

Bundesanstalt für Straßenwesen

Abteilung Fahrzeugtechnik
Referat F2 - Passive Sicherheit, Biomechanik
Brüderstraße 53,
51427 Bergisch Gladbach



GIDAS-Unfalldatenanalyse, Teil II für „R1234yf-Projekt“

“Analyse – Frontbeschädigungen mit Intrusionen im Bereich der Kältemittelanlage“

Datum: 2014-01-07

Autor: Jan Dobberstein, BAST

Executive Summary

At the 2nd Working Group meeting on MAC in December 2013 in Brussels, the JRC presented a draft report on the risk of R1234yf. It concluded that “stage 3” of the refrigerant release tests conducted by the KBA project group were of clear research nature. The JRC draft report also indicated that the scenario was not based on a real-life accident data base. Hence, they should not be taken into account when regarding future safe operation of the refrigerant.

Objective of this secondary GIDAS analysis by BAST was to determine based on GIDAS accident data if one exemplary “stage 3” scenario is relevant in the field represented by real world data. The considered scenario focused on vehicles with high damage to areas of the vehicle front where the AC system is located while the condenser remains intact. It is analyzed under which circumstances accidents occurred that show high intrusion so MAC lines could be damaged and refrigerant could be released in the engine compartment, but without mitigation due to leakage of the condenser.

From a sample of passenger cars with state of the art crash structures in GIDAS, a sample of vehicles were selected based on filter criteria representing the scenario. Filter criteria were no damage to condenser, impact direction, location of damage at vehicle front and sufficient intrusion into areas where MAC lines could be located. Only cases with an EES greater than 25 km/h were considered. Please note that driving speeds or collision speeds can be notably higher depending on collision or accident type. This sample was further analyzed based on the photographic material available for each case whether or not the damage pattern could be confirmed as relevant in terms of area and degree of intrusion.

The cases identified as relevant showed large variety of accident characteristics: front-to-front accidents with small overlap, full overlap collisions with guard rails, front and side impacts of trees or over- and under-ride collisions. 27 of 105 pre-filtered cases were identified to be relevant. Hence, concluding from GIDAS, the damage pattern in the scenario under investigation accounts for 0.6% of all passenger cars involved in accidents with at least one injured person.

In Germany, 350,000 vehicles are involved in accidents each year. So it is estimated that at least 2,100 vehicles per year in Germany are damaged similar to the conditions in the scenario under investigation.

Hintergrund und Vorgehensweise

Diese weitergehende GIDAS-Analyse der BAST erfolgt im Rahmen der Ergebnisverwertung des KBA-Kältemittelprojekts und dient zur Vorbereitung einer Stellungnahme der Projektgruppe beim JRC-Working Group Meeting in Ispra, Italien, am 24.1.2014. Die Analyse baut auf den Erkenntnissen der ersten GIDAS-Analyse zu Frontbeschädigungen (Bericht Juli 2013) und den Testergebnissen der R1234yf-Projektgruppe auf.

Der Stand der Diskussion der KBA-Ausströmversuche in der JRC-WG nach 2 von 3 Treffen ist:

- Das JRC und andere Mitglieder der Gruppe sind grundsätzlich einverstanden mit den Ergebnissen der KBA-Tests in Stufe 1 und 2 bzw. mit dem Bericht. Jedoch die „Stufe 3“-Versuche, die zur Entflammung der getesteten Fahrzeuge führten, werden als unrealistisch angesehen.
- Der Draft-Bericht des JRC sieht dementsprechend vor, die Ereignisse in Stufe 3, d. h. den „worst case“ mit Entflammen, nicht zu bewerten und kein erhöhtes Risiko durch R1234yf anzunehmen.

Ziel der Unfalldatenanalyse ist es anhand von GIDAS-Unfalldaten darzulegen, ob insbesondere ein spezifisches Crash-Szenario, das einem Fall auf Stufe 3 entspricht – hohe Intrusion in Bereich der AC-Leitungen ohne Kondensatorbeschädigung – und in der JRC-WG kritisch diskutiert wurde, im Unfallgeschehen relevant ist.

