

FE 15.0550/2011/ERB

# **Auswirkungen von Lang-Lkw auf die sicherheitstechnische Ausstattung und den Brandschutz von Straßentunneln**

Gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)

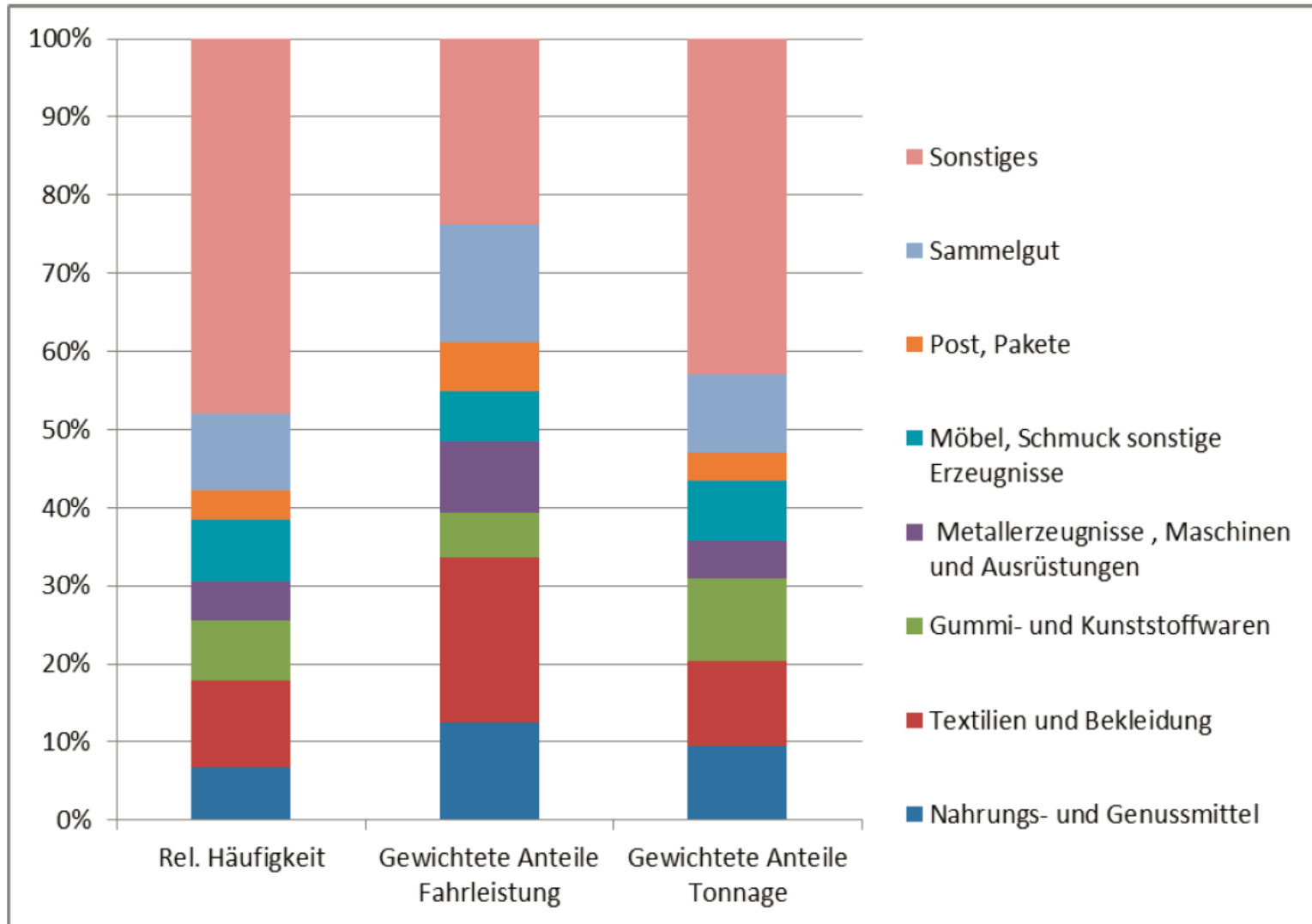
Betreut durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)

Inhaltliche Verantwortung liegt beim Autor

# Fragestellungen

- ▶ Sind die bisher festgelegten Brandlasten für Brände in Straßentunneln auch für Lang-Lkw zutreffend?
- ▶ Resultieren aus dem Einsatz von Lang-Lkw auf dem deutschen Straßennetz im Brandfall erhöhte Risiken?
- ▶ Welche Auswirkungen sind im Hinblick auf die Sicherheit von Tunnelnutzern und der Tunnelkonstruktion zu erwarten?
- ▶ Ergeben sich erhöhte sicherheitstechnische und brandschutztechnische Anforderungen an Straßentunnel ?

# Mit Lang-Lkw transportierte Güter

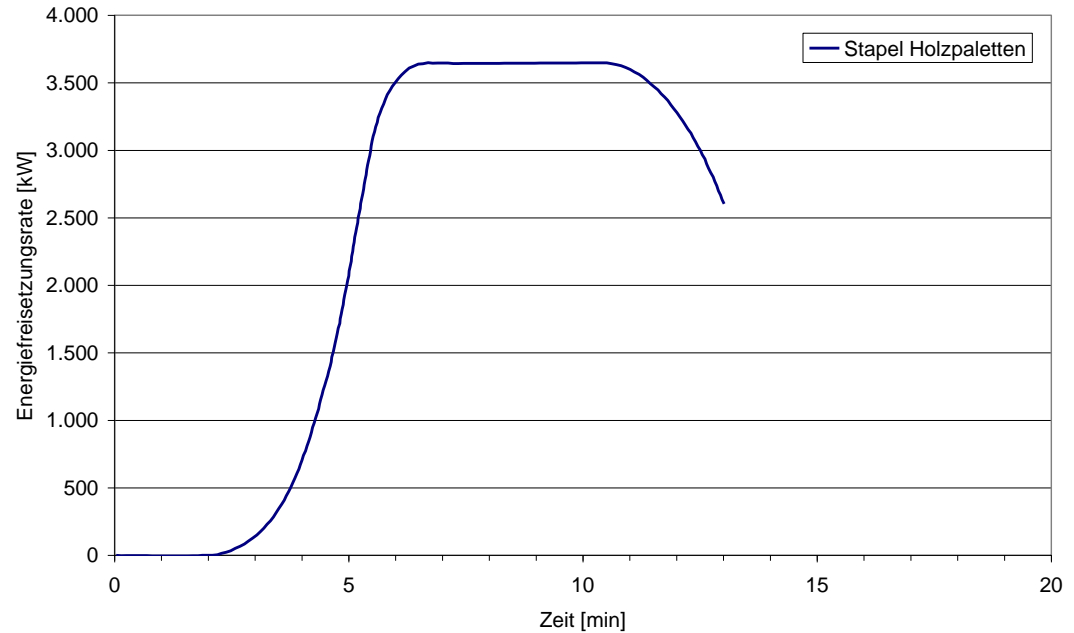
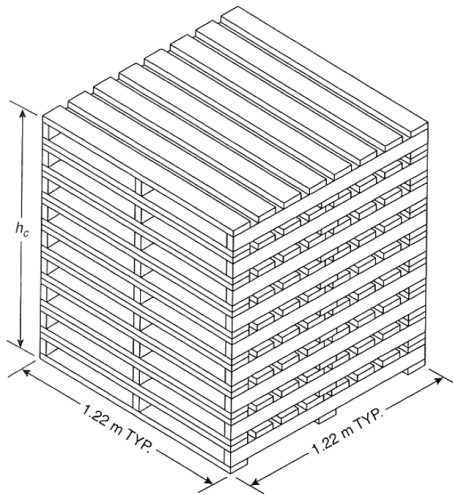


