



Einsätze an E-Fahrzeugen - Neue Erkenntnisse zur Brandbekämpfung

Dr. Michael Neske, Dr. Daniel Butscher,
Dr. Julia Kaufmann, M.Sc. Christoph Vogel

Projektziele

- Brandversuche zur Bewertung der Wirksamkeit unterschiedlicher Brandbekämpfungsstrategien anhand:

Löschwasserverbrauch

Temperatur

Einsatzzeit

Wärmestrahlung

- 15 vollelektrischen Fahrzeugen (BMW, Opel, Volkswagen) mit State of Charge > 95 %
 - 9 Fahrzeuge in der Vollbrandphase (Teilschritt 1)
 - 4 Fahrzeuge in der Brandentstehungsphase (Teilschritt 2)
 - 2 Fahrzeuge als Referenzversuche (ohne Anwendung von Löschmaßnahmen)

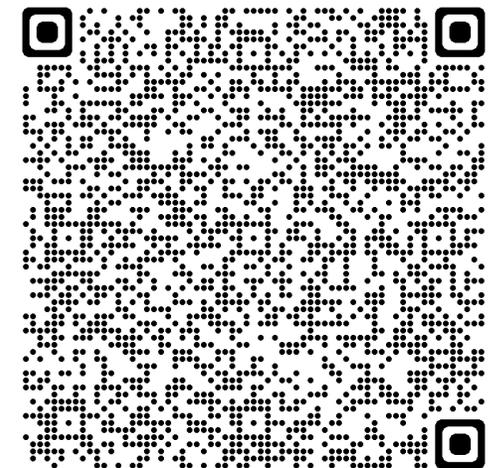
Wichtig – insbesondere für die Feuerwehren – war:

- Versachlichung der Diskussion durch Experimentaldaten
- Schaffung einer soliden Datenbasis, um
 - wenn möglich mit Mythen aufzuräumen,
 - in der Praxis angewendete Techniken und Taktiken zu überprüfen,
 - brennende Fragen zu beantworten.
- **Vorschläge** zur Einsatztaktik (nicht rechtlich bindend!)

Abschlussbericht Teilschritt 1



Heyrothsberger Manuskript



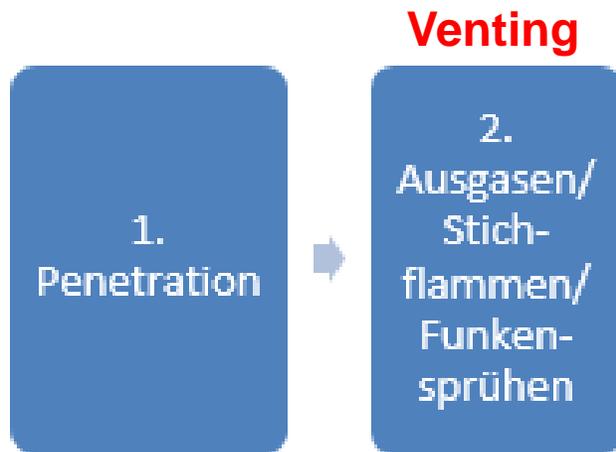
Brandverlauf

- In den abgeschlossenen Projekten wurden alle nachfolgenden **Brandphasen** betrachtet
- Versuchsablauf gestaltete sich wie folgt:

1.
Penetration

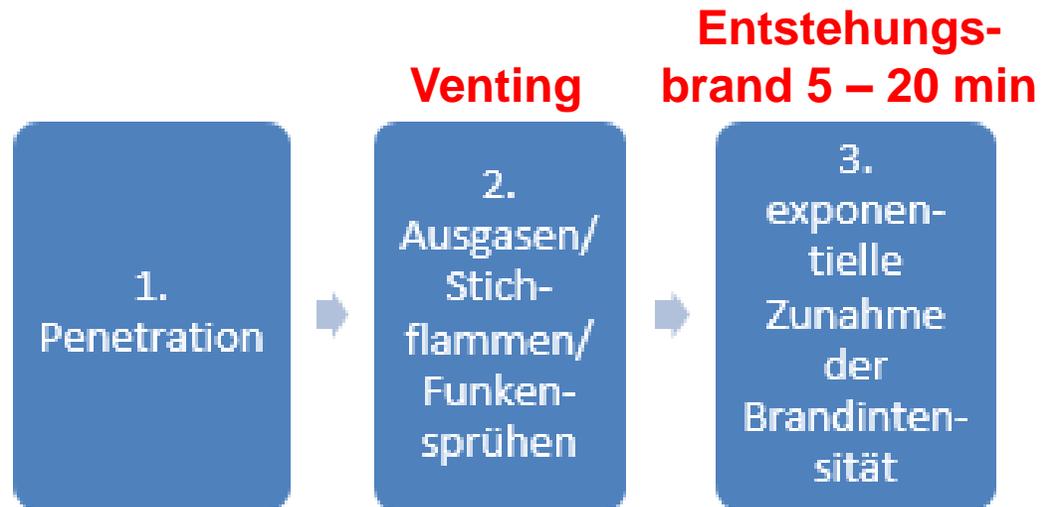
Brandverlauf

- In den abgeschlossenen Projekten wurden alle nachfolgenden **Brandphasen** betrachtet
- Versuchsablauf gestaltete sich wie folgt:



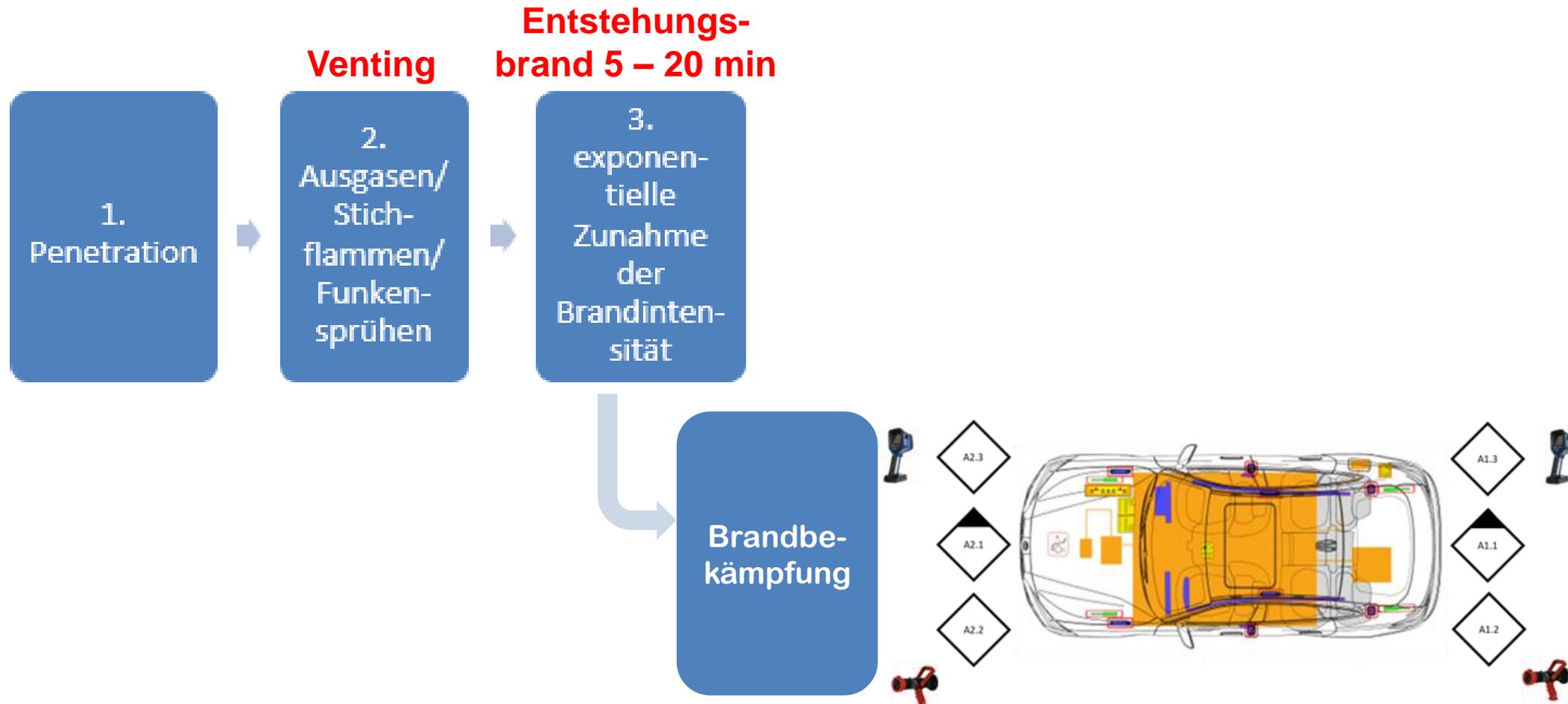
Brandverlauf

- In den abgeschlossenen Projekten wurden alle nachfolgenden **Brandphasen** betrachtet
- Versuchsablauf gestaltete sich wie folgt:



Brandverlauf

- In den abgeschlossenen Projekten wurden alle nachfolgenden **Brandphasen** betrachtet
- Versuchsablauf gestaltete sich wie folgt:



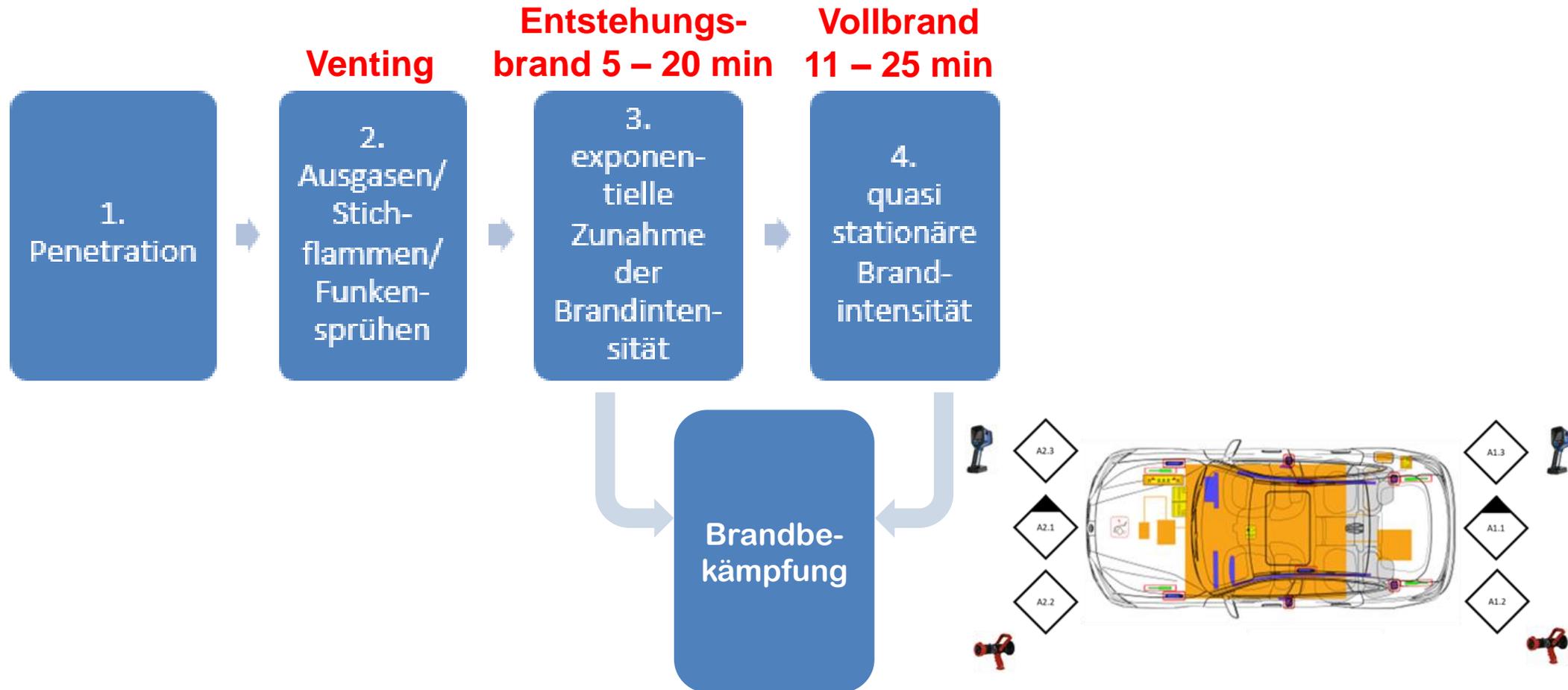
Brandverlauf

- In den abgeschlossenen Projekten wurden alle nachfolgenden **Brandphasen** betrachtet
- Versuchsablauf gestaltete sich wie folgt:



Brandverlauf

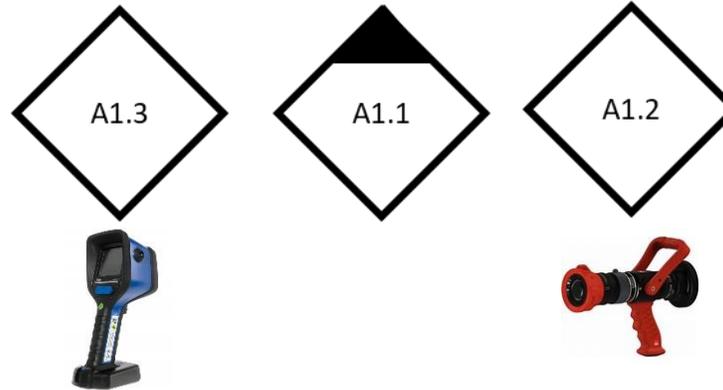
- In den abgeschlossenen Projekten wurden alle nachfolgenden **Brandphasen** betrachtet
- Versuchsablauf gestaltete sich wie folgt:



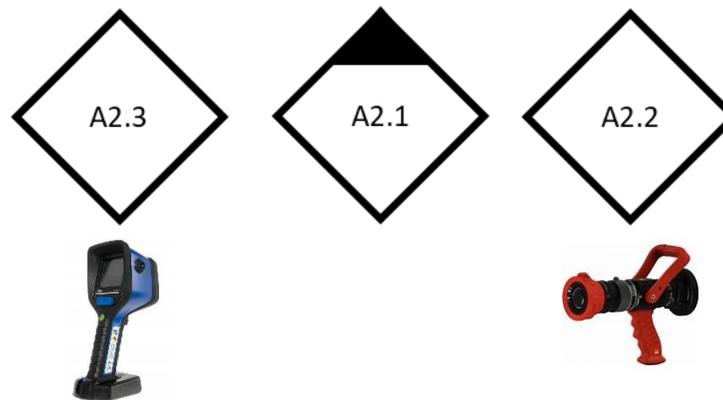
Brandbekämpfung allgemein

- Unabhängig von den untersuchten Brandbekämpfungstechniken
→ 2 Trupps á 3 Einsatzkräfte (**unter Atemschutz**)

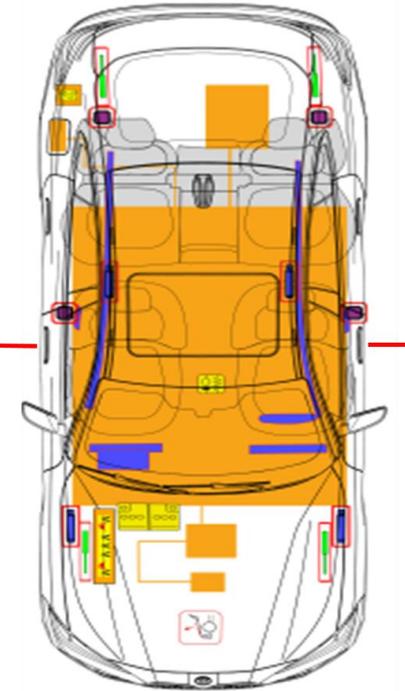
- Trupp 1 (IBK)