Der Fokus dieser Analyse liegt auf diesem „Stufe 3/worst case“-Szenario, bildet damit aber nicht das Gesamtrisiko aller relevanten Beschädigungen ab, bei denen Leckage der Kältemittelanlage zu einem kritischen Ausströmen im Motorraum führen kann. Das betrachtete Szenario zeichnet aus, dass keine Beschädigung des Kondensators, aber eine Intrusion im Bereich der Kältemittelanlage vorliegt, sodass von einem Ausströmen einzig aus der beschädigten Leitung auszugehen ist. Denn durch den intakten Kondensator kann kein Kältemittel entweichen, was den Druck am Ausströmer und damit das Entflammungsrisiko im Motorraum reduzieren würde. Da die zentralen Merkmale dieses Ausströmszenario der Stufe 3 von Anprallart und Beschädigungsmuster abhängen, sind GIDAS-Unfalldaten eine geeignete Quelle, um die Relevanz des Szenarios abzuschätzen.

Die Analyse weist eine zweistufige Vorgehensweise auf:

- Filterung möglicher Kandidaten entsprechend der Bedingungen des betrachteten Szenarios. Der Anteil der ausgefilterten Population erlaubt im Umkehrschluss eine Aussage zur Relevanz des Analyseergebnisses, d. h. wie viele Fahrzeuge mit einer derartigen Beschädigung im Feld zu erwarten sind.
- Einzelfallanalyse der Kandidaten durch Überprüfung des Bildmaterials. Jeder vorgefilterte Fall wird einzeln überprüft, inwiefern die Beschädigungen in den relevanten Bereichen der Fahrzeugfront auf eine relevante Intrusion bzw. eine Beschädigung der darunterliegenden Komponenten und Leitungen schließen lassen.

Variablenfilterung potenziell relevanter Fällen

Zunächst werden aus GIDAS alle PKW mit einer Erstzulassung von 2003 und jünger für die Analyse ausgewählt, für die eine EES-Codierung vorliegt. Das sind $n = 4400$ Fahrzeuge. Diese Zahl stellt damit die Bezugsgröße bei der Berechnung der Relevanz dar.

- Filterkriterien im 1. Schritt:
 - VDI1 – Anprallrichtung: Der VDI1 definiert die Anprallrichtung analog eines Ziffernblattes in 12 Ausprägungen. Der Fokus liegt auf leicht schrägen frontalen (11,1) oder seitlich gegen die Fahrzeugfront erfolgten Kollisionen (2,3,9,10), sodass eine hohe Intrusion entsteht, aber keine Kondensatorbeschädigung.
 - VDI2 – Hauptbeschädigung: Da z. T. seitliche Beschädigungen der Fahrzeugfront als Seitenanprall codiert sind, erfolgt hier eine Auswahl auch dieser Bereiche (linke (4)/ rechte (2) Seite sowie Front (1)).
 - Berührungspunkt in X-Richtung: Eine weitere Filtergröße ist der für seitliche Kollisionen relevante Punkt entlang der Fahrzeuglängsachse, an der der Anprall zu verorten ist. So wird sichergestellt, dass auch eine seitliche Beschädigung in jedem Fall im vorderen Teil des Fahrzeugs vorliegt.
 - VDI6 – Eindringtiefe: Ähnlich der ersten Analyse ist ein Kriterium die als VDI6 codierte Zonen-Definition, bis zu der die Deformation maximal eingedrungen ist. In diesem Fall wird über einen VDI6 = 2,3,4 eine relevante Intrusion bis zu etwa zwei Drittel des Vorderwagens herausgefiltert.
- Parameter im 2. Schritt – Minimum-EES: Ein Screening ohne Einschränkung der Kollisionsschwere zeigt, dass unterhalb von EES-Werten von 25 km/h kaum relevante auftreten. Die EES der im Kältemittelprojekt durchgeführten Crashtests mit einer Versuchsgeschwindigkeit von 40 km/h beträgt schätzungsweise 37 km/h. Daher wurde die Grenze von 25 km/h EES als Mindestdeformationsenergie gewählt und nur Fahrzeuge mit einer höheren EES weitergehend auf Relevanz überprüft.

Bereich mit Hauptbeschädigung:

- Fahrzeugfront (VDI2 = 1)
- Seite der Front (VDI2=2,4) & Berührungspunkt d. Koll. $X < 200$ cm

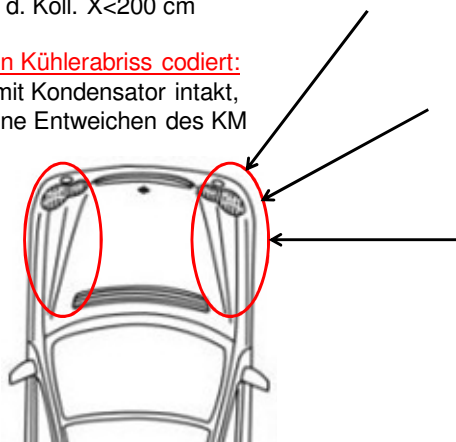
Kriterium "Stufe 3":