Quelle: Röhling, Burg, Klaas-Wissing (2014)

# Bestimmung maßgeblicher Brandparameter

## Repräsentative Auswahl: Palettenstapel

L. M. Krasner: "Burning Characteristics of Wooden Pallets as Test Fuel", Serial 16437, Factory Mutual Research Corp., Norwood, MA (1968)

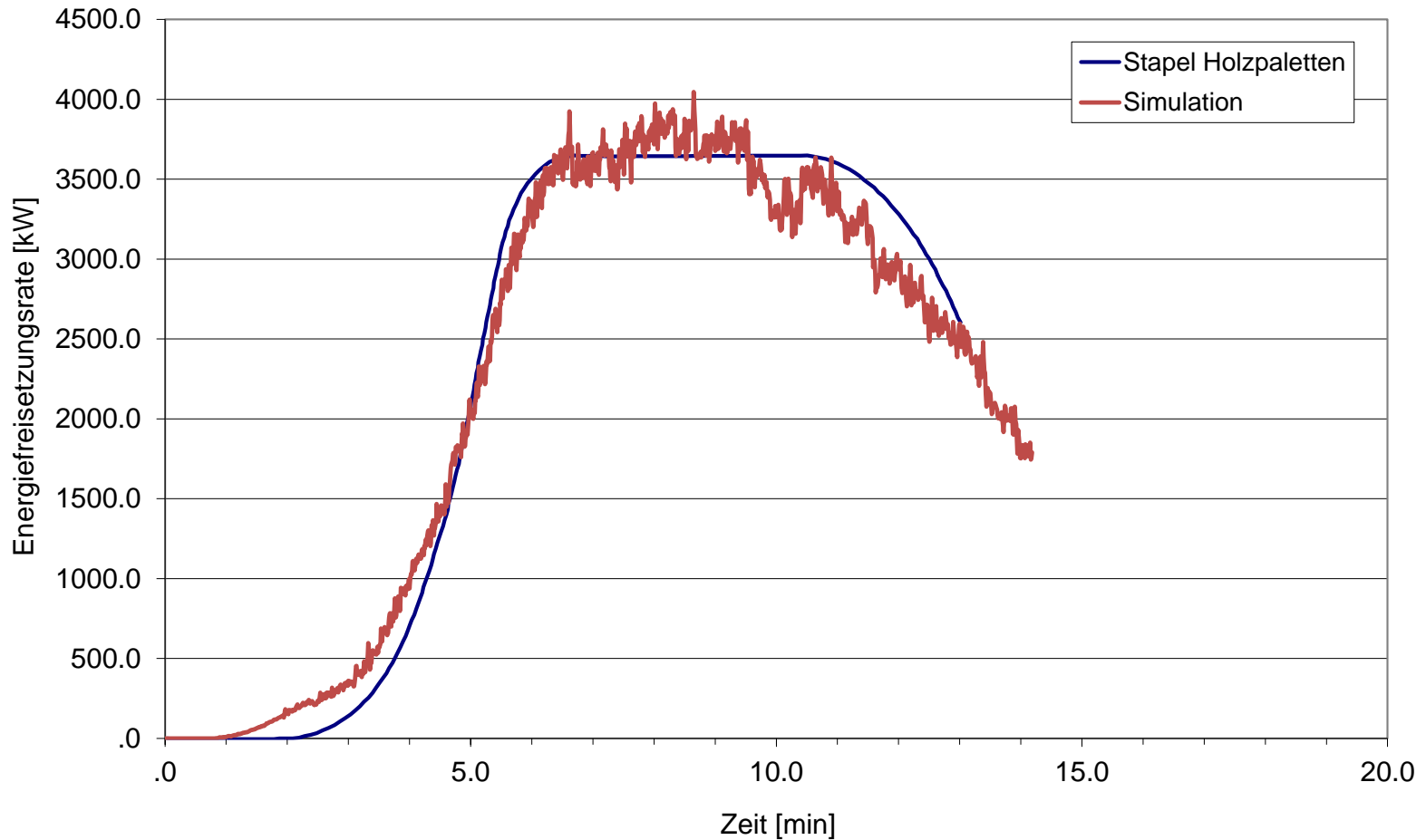


Stellvertretend für:

- ▶ Paletten
- ▶ Holz, Papier, Pappe und daraus hergestellte Waren
- ▶ Möbel und Umzugsgut
- ▶ palettierten und gestapelten Waren (Brandversuche Runehammer)

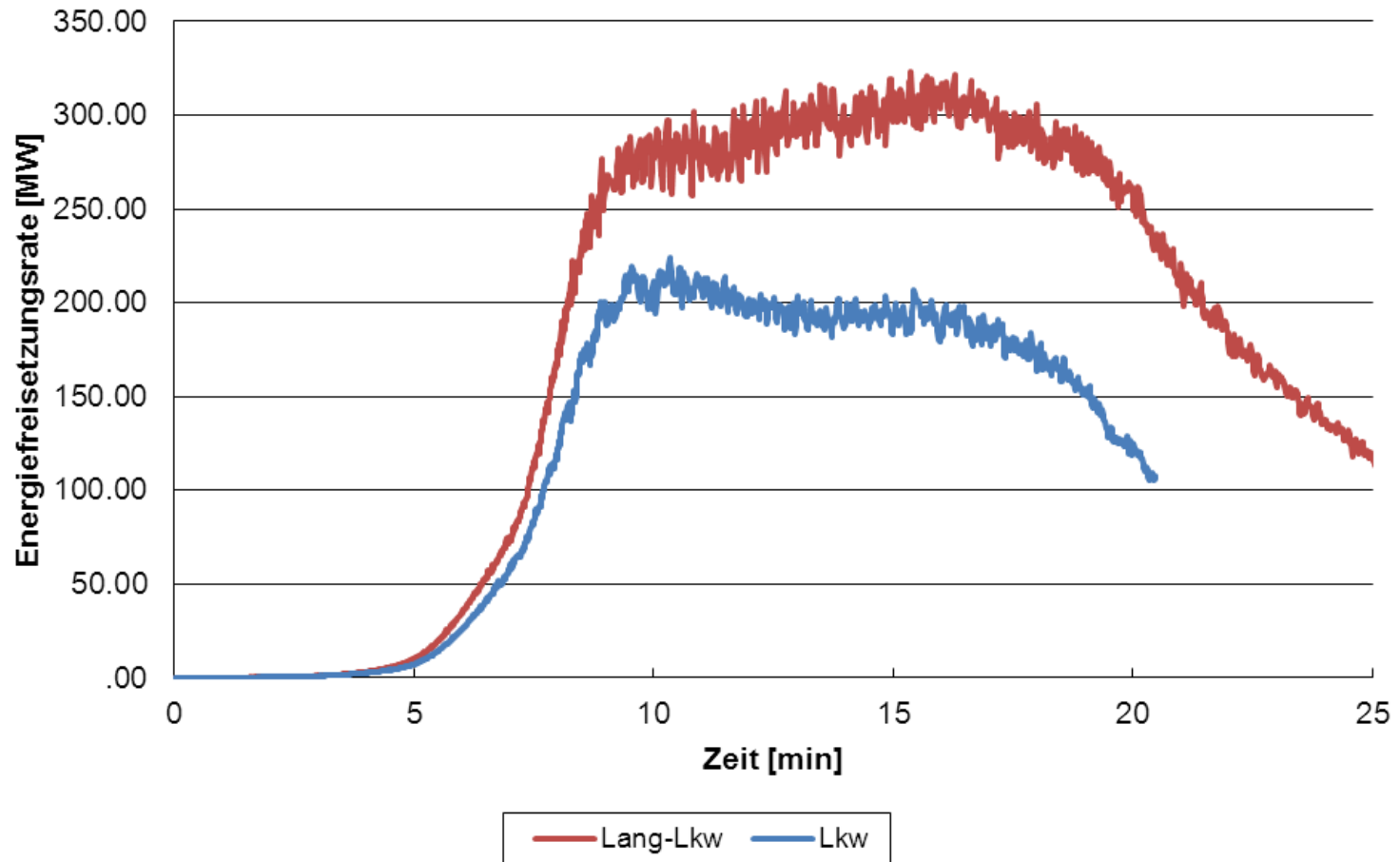
# Bestimmung maßgeblicher Brandparameter