- Trupp 2 (BF ST, Lehrkörper IBK und WF OEM)

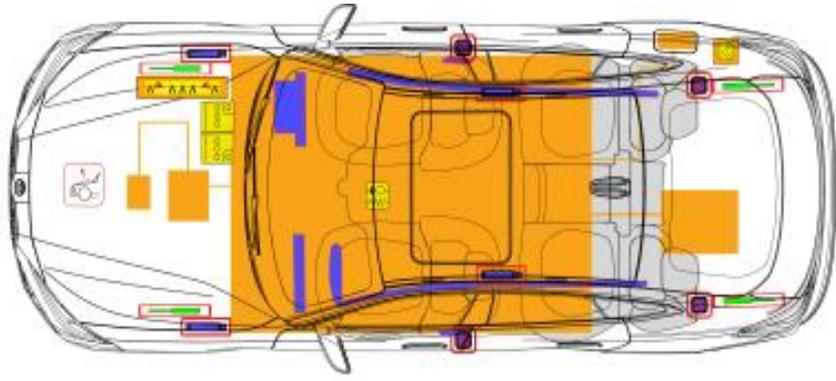


Trupp 1 (IBK)



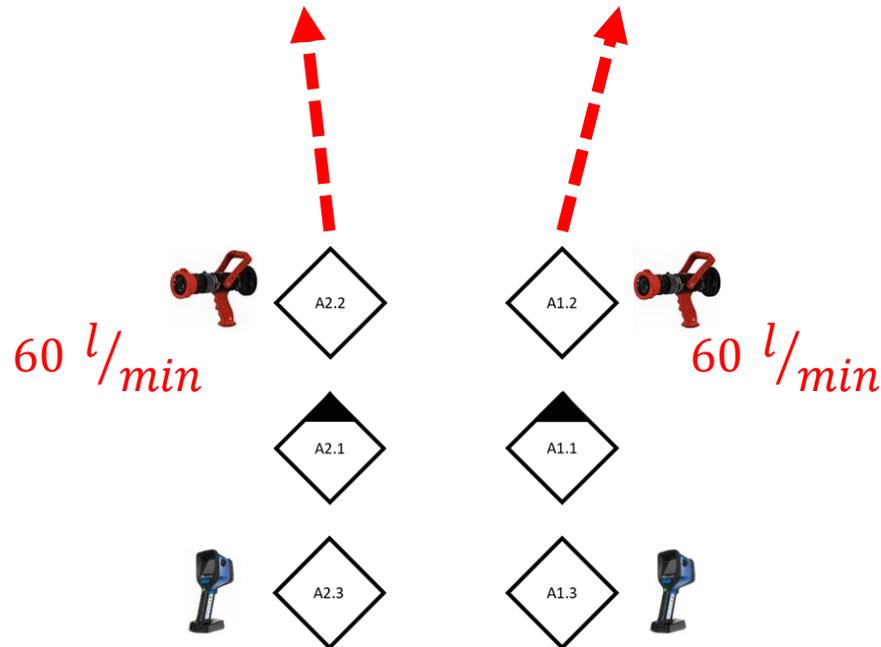
Trupp 2 (Extern)

Brandbekämpfung allgemein

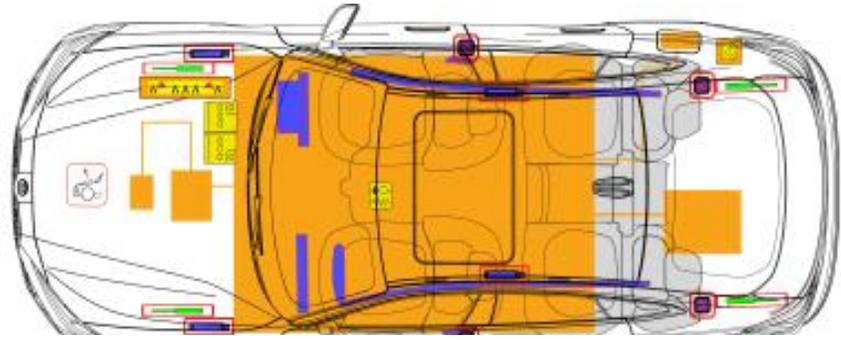


Aufgaben (im Brandraum des IBK)

- Truppweise Vorgehen zum Brandobjekt unter Ausnutzung der Wurfweite der Strahlrohre (vorzugsweise Vollstrahl)
- Sicherheitsabstände beachten (Vollstrahl: 5 m) !



Brandbekämpfung allgemein

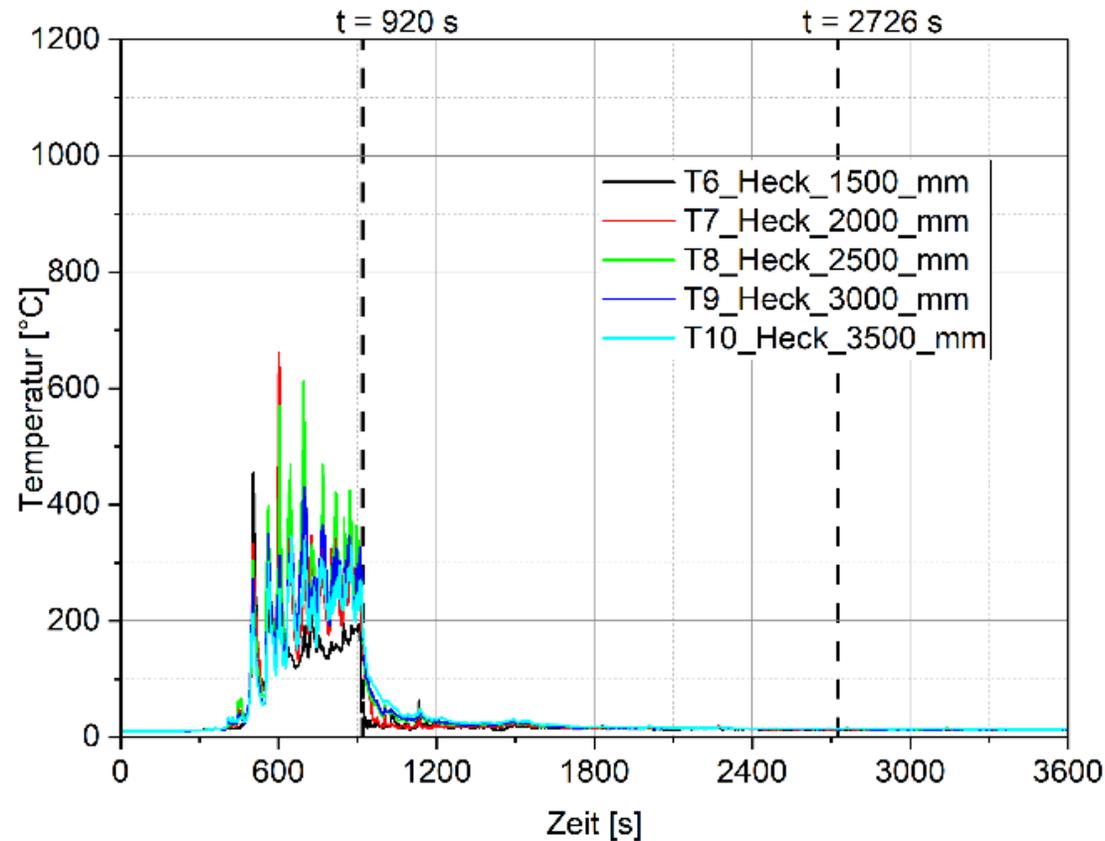


Aufgaben (im Brandraum des IBK)

- Truppweise Vorgehen zum Brandobjekt unter Ausnutzung der Wurfweite der Strahlrohre (vorzugsweise Vollstrahl)
- Sicherheitsabstände beachten (Vollstrahl: 5 m) !

