

19. September 2024

ANFORDERUNGEN AN LADEABTEILE FÜR EX/III-FAHRZEUGE

Jan Werner

IAA Nutzfahrzeuge – Gefahrguttag 2024

- Beförderung von Explosivstoffen in sog. EX/III-Fahrzeugen im Straßenverkehr
- Bauliche Anforderungen sowie zugelassene Materialien für Ladeabteil in ADR (Kapitel 9.3) geregelt
- Anforderungen des Regelwerks basieren auf überholtem Stand der Technik → Klärungsbedarf
- Exp. Untersuchungen zur Förderung der Überarbeitung des Regelwerks → Normungsarbeit



Beispielhafter 7,5 t LKW



Beispielhafte Transportkisten von Explosivstoffen

- Modulares Konzept für Brandqualität für Übertragbarkeit
- Feststellen „worst-case“ -> Temperatur vs. Heat Release Rate
- Wirksamkeit existierender Schutzmechanismen untersuchen

- Erarbeiten Vorschlag für weiteres Vorgehen/Änderung Regelwerk

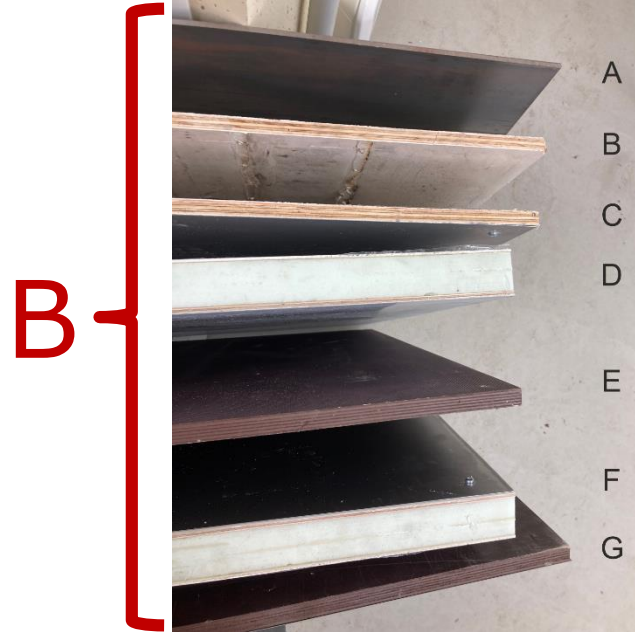
- **ADR 9.3.4.2**

Aufbau muss aus hitze- und flammenbeständigen Werkstoffen mit einer Mindestdicke von 10 mm gebaut sein. Vorschrift gilt bei Verwendung von Werkstoffen, die gemäß Norm EN 13501-1:2007 + A1:2009 der Klasse B-s3, d2 zugeordnet sind, als erfüllt.



EN 13501-1 beschreibt Brandklassen, keine Wärmedurchgänge.

deutsche bauaufsichtliche Benennung	Baustoffklasse nach DIN EN 13501-1	Baustoffklasse nach DIN 4102-1
nichtbrennbar ohne Anteile von brennbaren Baustoffen	A1	A1
nichtbrennbar mit Anteilen von brennbaren Baustoffen	A2 - s1 d0	A2
schwerentflammbar	B, C - s1 d0	B1
	A2, B, C - s2 d0	
	A2, B, C - s3 d0	
	A2, B, C - s1 d1	
	A2, B, C - s1 d2	
	A2, B, C - s3 d2	
normalentflammbar	D - s1 d0	B2
	D - s2 d0	
	D - s3 d0	
	D - s1 d2	
	D - s2 d2	
	D - s3 d2	
	E	
	E - d2	
leichtentflammbar	F	B3



- A: 6 mm Stahlblech
- B: 12 mm Siebdruckplatte + beidseitig 1 mm GFK
- C: 12 mm Siebdruckplatte + beidseitig 1 mm GFK + 0,5 mm Stahlblech
- D: 47 mm Sandwichpaneel
- E: 18 mm Siebdruckplatte
- F: 47 mm Sandwichpaneel + 0,5 mm Stahlblech
- G: 18 mm Siebdruckplatte + 0,5 mm Stahlblech

Weitere Spezifikationen untersuchen ...

- Brandnebenscheinungen wie Rauchentwicklung (s = smoke, Klassen s1, s2 und s3) und
- brennendes Abtropfen/Abfallen (d = droplets, Klassen d0, d1 und d2) von Baustoffen.

