Technical Report on the Safety and Functional Assessment of a Vehicle Air Conditioning System Following Conversion of the Refrigerant from R134a to R-1234yf

Report No.: **TÜH TB 2026-097.00**
Manufacturer: Solstice Advanced Materials
Type: Retrofit

Solstice

ENGLISH

Technical Report on the Safety and Functional Assessment of a Vehicle Air Conditioning System Following Conversion of the Refrigerant from R134a to R-1234yf

Report No.: TÜH TB 2026-097.00
Manufacturer: Solstice Advanced Materials
Type: Retrofit

Reason for the Assessment

This assessment concerns the air conditioning system of a vehicle in classes M1 or N1 that was originally designed and marketed for operation with the fluorinated refrigerant R134a (1,1,1,2-Tetrafluoroethane). As part of a retrofit measure, the cooling system was converted for operation with refrigerant R-1234yf (2,3,3,3-Tetrafluoropropene).

R134a was introduced in vehicle air conditioning systems in the early 1990s as a replacement for ozone-depleting refrigerant R12 and remained the technical standard in the European vehicle fleet for more than two decades. Due to its high global warming potential (GWP100 ≈ 1430 according to IPCC), R134a increasingly became the focus of European climate protection measures.

With the implementation of Directive 2006/40/EC ("MAC Directive"), requirements regarding the global warming potential of refrigerants used in mobile air conditioning systems were gradually introduced for newly type-approved vehicles. Consequently, refrigerant R-1234yf, with a GWP value of less than 1, became the industry standard for vehicle air conditioning systems.

Despite the regulatory transition, a substantial number of vehicles equipped with air conditioning systems originally designed for R134a remain in service. These vehicles continue to require maintenance, repair, and refrigerant recharging. At the same time, Regulation (EU) 2024/573 on fluorinated greenhouse gases aims to further reduce and ultimately phase out hydrofluorocarbons (HFCs).

Against this background, Solstice developed a retrofit concept enabling the conversion of existing vehicle air conditioning systems from R134a to R-1234yf. The concept is based on retaining the existing air conditioning components while implementing defined modification measures. These include:

- Restoring the system to proper technical condition
- Converting service ports to the R-1234yf standard
- Applying permanent system identification labels

- Refilling with operating fluids approved for R-1234yf

From a technical perspective, such a conversion requires a systematic safety assessment. Although both refrigerants exhibit similar thermodynamic properties and operating pressures, they differ with respect to safety classification. R134a is classified as Safety Class A1 (non-flammable) according to ISO 817, whereas R-1234yf is classified as Safety Class A2L (low toxicity, mildly flammable).

Therefore, additional consideration must be given to:

- Potential ignition sources
- Routing of refrigerant lines
- Component arrangement
- Potential refrigerant release scenarios

The purpose of this assessment is an independent technical evaluation of the converted vehicle air conditioning system regarding:

- Proper execution of the retrofit
- Compliance with retrofit documentation
- Tightness of the refrigerant circuit
- Functional performance of the air conditioning system
- Behavior under thermal stress
- Safety suitability for operation with refrigerant R-1234yf

The assessment is intended to determine whether the retrofit can be expected to have no identifiable adverse effects on the operational safety, functionality, and environmental compatibility of the vehicle air conditioning system. [Test appro…en - engl. | Word]

Test Object

Vehicle Information

Item	Description
Manufacturer	Bayerische Motoren Werke (BMW)
Commercial Name	Z4 sDrive 23i
HSN / TSN	0005 / AYL 00012 8

Vehicle Class	M1
VIN	WBALM31020E737072
Model Type	ZR
Variant	LM31
Version	5B
Fuel Type	Petrol
Displacement	2497 cm^3
Rated Power	150 kW @ 6300 rpm
Transmission	Automatic
EC Type Approval	e1*2007/46*0373*02
Type Approval Date	15 September 2010

| Mileage | 77,157 km | [Test appro...en - engl. | Word]

Air Conditioning System

The tested air conditioning system was originally designed and manufactured for operation with refrigerant HFC-R134a.

Original System Data

- Refrigerant charge: 580 ± 10 g
- Standard: SAE J639 compliant
- Leakage rate: 25.7 g/year

The system was converted in accordance with retrofit documentation provided by Solstice.

The retrofit included:

- Adaptation of service fittings for R-1234yf
- Refilling with R-1234yf
- Adjustment or replacement of the required operating fluids
- Application of a permanent identification label

- Execution of the measures specified in the retrofit documentation. [Test appro...en - engl. | Word]

Scope of Assessment

The assessment covered:

- Proper execution of the retrofit
- Compliance with retrofit documentation
- Tightness of the refrigerant circuit
- Functional performance of the air conditioning system
- Operational safety under thermal load
- Potential safety-related impacts resulting from the use of R-1234yf

The report explicitly states that:

- Long-term durability was not evaluated.
- The assessment was non-destructive and without disassembly.
- No Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) was performed. [Test appro...en - engl. | Word]

Description of the Retrofit

The retrofit solution replaces refrigerant R134a with R-1234yf.