Erstes Ablöschen brennender Fahrzeugteile bei Annäherung (Radkästen, Stoßstangen, Innenraum)

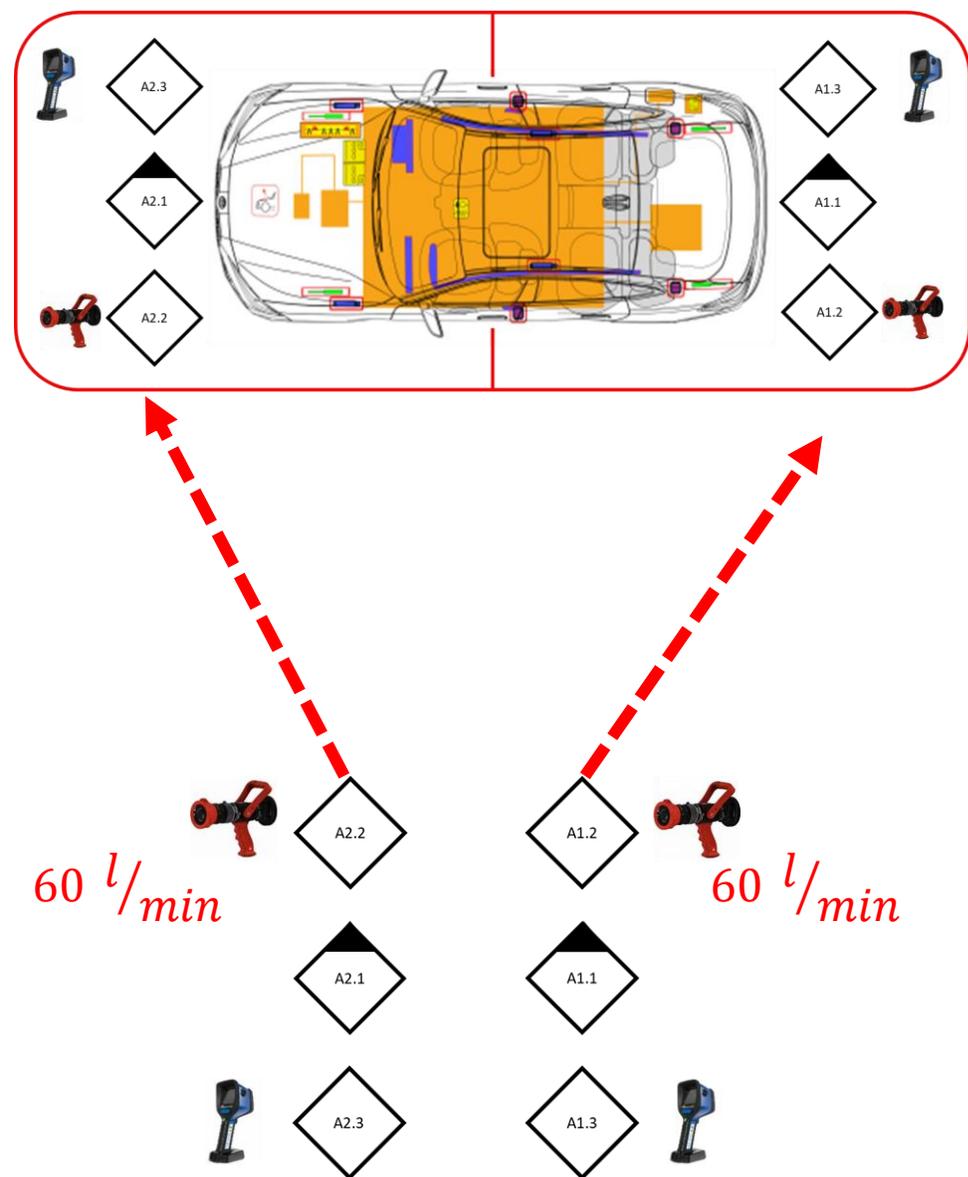
- Deutliche Reduzierung der Brandintensität
- **Vollständiges Ablöschen in dieser Phase nicht möglich, wenn Batteriesystem am Brand beteiligt ist !**



Brandbekämpfung allgemein

Aufgaben (im Brandraum des IBK)

- Truppweise Vorgehen zum Brandobjekt unter Ausnutzung der Wurfweite der Strahlrohre (vorzugsweise Vollstrahl)
 - Sicherheitsabstände beachten (Vollstrahl: 5 m) !
 - Erstes Ablöschen brennender Fahrzeugteile bei Annäherung (Radkästen, Stoßstangen, Innenraum)
 - Deutliche Reduzierung der Brandintensität
 - Vollständiges Ablöschen in dieser Phase nicht möglich, wenn Batteriesystem am Brand beteiligt ist !
 - Im Nahbereich, Wechsel auf Sprühstrahl
 - Sicherheitsabstände beachten (Sprühstrahl: 1 m)
- **Aufteilen auf die Fahrzeugseiten**
- **Brandbekämpfung mit unterschiedlichen Einsatzmitteln**



Brandbekämpfung in der Vollbrandphase – Hohlstrahlrohre (HSR)

Bekämpfung des Batteriebrandes mit HSR:

Hohe Brandintensität in der **Vollbrandphase** verursacht starke Schäden am Fahrzeug, auch am Batteriegehäuse



Brandbekämpfung in der Vollbrandphase – Hohlstrahlrohre (HSR)

Bekämpfung des Batteriebrandes mit HSR:

Hohe Brandintensität in der **Vollbrandphase** verursacht starke Schäden am Fahrzeug, auch am Batteriegehäuse

„**Vorteil**“: Über infolge der Wärmefreisetzung entstandene Öffnungen kann Löschwasser direkt in den HV-Speicher eingebracht werden

→ Löschung brennender Module

→ Kühlung unversehrter Module

Öffnungen können mit der Wärmebildkamera erkannt werden

Gelingt dies nicht, muss es das Ziel sein, mit reduziertem Einsatz von Wasser die Zellen kontrolliert ausbrennen zu lassen → Verhindern der Brandausbreitung auf die Umgebung

Brandbekämpfung in der Vollbrandphase – Hohlstrahlrohre (HSR)

Bekämpfung des Batteriebrandes mit HSR:

Hohe Brandintensität in der **Vollbrandphase** verursacht starke Schäden am Fahrzeug, auch am Batteriegehäuse

„**Vorteil**“: Über infolge der Wärmefreisetzung entstandene Öffnungen kann Löschwasser direkt in den HV-Speicher eingebracht werden

→ Löschung brennender Module

→ Kühlung unversehrter Module

Öffnungen können mit der Wärmebildkamera erkannt werden

Gelingt dies nicht, muss es das Ziel sein, mit reduziertem Einsatz von Wasser die Zellen kontrolliert ausbrennen zu lassen → Verhindern der Brandausbreitung auf die Umgebung

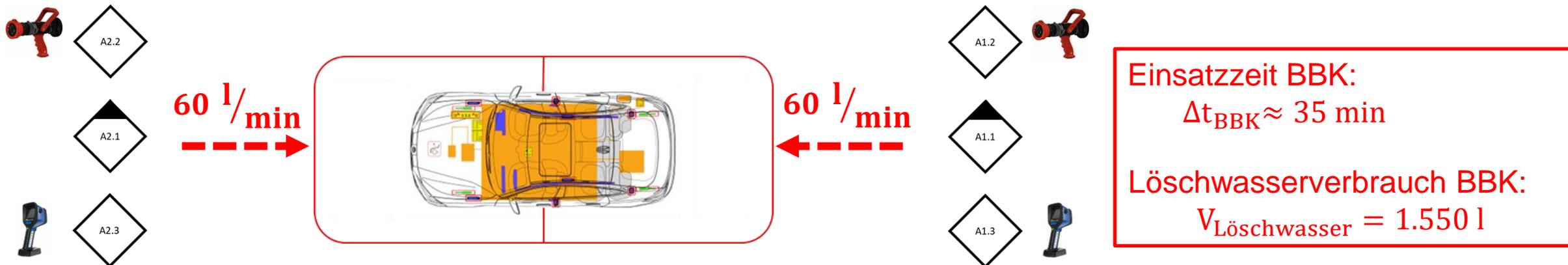
→ Es sind in der Vollbrandphase bereits zahlreiche Zellen ausgebrannt