## Holzpaletten – Vergleich Realbrand – Simulation



# Bestimmung maßgeblicher Brandparameter

## Holzpaletten – Vergleich Lkw – Lang-Lkw



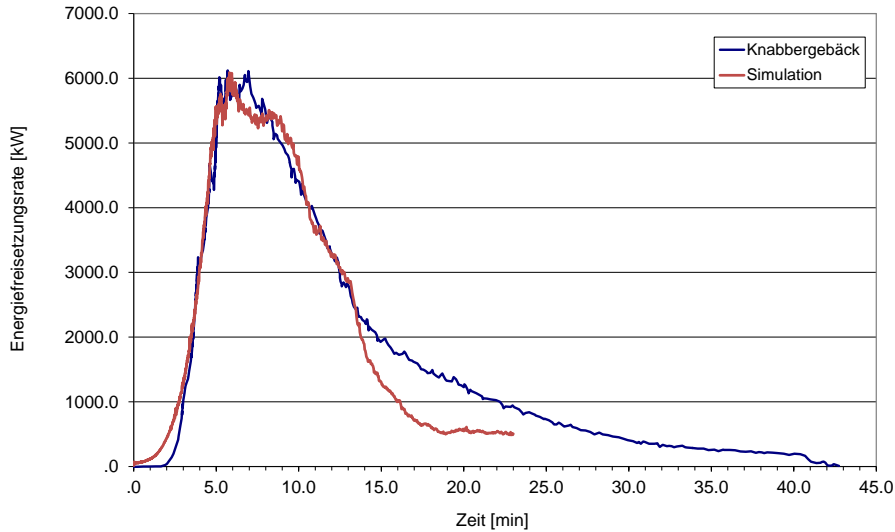
52 \* 15 = 780 Paletten

34 \* 15 = 510 Paletten

# Bestimmung maßgeblicher Brandparameter

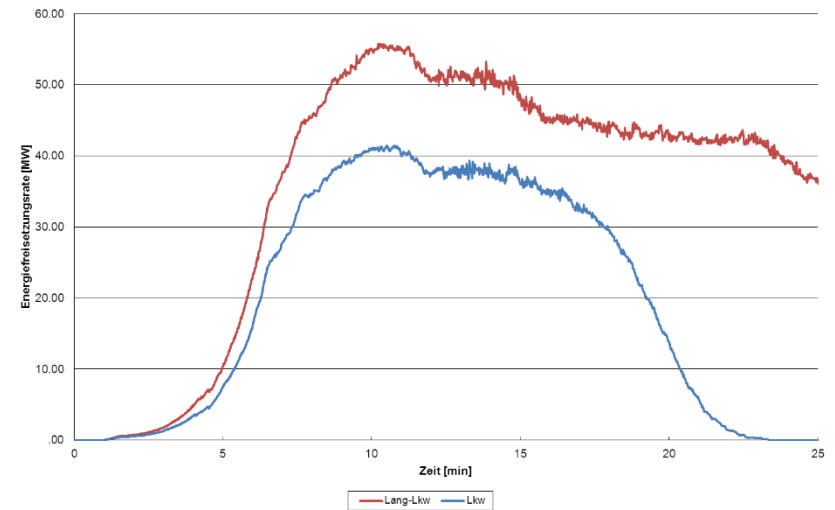
## Repräsentative Auswahl: Kartoffelchips

Knabbergebäck – Vergleich Realbrand – Simulation



Realbrand:  
M. Arvidson: "Potato Crisps and Cheese Nibbles Burn Fiercely," Brandposten [SP] Nr. 32, S. 10-11 (2005)

Knabbergebäck – Vergleich Lkw – Lang-Lkw



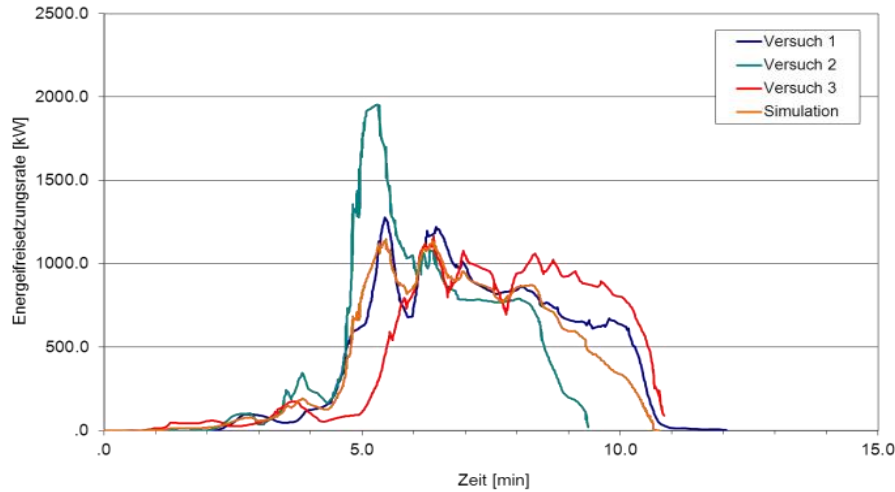
Stellvertretend für:

- Mehl & Margarine (Mont Blanc Tunnelbrand)
- Brennbare Lebensmittel

# Bestimmung maßgeblicher Brandparameter

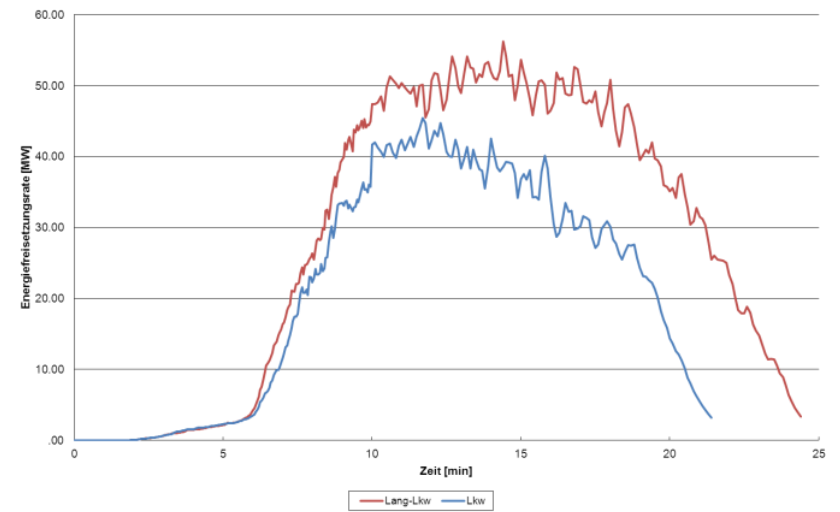
## Repräsentative Auswahl: Kleidung

Kleidung – Vergleich Realbrand – Simulation



Realbrand:  
D.W. Stroup, L. DeLauter, J. Lee, and G. Roadarmel: "Fire Tests of Men's Suits on Racks," FR 4013, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD (2001)