<https://www.baulinks.de/security-sicherheitstechnik/brandverhalten.php>

Beispiele für Ladeabteile

Aufbau alte Generation:

- Innenverkleidung mit Holzplatten 9 mm bzw. 12 mm (8 Lagen verleimt)
- Holz lackiert mit witterungsbeständigem Lack
- Fahrzeugboden mit Industrieplatten verkleidet



Beispiele für Ladeabteile

Aufbau neue Generation:

- Innenverkleidung mit GFK oder Aluplatten
- Sandwichkonstruktion (PU-Schaum)
- Fahrzeugboden mit Aluplatten (Riffelblech) verkleidet



- Lachenbrände
 - Reifenbrände
 - Motor- und Fahrererkabinenbrand
-
- Entstehende Wärmelast auf das Ladeabteil und Qualität des Feuers (Wärmeleitung, Konvektion, Strahlung, Emissivität) sind unbekannt
 - Mehr Brennstoff -> T ist konst. -> kW/m² steigt
 - Werden benötigt für FE-Simulation

- versch. Brandszenarien
(Fahrzeugkomponenten)

- Kalorimeterversuche

→ Best. Wärmeeinträge

- Finales Szenario LKW-Brand

Temperaturentwicklung im Ladeabteil

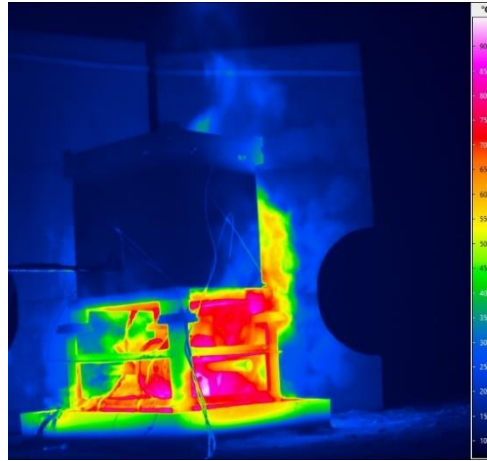
abhängig vom Wärmeeintrag



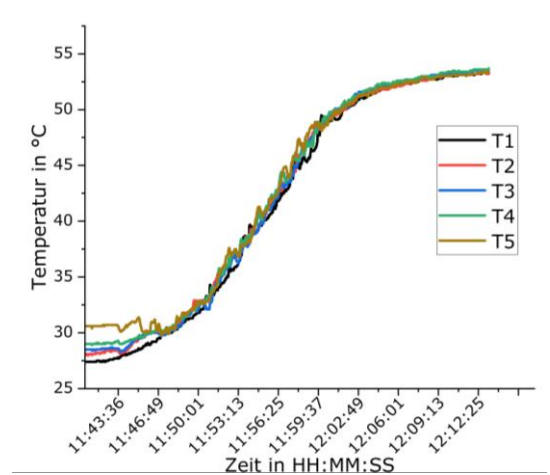
Experimentelle Analysen



Aufnahme Reifenbrand



Thermografie Reifenbrand



