisetzungsrate



Wärmefreisetzungsraten - Vergleich



Vergleich der aufgetretenen Phänomene



Aufgetretene Phänomene	Versuch 1 Massivholz Möbel	Versuch 2 Moderne Möbel
Entzündung der Couch	9. Min.	8:40 Min.
Flash Over	10:25 Min.	ca. 9:30 Min.
Vollbrand der Tür	16. Min.	12. Min.
Entzündung des Rauchgases	17. Min.	12:20 Min.

Versuchsbilder



t = 3 Minuten



t = 4 Minuten

Versuchsbilder



t = 8. Minute



t = 10. Minute

Versuchsbilder



Fazit Wohnzimmerbrand 2.0



- Brandausbreitungsgeschwindigkeit wird aufgrund „Luftfüllung“ beschleunigt
- Schnellerer Temperaturanstieg sowie Wärmefreisetzungsgeschwindigkeit
- Maximale Wärmefreisetzung von 15 MW (Wohnzimmerbrandversuch 1.0 → 8 MW)
- Typische Phänomene und Brandphasen sind wieder erkennbar aber treten zeitlich früher auf

- Untersuchung mit Wärmebildkameras als Alternative zum Handrückentest
- Untersuchung eines Wohnzimmerbrandes unter verschiedenen Ventilationsbedingungen sowie unterschiedlicher Brandlast
- Ergebnisse dienen zur dreidimensionalen numerischen Simulation
 - Detailgetreue Brandausbreitung
 - unterschiedliche Einflüsse von Ventilationszuständen



Vielen Dank