Kleidung – Vergleich Lkw – Lang-Lkw



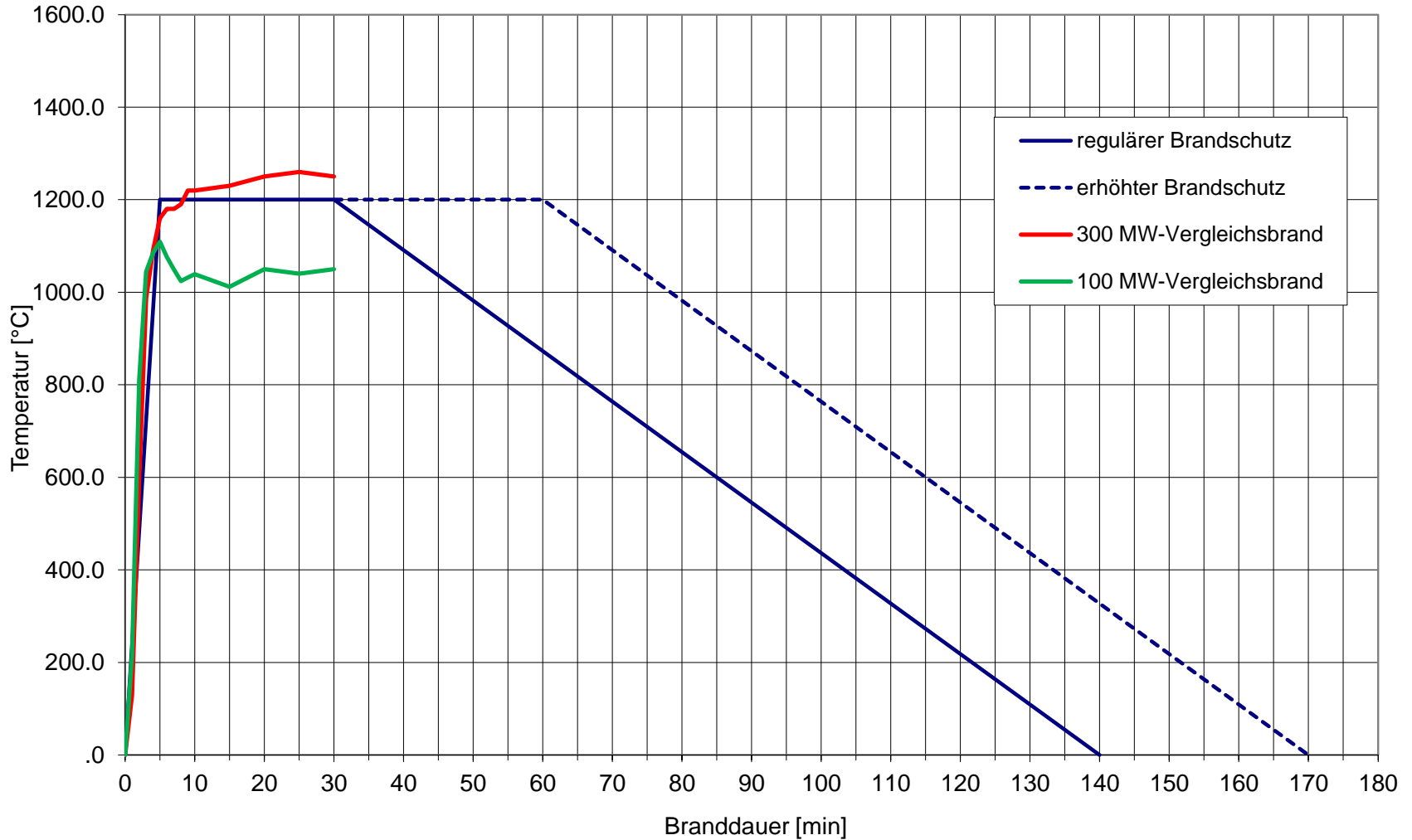
Stellvertretend für: ➤ Kleidung

➤ Textilien



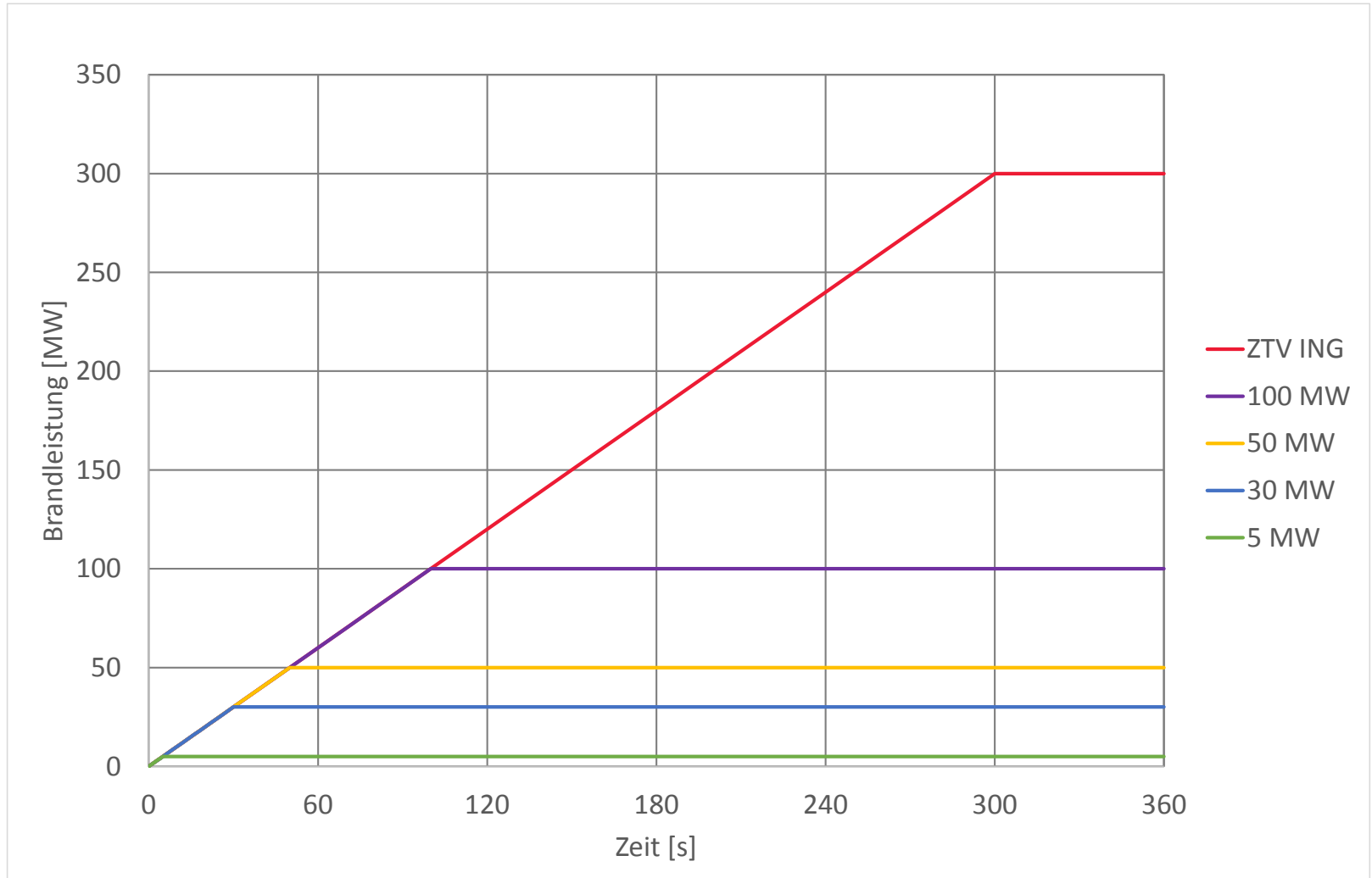
# Bestimmung maßgeblicher Brandparameter