- Verformungsgrad in rel. Bereich
- Hohe EES oder DV-Werte (>25)
- Intrusion auch über Detaildeformation

alle Unfall- & Anprallarten, z. B.:

- Front-to-front
- Front-to-rear
- Seite
- Mast/Baum
- Bordstein/Bahn

Kein Kühlerabriss codiert:
damit Kondensator intakt,
Keine Entweichen des KM



Nach Filter 1 verbleiben $n = 419$ Fahrzeuge als Population, nach Filter 2 sind $n = 105$ potenziell relevante Fahrzeuge für die weitergehende Untersuchung in Stufe 2 übrig.

Einzelfallanalyse vorgefilterter Fälle

Durch eine visuelle Überprüfung des zu jedem Fahrzeug vorliegenden Bildmaterials kann festgestellt werden, welche Bereiche (z. B. Innenkotflügel) wie stark beschädigt sind und ob z. B. beschädigte KMA-Leitungen zu erkennen sind. Dabei ist es unerheblich, ob bei dem vorliegenden Modell die KMA tatsächlich im kritisch beschädigten Bereich verläuft und beschädigt wurde oder nicht. Denn Ziel der Überprüfung ist lediglich eine Abschätzung, wie oft Fahrzeuge im Feld mit „state-of-the-art“-Frontstrukturen (jünger als Bj. 2003) die als relevant identifizierten Beschädigungen aufweisen.

Von $n = 105$ Kandidaten-Fahrzeugen zeigen 27 ein relevantes Beschädigungsmuster, so dass ein Anteil von 26% von der vorgefilterten Fahrzeugpopulation als Ergebnis der Einzelfallanalyse als relevant angenommen wird.

- Relevant sind überwiegend Fahrzeugfront-vs. Fahrzeugfront-Unfälle mit einem geringen Overlap, die Crashstrukturen sind häufig nur wenig beschädigt.
- Frontal wie seitliche Baumanpralle oder z. B. Überfahren von Hindernissen ist ebenso im relevanten Anteil vertreten, d. h. kann zu diesen Beschädigungen führen.
- Zusätzlich können aber auch Kreuzen-Unfälle für frontal wie seitlich getroffenes Fahrzeug relevant.
- Kondensator bei nicht abgerissenem oder undeformiertem Kühler fast immer intakt.
- Die EES-Werte sind im Mittel geringer als die den KBA-Tests äquivalent angenommenen 37 km/h EES.

Ergebnis

Zusammengefasst lässt sich die Relevanz als Produkt der in den beiden Schritten der Filterung sowie in der visuellen Einzelfallüberprüfung ermittelten Anteile abbilden. Nach Filter 1 verbleiben $n = 419$ Fahrzeuge als Population, nach Filter 2 sind $n = 105$ potenziell relevante Fahrzeuge für die weitergehende Untersuchung übrig. Dort ergab die Einzelfallanalyse, dass von $n = 105$ Kandidaten-Fahrzeugen 27 ein relevantes Beschädigungsmuster aufweisen. Die Zahlen sind ungewichtet, da zentrale Korrekturgrößen (z. B. zusätzlich zu Verletzungsunfällen Daten zum relevanten Sachschadensunfallgeschehen) fehlen. Die Relevanz beträgt somit:

$$\frac{419}{4400} \times \frac{105}{419} \times \frac{27}{105} = 0,61\%$$

Das untersuchte Szenario – Beschädigung des Motorraums durch hohe Intrusion bei gleichzeitigem Intaktbleiben des Kondensators – tritt bezogen auf alle Fahrzeuge in 0,61% aller im Unfallgeschehen beschädigten PKW auf. In Deutschland sind pro Jahr etwa 350.000 PKW in Verkehrsunfälle verwickelt, sodass sich hochgerechnet aus den hier getroffenen Annahmen das untersuchte Beschädigungsbild bei ca. 2000 Fahrzeugen pro Jahr in Deutschland auftritt.

Dieser Wert bildet allein die Beschädigungswahrscheinlichkeit für dieses spezifische Szenario aus. Z. B. die weitaus größere Gruppe der Frontkollisionen mit Kondensatorleckagen wird nicht durch diese Relevanzabschätzung abgedeckt, sondern muss hinzu addiert werden.