Wassertemperatur im IBC

- Feuertemp. ca. 900 °C
- Wärmestromdichte ca. 30 kW/m²

Fahrerkabine

- Feuertemp. ca. 700 °C
- Wärmestromdichte ca. 46 kW/m²

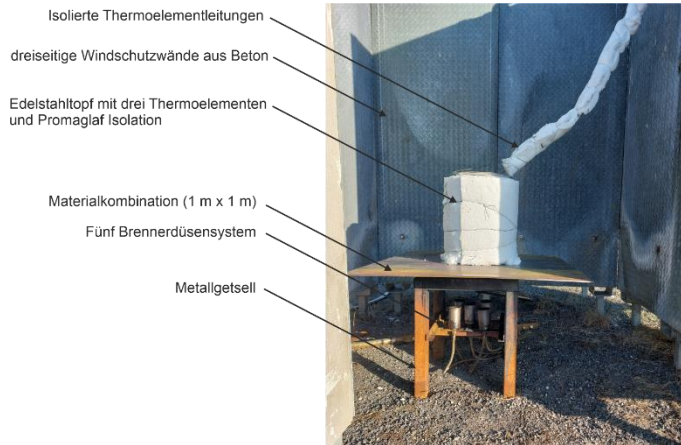


Versuchsaufbau Fahrerkabine



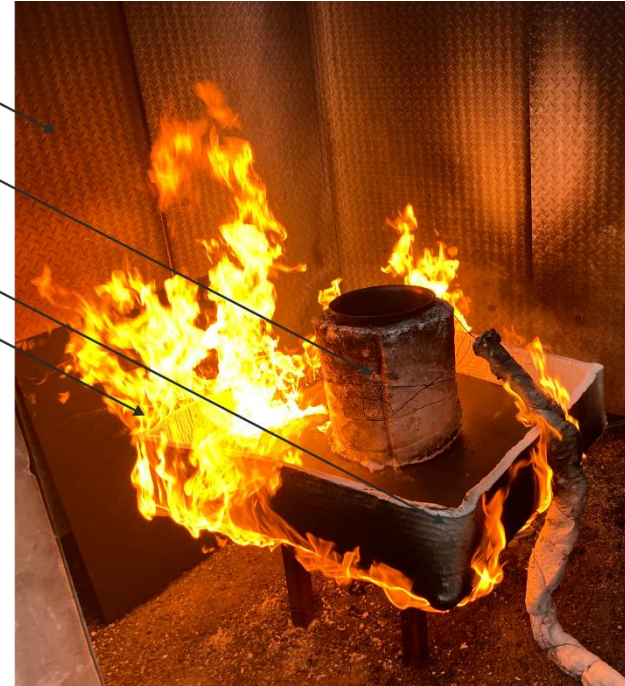
Aufnahme Fahrerkabinenbrand

Vergleich



Windschutzwände
Edelstahltopf mit drei Thermoelementen und Promaglaf Isolation

Kantenschutz aus Promaglaf
Feuerumschlag

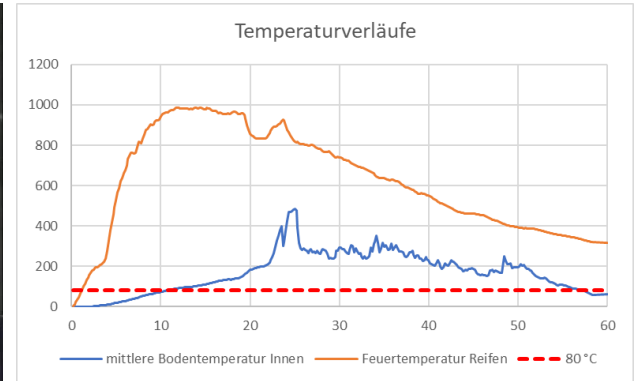


LKW-Brandversuch

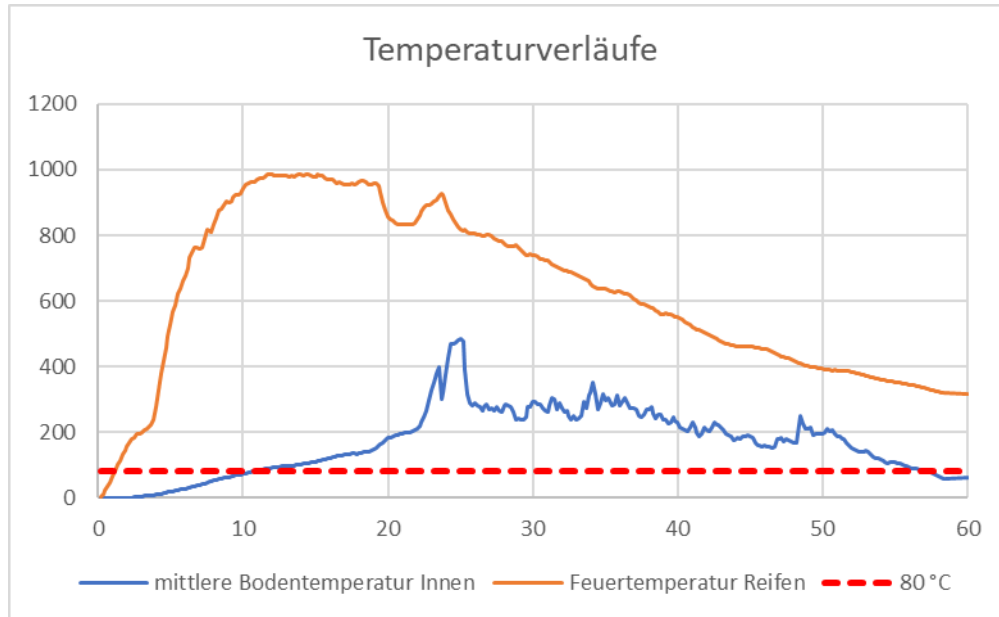
- Die gewählte Materialkombination repräsentiert den einfachsten, thermisch widerstandsärmsten sowie kostengünstigsten Ausbau der Ladefläche eines EX/III-Fahrzeuges



LKW-Brandversuch



LKW-Brandversuch



- Analyse verschiedener Aufbauwerkstoffe,
- Optimierung Prüfaufbau,
- Implementierung der Ergebnisse in Simulation,
- Realversuche mit weiteren (verbesserten) Ladeabteilen,
- Erarbeiten standardisierter Prüfmethoden,
- U.v.m.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

**M. Eng. Jan Werner
Gefahrgut tanks und Unfallmechanik**

jan.werner@bam.de

www.bam.de