## Korrespondierende Energiefreisetzungsrate zur ZTV-Ing. Kurve



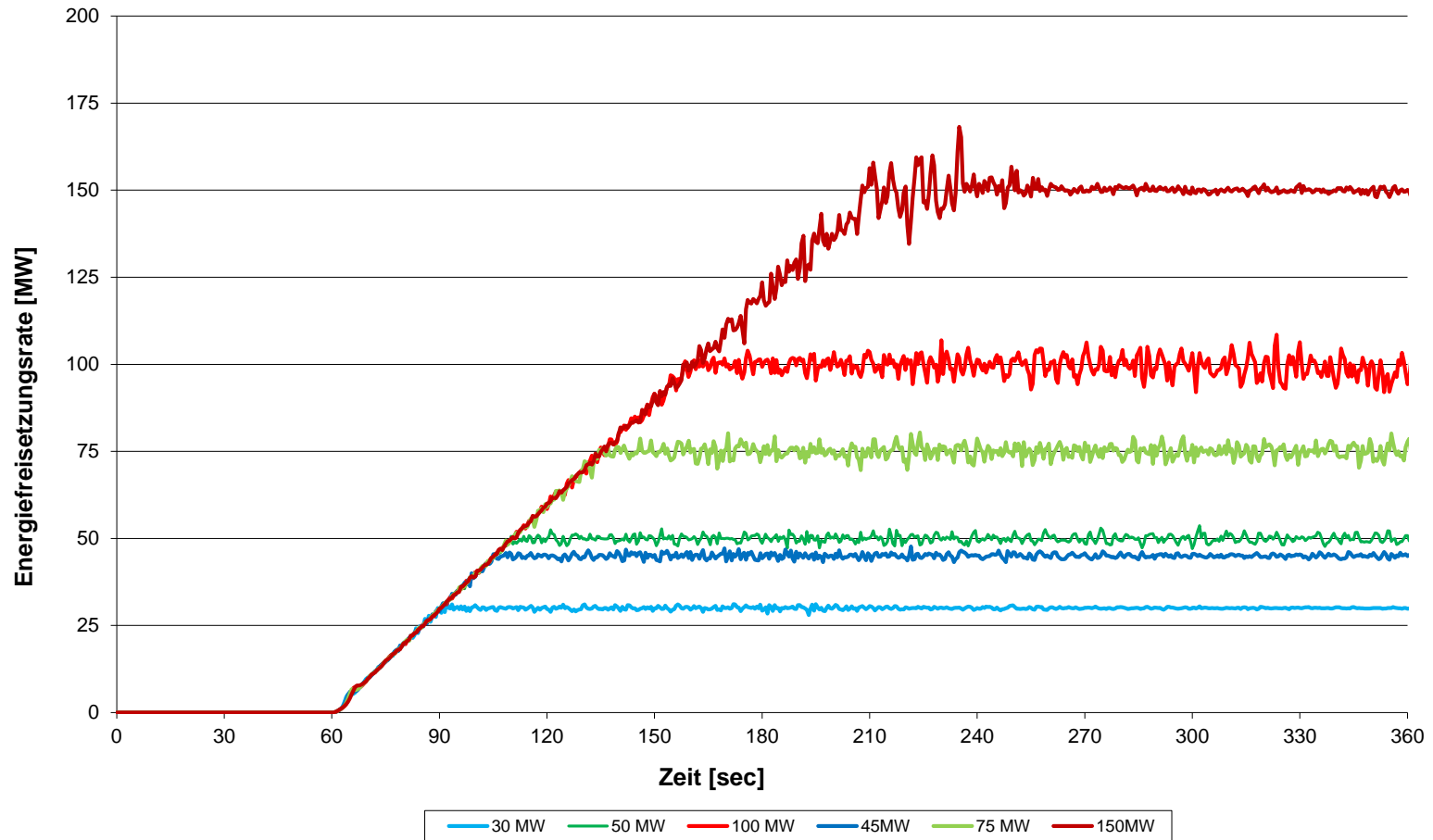
# Bestimmung maßgeblicher Brandparameter

## Energiefreisetzung Risikoanalyse (Basis ZTV-ING-Kurve)



# Bestimmung maßgeblicher Brandparameter

## Energiefreisetzung Risikoanalyse (Erweiterung um Lang-Lkw)



# QUANTITATIVE RISIKOANALYSEN (QRA)

## Klärung der drei Basisfragen:

- **Was kann sich ereignen ?**
- **Wie häufig kann es eintreten ?**
- **Was sind die Auswirkungen ?**

# RISIKO & MAßNAHMENWIRKSAMKEIT

## Definition

Aussage über die Zukunft, bestehend aus den Komponenten:

- zu erwartende Häufigkeit des Eintritts und
- Größe der Auswirkungen beim Eintritt

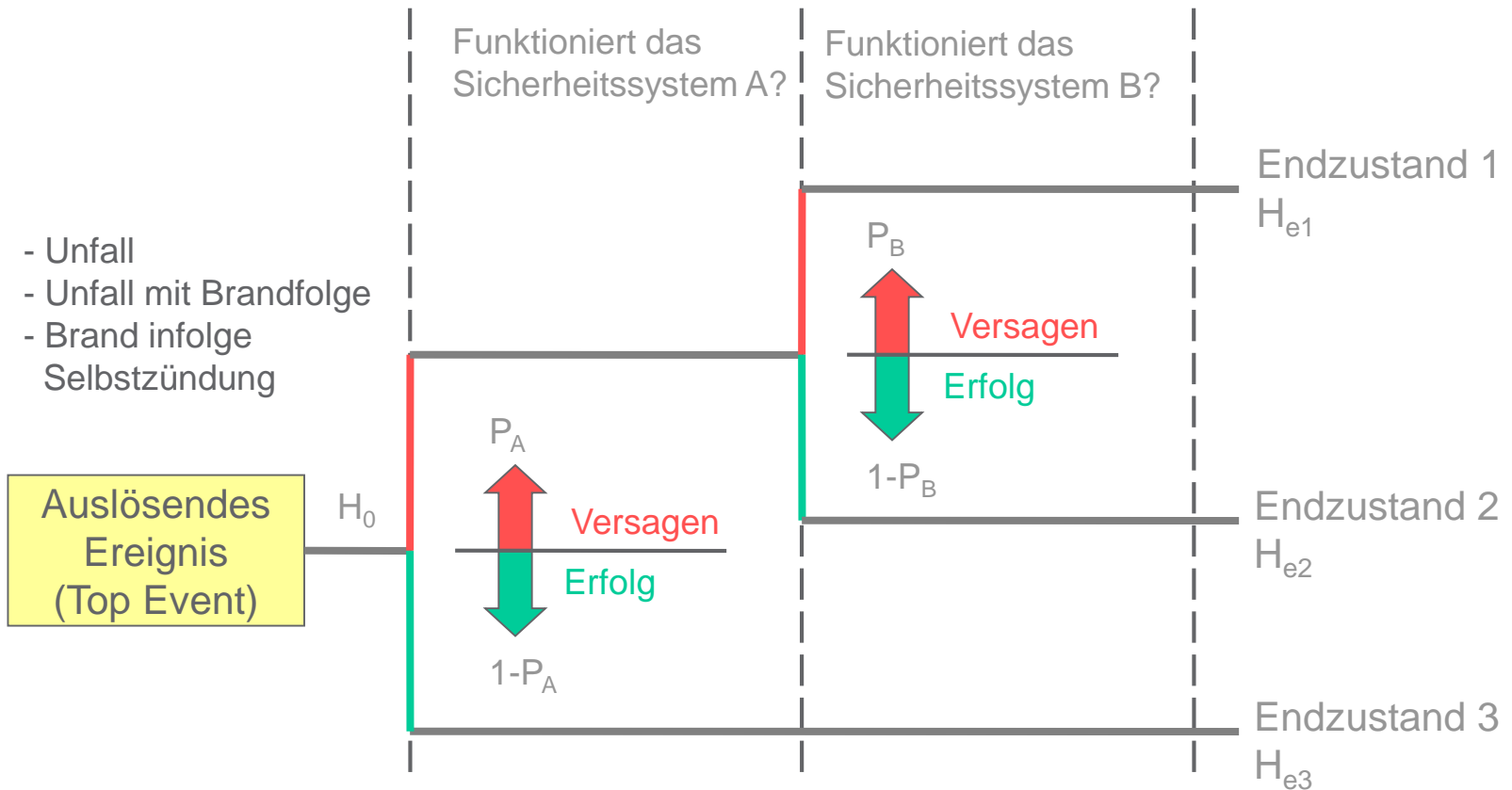
Risiko = Eintrittshäufigkeit \* Größe der Auswirkungen