→ Daher beträgt die Zeit bis zum selbstständigen Abklingen des Brandes nur wenige Minuten

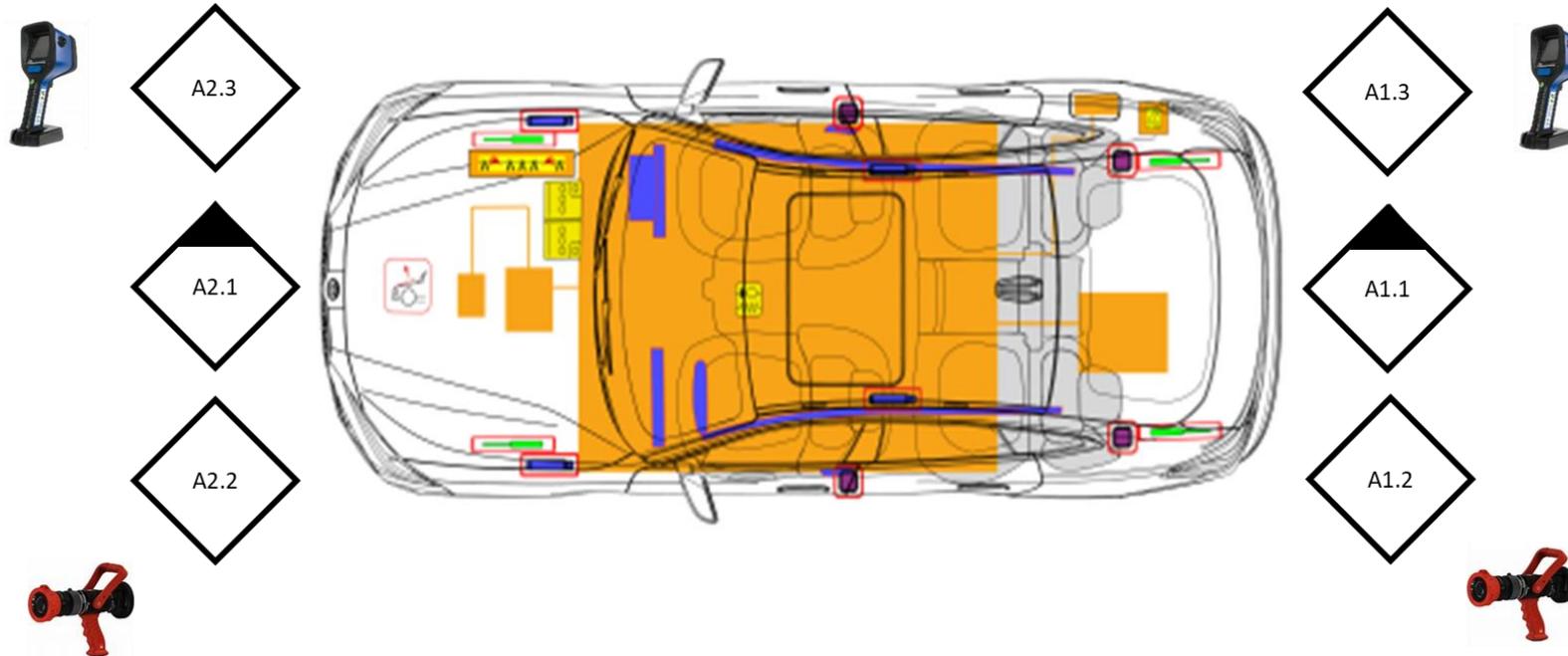
Brandbekämpfung in der Vollbrandphase – Hohlstrahlrohre (HSR)

- Vorgehen im 1. Brandversuch mit 135 l/min je (HSR) → Standardeinstellung
 - Großteil des Wassers fließt ungenutzt oberflächlich ab und wird nicht löscher- und kühlwirksam
 - reduzierte Volumenströme (IBK arbeitete mit 60 l/min je Strahlrohr) genügen zur Beherrschung der Brände
- Anlassbezogen kann der Volumenstrom erhöht oder reduziert werden
→ bei IBK-Versuchen war dies nicht nötig

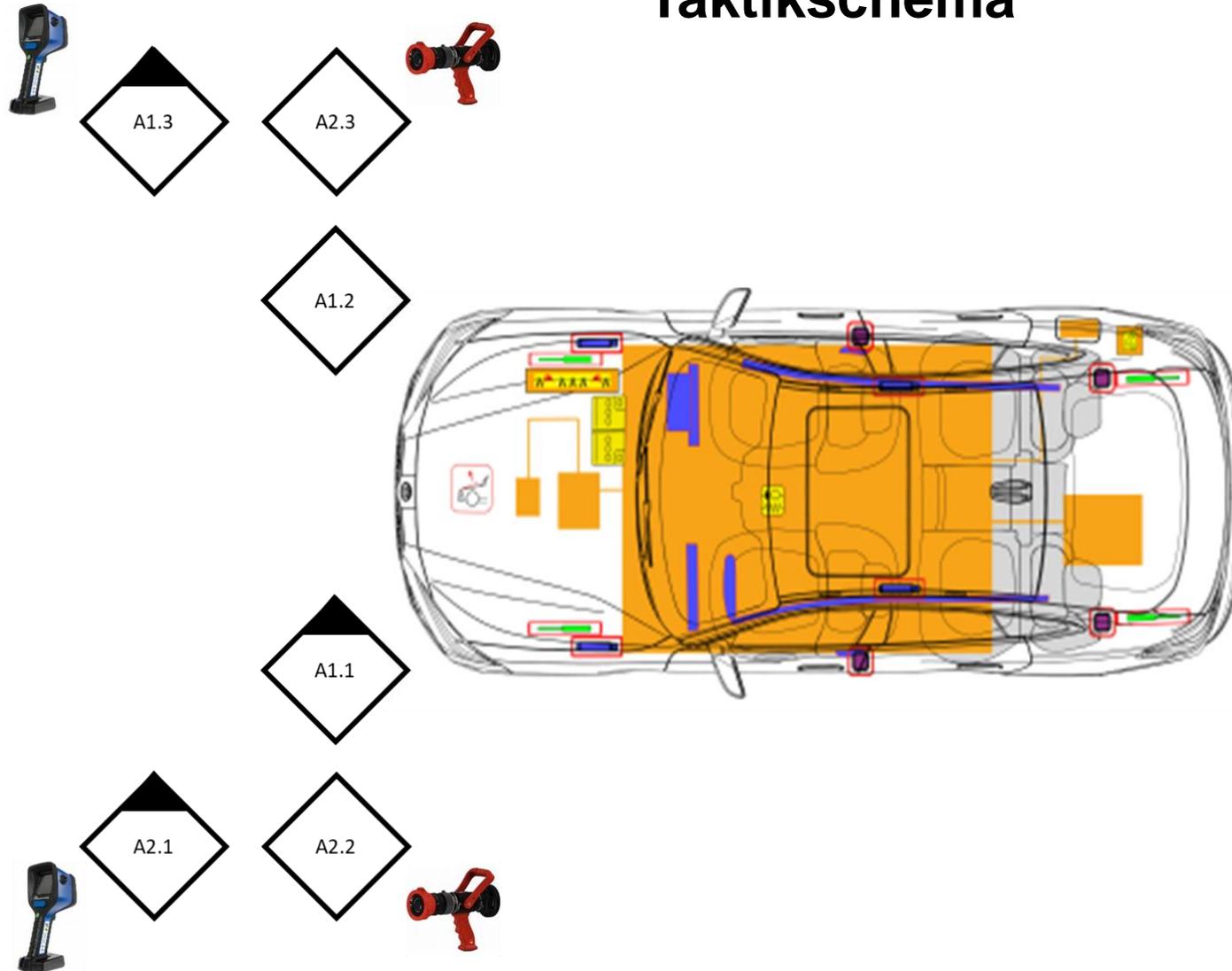
Brandbekämpfung mit HSR in der Vollbrandphase:



Taktikschema



Taktikschema



Brandbekämpfung in der Vollbrandphase – Brandbegrenzungsdecke

- Einsatz der Decken, nachdem peripherer Fahrzeugbrand durch Angriffstrupps reduziert wurde (Volumenstrom der Hohlstrahlrohre: 60 l/min)
- Flammen wurden wirksam unterdrückt → keine Brandausbreitung auf benachbarte Objekte
- Reaktionen im Batteriesystem können mangels Kühlmedium aber nicht beendet werden
→ Bis zu 50 min nach Einsatz der Decken traten Ventinggase aus
→ Bildung explosionsfähiger Atmosphären möglich in geschlossenen Räumen möglich!
- Es kam zum Aufwuchs der Einsatzzeit aber auch zu reduzierten Lösch-/Kühlwassermengen



Brandbekämpfung in der Brandentstehungsphase – Hohlstrahlrohre (HSR)

Bekämpfung des Batteriebrandes mit HSR:

Geringe Brandintensität in der **Brandentstehungsphase** hat kaum Schäden am Fahrzeug verursacht, das Batteriegehäuse ist ebenfalls nur geringfügig beschädigt



Bekämpfung des Batteriebrandes mit HSR:

Geringe Brandintensität in der **Brandentstehungsphase** hat kaum Schäden am Fahrzeug verursacht, das Batteriegehäuse ist ebenfalls nur geringfügig beschädigt



Problem: Öffnungen im Batteriegehäuse für ein direktes Einbringen von Wasser in den HV-Speicher sind unwahrscheinlich

Brandbekämpfung in der Brandentstehungsphase – Hohlstrahlrohre (HSR)

Bekämpfung des Batteriebrandes mit HSR:

Geringe Brandintensität in der **Brandentstehungsphase** hat kaum Schäden am Fahrzeug verursacht, das Batteriegehäuse ist ebenfalls nur geringfügig beschädigt



Problem: Öffnungen im Batteriegehäuse für ein direktes Einbringen von Wasser in den HV-Speicher sind unwahrscheinlich



Kühlung/Löschung der Zellen im Batteriegehäuse durch das Einbringen Wasser über den Einsatz von Hohlstrahlrohre ist kaum möglich durch fehlende Öffnungen

Brandbekämpfung in der Brandentstehungsphase – Hohlstrahlrohre (HSR)

Bekämpfung des Batteriebrandes mit HSR:

Geringe Brandintensität in der **Brandentstehungsphase** hat kaum Schäden am Fahrzeug verursacht, das Batteriegehäuse ist ebenfalls nur geringfügig beschädigt



Problem: Öffnungen im Batteriegehäuse für ein direktes Einbringen von Wasser in den HV-Speicher sind unwahrscheinlich



Kühlung/Löschung der Zellen im Batteriegehäuse durch das Einbringen Wasser über den Einsatz von Hohlstrahlrohre ist kaum möglich durch fehlende Öffnungen

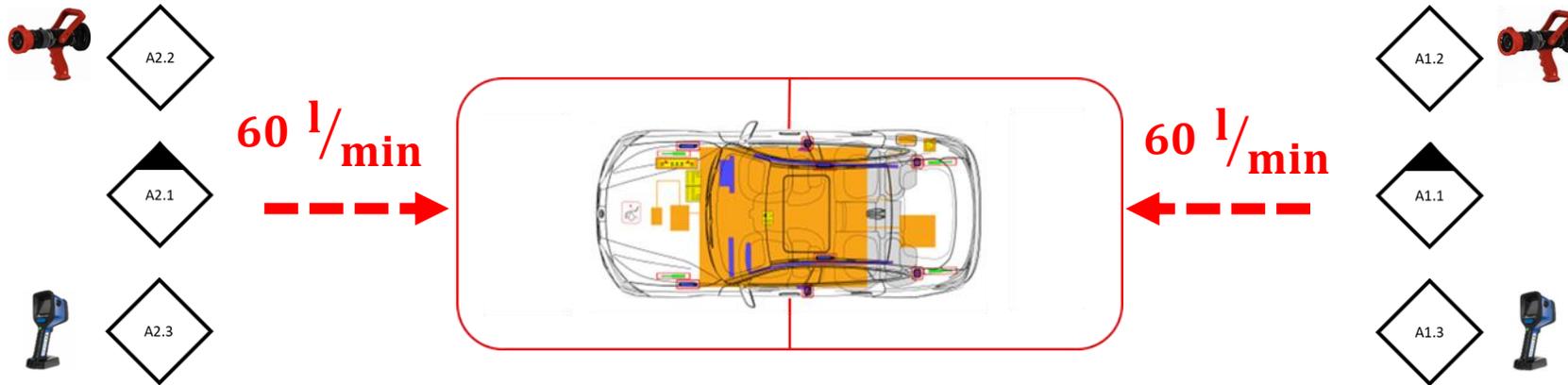


Vorgehen:

- Verhindern der Brandausbreitung auf die Umgebung und weitere Fahrzeugteile
- Kontrolliertes Ausreagieren der Zellen in der Batterie bei reduziertem Einsatz von Wasser

Brandbekämpfung in der Brandentstehungsphase – Hohlstrahlrohre (HSR)

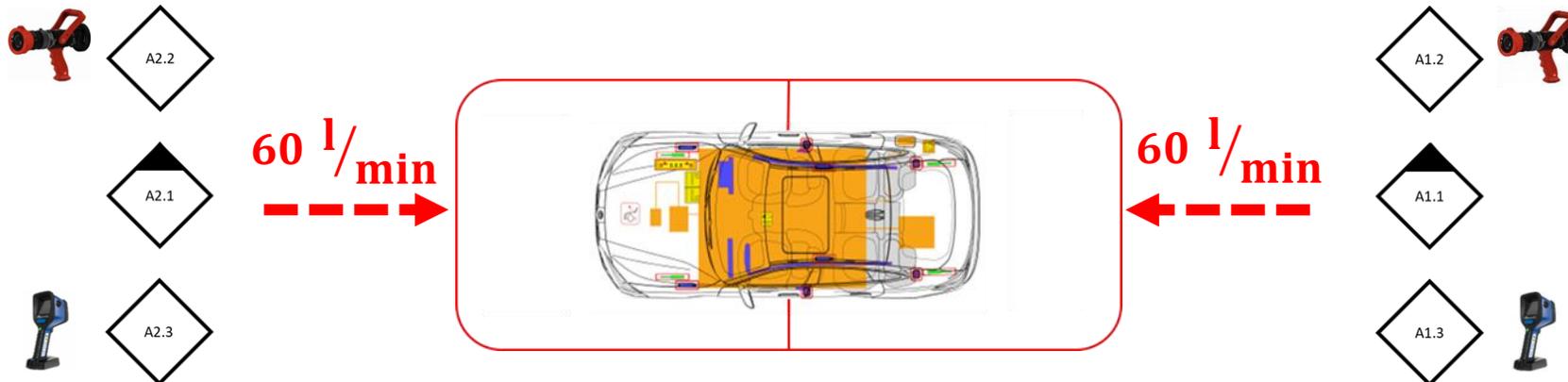
Brandbekämpfung mit HSR in der Brandentstehungsphase:



Einsatzzeit BBK:
 $\Delta t_{\text{BBK}} \approx 87 \text{ min}$

Löschwasserverbrauch BBK:
 $V_{\text{Löschwasser}} = 6.700 \text{ l}$

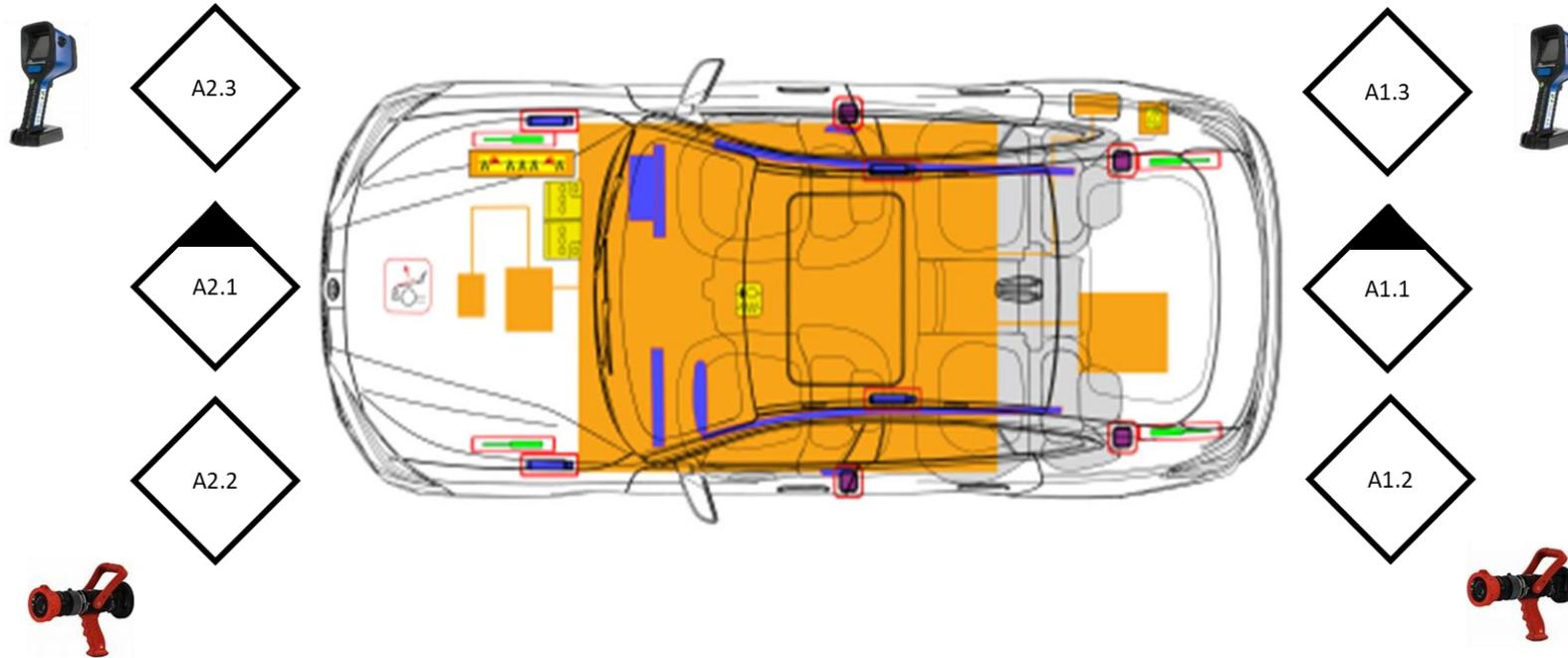
ZUM VERGLEICH: Brandbekämpfung mit HSR in der Vollbrandphase:



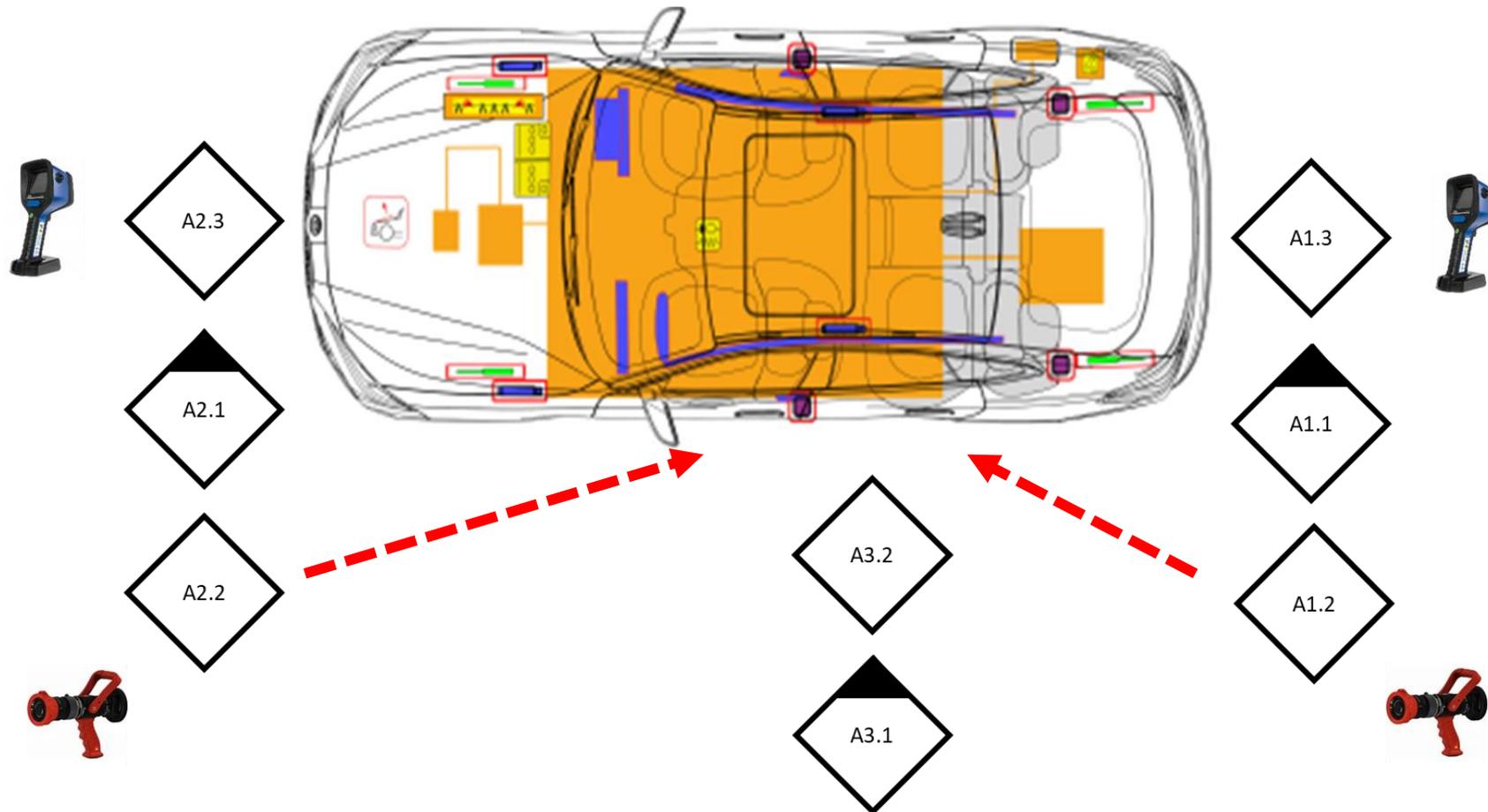
Einsatzzeit BBK:
 $\Delta t_{\text{BBK}} \approx 35 \text{ min}$