## Maßnahmenwirksamkeit:

Veränderung des Risikos

$\Delta R = \text{Risiko mit Maßnahme} - \text{Risiko ohne Maßnahme}$

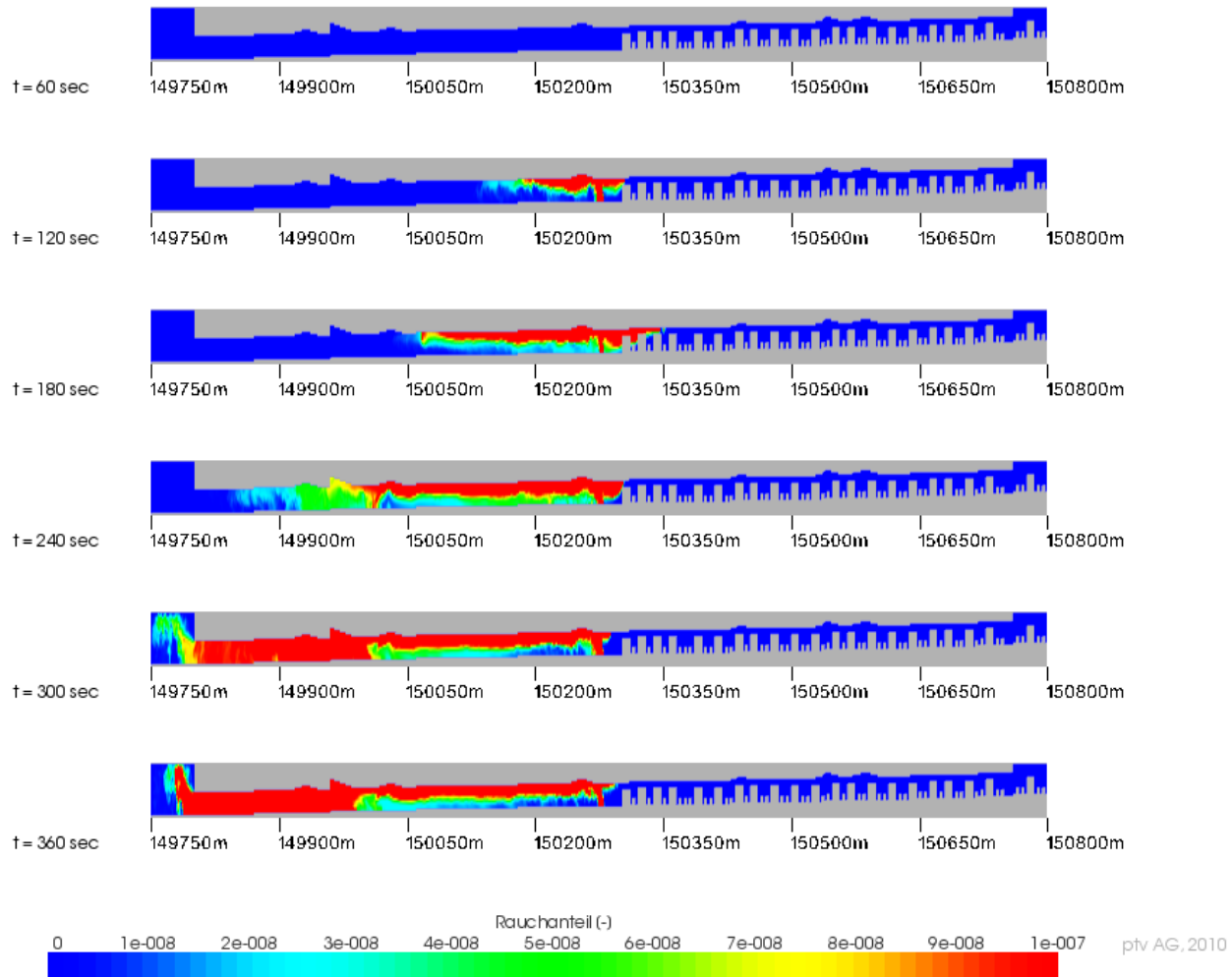
# Ereignisablauf



$$H_{ei} = H_0 \prod (\text{Verzweigungswahrscheinlichkeit } P_i \text{ im Zweigi})$$