Löschwasserverbrauch BBK:
 $V_{\text{Löschwasser}} = 1.550 \text{ l}$

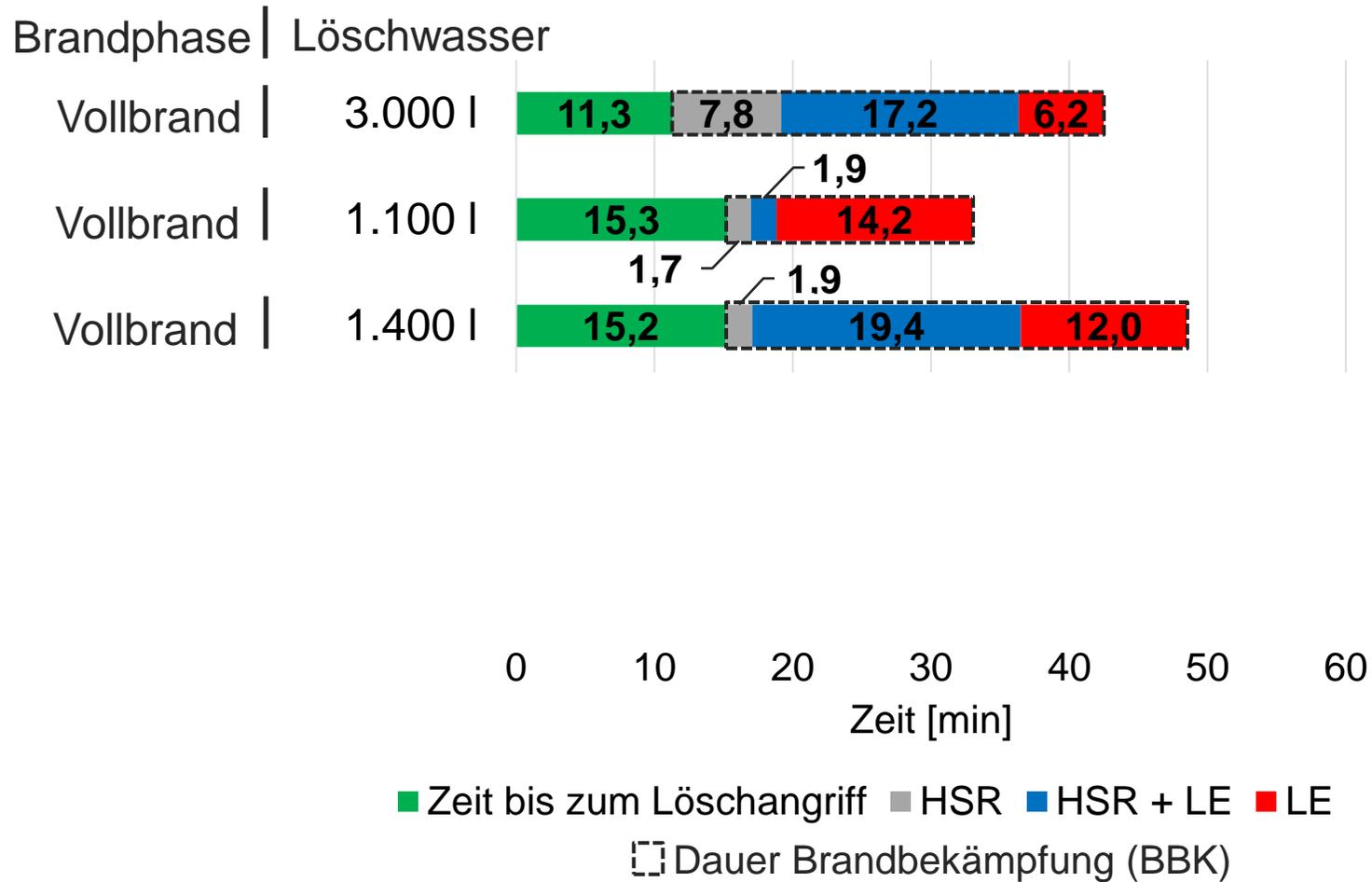
Taktikschema



Taktikschema



Brandbekämpfung – Systemen zur Löschmitteleinbringung (LE)



Einsatzzeit BBK:
 $\Delta t_{\text{BBK}} \approx 30 \text{ min}$

Löschwasserverbrauch BBK:
 $V_{\text{Löschwasser}} = 1.150 \text{ l} - 3.000 \text{ l}$

Zusammenfassung

- Die Brände verlaufen nach der Penetration trotz gleicher Vorbereitungsprozeduren auch bei baugleichen Fahrzeugen unterschiedlich.
 - Bei gleichbleibender „Vorbrennzeit“ liegen zum Zeitpunkt des Löschangriffs unterschiedliche (Brand)zustände vor.
 - stabile Flammenbildung bei 90 s bis zu 950 s nach Penetration
- An der Einsatzstelle eintreffende Einsatzkräfte müssen sich aufgrund der Feststellungen aus den Versuchen auf verschiedene Brandphasen einstellen
 - **Aus dem Fahrzeug bzw. der Batterie treten lediglich Ventinggase aus.**
 - **Das Fahrzeug ist in der Brandentstehungsphase mit Flammenbildung an Radkästen, im Bereich der Schweller sowie an Front und Heck.**
 - **Das Fahrzeug ist unter Beteiligung des Batteriesystems im Vollbrand**

Zusammenfassung

- Einsatztaktik muss auf den Brandzustand angepasst werden (einheitliche Einsatztaktik ist nicht zielführend!)
- Unterschiedliche Einsatztaktik führt zu angepasstem Kräfte-/Mittelansatz
- **Brände waren mit zwei zeitgleich agierenden Trupps sicher beherrschbar**
 - **Brandintensität ging mit Ausnahme des Batteriebrandes bereits nach der Brandbekämpfung aus der Ferne beträchtlich zurück!**
 - **Agieren der Trupps im Nahbereich notwendig!**
 - **Die Brandbekämpfung aus der Ferne ist nicht effektiv!**

Zusammenfassung

- Durch unterschiedliche Einsatzmittel resultieren unterschiedliche Einsatzzeiten und Lösch-/Kühlmittelmengen → Alle Einsatzmittel haben Besonderheiten
- Mit Hohlstrahlrohren, Systemen zur Löschmitteleinbringung und Brandbegrenzungsdecken konnten gute Erfolge erzielt werden.
 - Wasserverbrauch und Einsatzzeit beim Einsatz von **Hohlstrahlrohren** in der Brandentstehungsphase höher als in der Vollbrandphase
 - Wasserverbrauch und Einsatzzeit beim Einsatz von **Systemen zur Löschmitteleinbringung** etwa gleich in der Brandentstehungsphase und der Vollbrandphase
 - In der Brandentstehungsphase haben Systeme zur Löschmitteleinbringung Vorteile gegenüber Hohlstrahlrohren
- Das **System zur externen Kühlung** (unter dem Fzg.) zeigte nicht den erwarteten Kühleffekt.
- Löschmittelzusätze kamen nicht zum Einsatz → Mehrwert wurde nicht erkannt.

Weiterhin in Bearbeitung sind:

- Erstellung von kurzen Lehrvideos zur Unterstützung der Standortausbildung bei den Feuerwehren und für alle Interessierten
- ... Merkblatt und Heyrothsberger Manuskript mit Einsatzhinweisen
- Abschlussbericht für den Teilschritt 2 für die Brandbekämpfung von Fahrzeugen in der Brandentstehungsphase wird voraussichtlich Februar 2025 kostenfrei auf der Homepage des IBK bereitgestellt



YouTube-Videos

Teilschritt 3 → **Berichterstellung Februar 2025**

- Untersuchung von Kontaminationen (PSA, Einsatzmittel und Löschwasser)

Teilschritt 4 ist für 2024/2025 in Planung

- Untersuchung von Fahrzeugen mit höheren Sicherheitsanforderungen



Kontaktdaten

Institut für Brand- und Katastrophenschutz
Heyrothsberge

Dr.-Ing. Michael Neske
Abteilungsleiter Forschung

Telefon:
+49 (0)39292 - 61 632

E-Mail:
michael.neske@ibk.sachsen-anhalt.de

Web:
<https://ibk-heyrothsberge.sachsen-anhalt.de>



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!