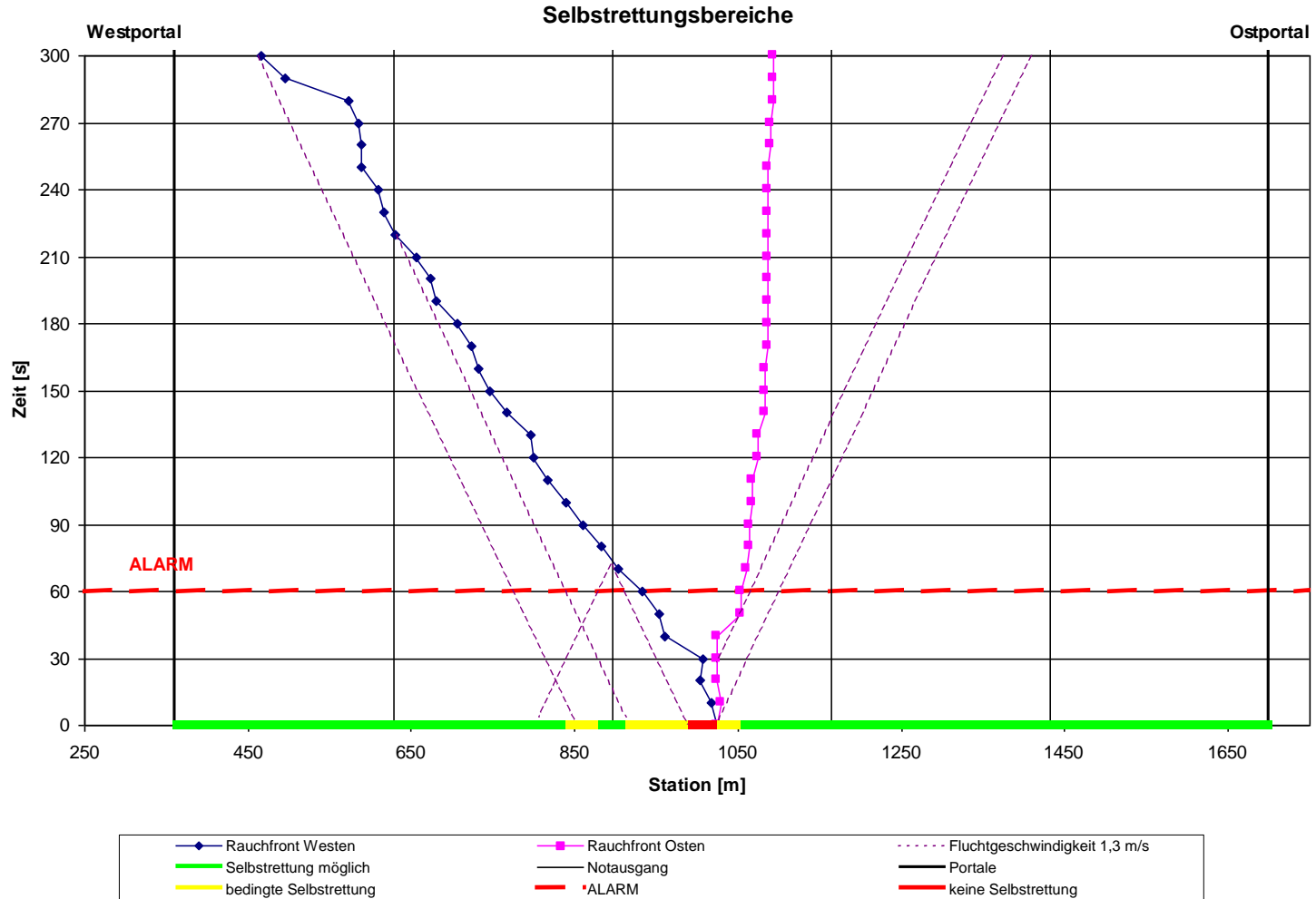
# Risikoanalyse

## Einwirkungsermittlung mittels CFD-Berechnungen



# Risikoanalyse

## Ermittlung Selbstrettungsbereiche





# Risikoanalyse

## Risikoermittlung & Risikobewertung

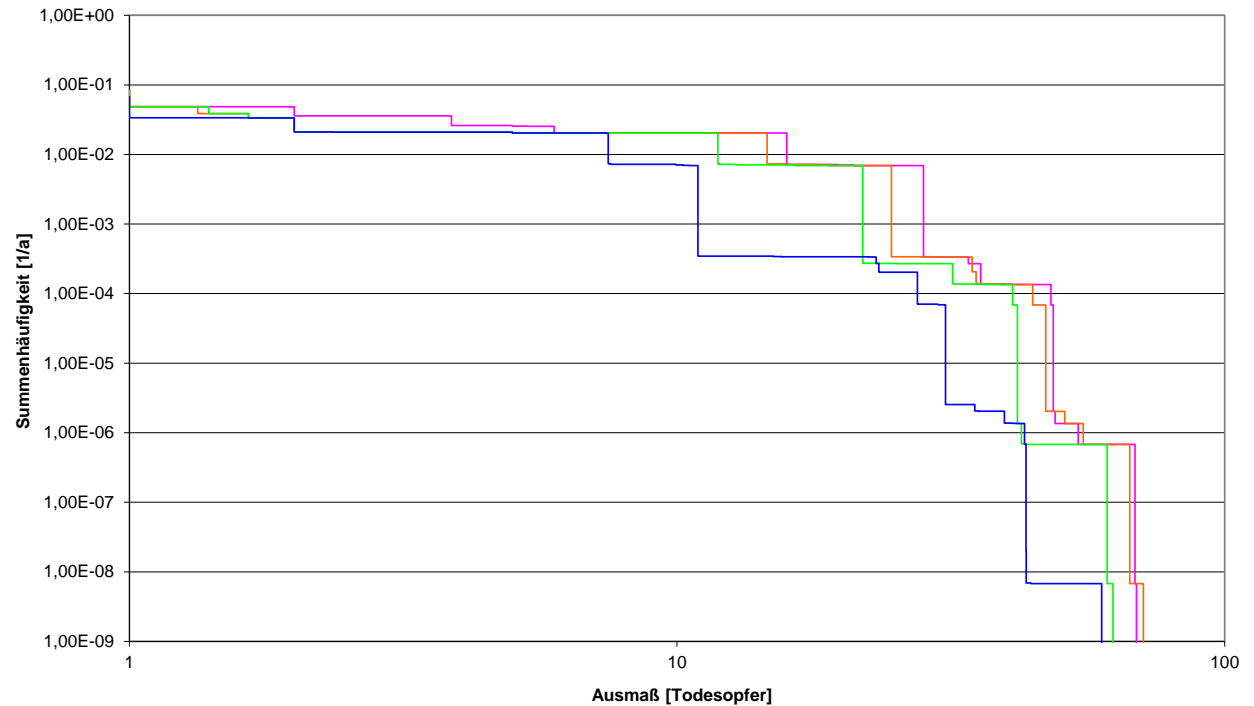
Risiko  $R_0$

$$R = \sum_{i=1}^m (H_{ei} \cdot A_{ei})$$

Bewertetes Risiko  $R_{AV}$

$$R = \sum_{i=1}^m (H_{ei} \cdot A_{ei} \cdot I_{AV})$$

## f-n Diagramm



# Risikoanalyse

## Referenztunnel

Parameter	Tunnel ohne Lang-Lkw	
Abkürzung	RV-Tunnel 1A	RV-Tunnel 2A
<b>Infrastruktur</b>		
Tunnellänge	1.200 m	
Verkehrsart	Richtungsverkehr	
Anzahl Fahrstreifen pro Richtung (Regelquerschnitt)	2 (RQ10,5t)	
Querschnittshöhe	5.0 m	
Längsneigung	-3.0 %	
Lüftungssystem	Längslüftung	Längslüftung mit Rauchabsaugung
Notausgangabstand	300 m	
<b>Verkehr</b>		
DTV pro Tunnelröhre	30.000 Kfz/d	30.000 Kfz/d
Schwerverkehrsanteil	15%	15%
Stauanteil	0.34%	0.34%
Lang-Lkw-Anteil	--	--
<b>Ereignis</b>		
Brandort	Mitte Tunnel	
Brandleistung	5 / 30 / 50 / 100 MW	
Branddetektion	60 s	
Bemerkungen	--	--

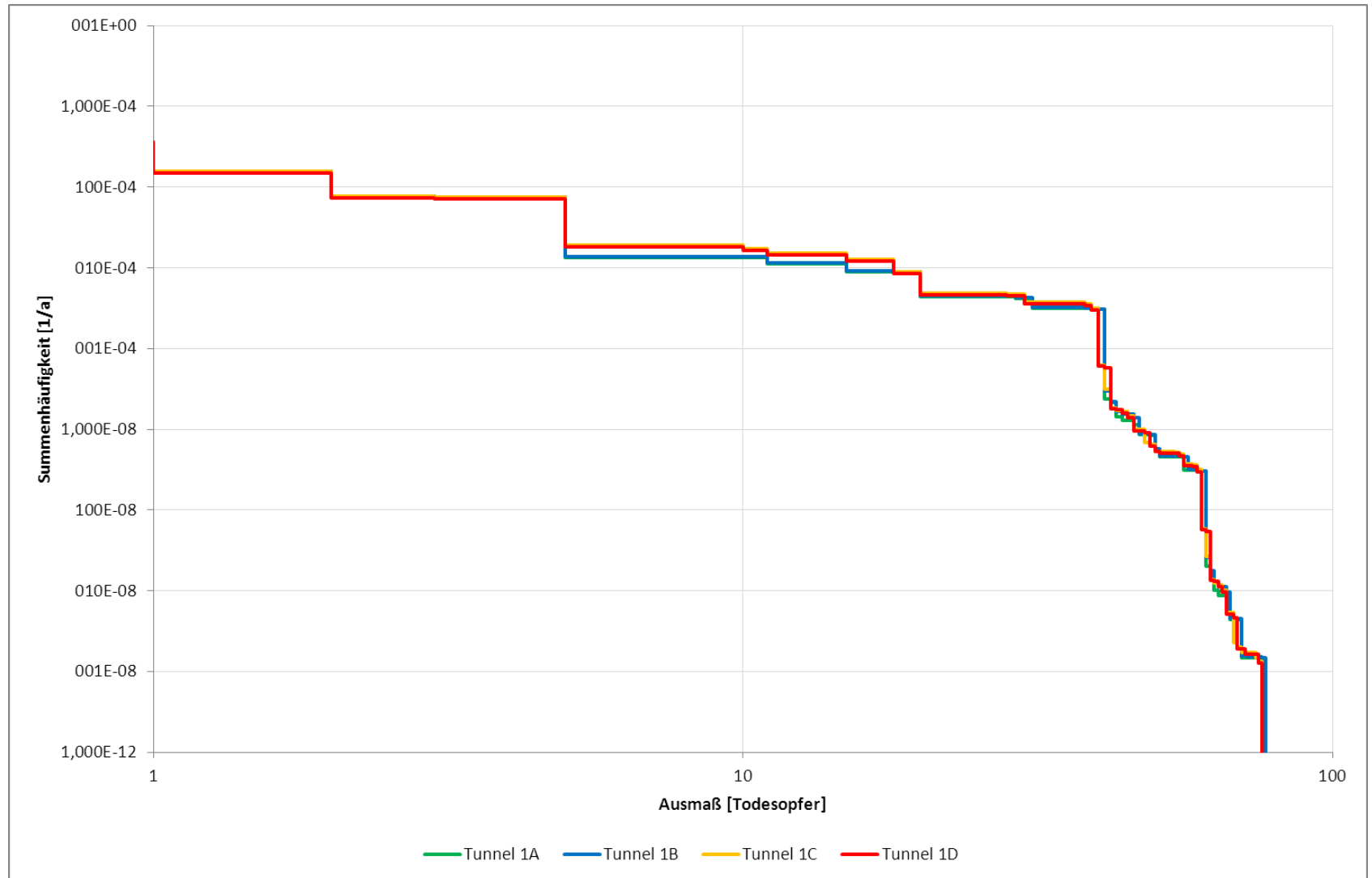
# Risikoanalyse

## Untersuchungstunnel

Parameter	Tunnel mit Lang-Lkw			
Abkürzung	Tunnel 1B	Tunnel 1C	Tunnel 2B	Tunnel 2C
<b>Infrastruktur</b>				
Tunnellänge	1.200 m			
Verkehrsart	Richtungsverkehr			
Anzahl Fahrstreifen pro Richtung (Regelquerschnitt)	2 (RQ10,5t)			
Querschnittshöhe	5.0 m			
Längsneigung	-3.0 %			
Lüftungssystem	Längslüftung		Längslüftung mit Rauchabsaugung	
Notausgangabstand	300 m			
<b>Verkehr</b>				
DTV pro Tunnelröhre	30.000 Kfz/d	30.000 Kfz/d	30.000 Kfz/d	30.000 Kfz/d
Schwerverkehrsanteil	15%	15%	15%	15%
Stauanteil	0.34%	0.34%	0.34%	0.34%
Lang-Lkw-Anteil	1%	10%	1%	10%
<b>Ereignis</b>				
Brandort	Mitte Tunnel			
Brandleistung	5 / 30 / 45 / 50 / 75 / 100 / 150 MW			
Branddetektion	60 s			
Bemerkungen	--	--	--	--

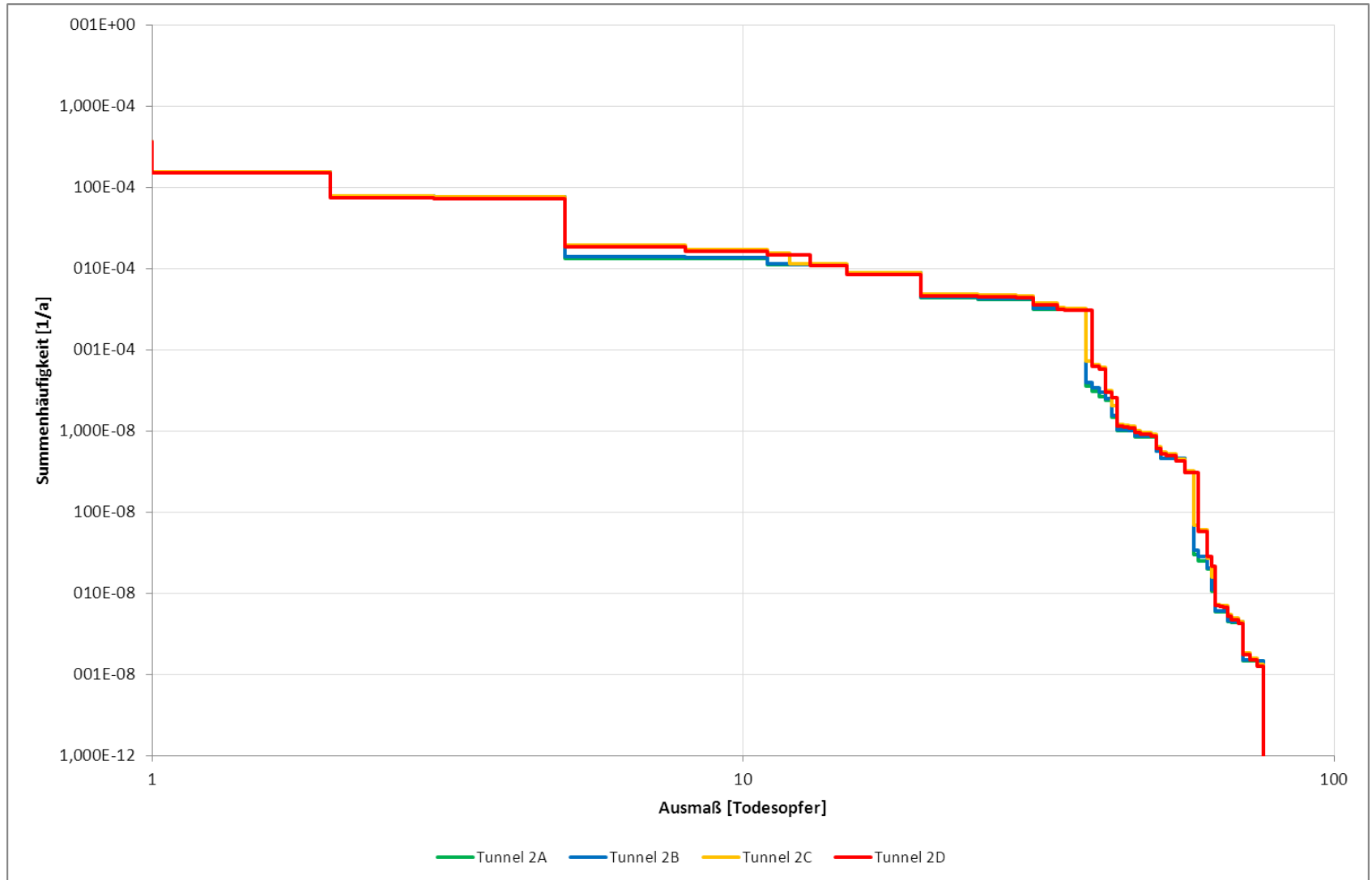
# Risikoanalyse

## Risikokurven Tunnel 1 (Längslüftung)



# Risikoanalyse

## Risikokurven Tunnel 2 (Längslüftung mit Rauchabsaugung)



# Fazit

- Zur Berücksichtigung von Lang-Lkw sind gegenüber den bisherigen Festlegungen anteilsweise erhöhte Bemessungsbrandleistungen anzusetzen.
- Für die untersuchten Anteile von Lang-Lkw am Schwerverkehrsaufkommen sind nur geringfügig höhere Risiken zu erwarten.
- Hinsichtlich der Sicherheit von Tunnelnutzern und Tunnelkonstruktion sind keine zusätzlichen Auswirkungen zu erwarten.
- Auf Basis der Untersuchungsergebnisse werden keine weitergehenden Anforderungen an die sicherheitstechnische und brandschutztechnische Ausrüstung von Straßentunneln als notwendig erachtet



the mind of movement