According to the retrofit developer, the conversion retains the majority of the existing refrigerant circuit components without fundamentally changing the system design.

Modifications are limited primarily to:

- Service fittings
- System labeling
- Operating fluids specified in the retrofit concept

The retrofit concept is based on the assumption that the thermodynamic properties of R-1234yf permit its use in existing R134a air conditioning systems when specified boundary conditions are met. [Test appro...en - engl. | Word]

Tests Performed

The tests were conducted between **06 July 2026 and 08 July 2026** in **Pfungstadt, Germany**.

Visual and Documentation Inspection

Objective:
To verify the proper execution of the retrofit and the conformity of the actual vehicle condition with the retrofit documentation provided.

Scope of Inspection:

- Verification of installed components
- Inspection of refrigerant line routing
- Inspection of fastening elements
- Verification of system labeling
- Comparison with the retrofit documentation

Result:
The retrofit was found to be largely consistent with the manufacturer's retrofit documentation. The installed components, refrigerant line routing, and fastening elements generally correspond to the configuration described in the provided documentation. Overall, the retrofit work was determined to have been carried out in a professional and traceable manner.

However, during the inspection of the system labeling, it was noted that both the original BMW label located on the inside of the engine hood and the retrofit label identifying the use of refrigerant R-1234yf were still present. Due to the relatively large distance between the two labels, there is a potential risk of misunderstanding regarding the current configuration of the air conditioning system. From the assessor's perspective, a clearer arrangement or consolidation of the relevant information would be desirable.

In addition, the retrofit documentation specifies an additional information label that should provide details regarding recyclability and include a reference to **SAE Standard J2842** (see Figure 1, Solstice Presentation, Section 5). This label was not found on the vehicle during the inspection and should therefore be added in accordance with the requirements specified in the retrofit documentation.

Furthermore, the labeling currently used for the retrofit creates the impression of a temporary sample or prototype and appears to be intended more as an illustrative example for documentation purposes. For permanent vehicle identification, it is recommended to use a high-quality and durable solution comparable to the original BMW labeling.

Preferably, a metal, aluminum, or equivalent industrial-grade nameplate should be used, featuring a permanent mounting method and long-lasting markings. This would ensure that the identification remains securely attached and clearly legible even after many years of vehicle operation.

Overall, these are improvement and enhancement points that do not materially affect the fundamental conformity of the retrofit with the submitted documentation.

Leak Tightness Test

Objective

Verification of the leak tightness of the refrigerant circuit after the retrofit, focusing on components susceptible to leakage, in accordance with Regulation (EC) No. 706/2007.

Following the retrofit, a leak tightness inspection of the refrigerant circuit was carried out on all leak-prone components. The inspection was performed exclusively on components, lines, connections, and assemblies of the refrigerant circuit that were accessible for visual inspection without disassembly and without causing damage while installed in the vehicle.

The assessment was limited to areas that could be accessed and inspected without the removal of additional vehicle or system components. Components that were not visible or could only be accessed through further disassembly were not part of the present inspection.

Components Inspected

Leak-prone components

Component	UV Light	Leak Detection Spray	Moisture Check	Result
Hoses and their connections	Inspected	Inspected	Inspected	OK
Couplings (male and female connectors)	Inspected	Inspected	Inspected	OK
Valves, switching devices and sensors	Inspected	Inspected	Inspected	OK
Expansion valves and their connections	Inspected	Inspected	Inspected	OK
Evaporators and their external connections	Inspected	Inspected	Inspected	OK

Compressors and their connections	Inspected	Inspected	Inspected	OK
Condensers with integrated dryer	Inspected	Inspected	Inspected	OK
Receivers/dryers and their connections	Inspected	Inspected	Inspected	OK
Accumulators and their connections	Inspected	Inspected	Inspected	OK

Result

A leak tightness inspection of all leak-prone components was conducted using UV light, leak detection spray, and moisture checks. The inspection was performed in accordance with the applicable testing requirements. The results are documented in the table above.

Functional Test

Objective

Verification of the proper functionality of the air conditioning system when operated with the refrigerant **R-1234yf**.

Scope of Testing

- Commissioning of the air conditioning system
- Air conditioning system operation under increased thermal load
- Evaluation of cooling performance

Ambient Conditions

Parameter	**Measured Value**
Ambient Temperature	25.1 °C
Relative Humidity	48.3 %
Atmospheric Pressure	1009.0 mbar

Cooling Performance Measurement

Initial Conditions

Parameter	**Initial Value**

Interior Temperature	34.4 °C
Relative Humidity	30.0 %

Test Duration: 2 minutes

Final Conditions

Parameter	**Measured Value**
Interior Temperature	15.8 °C
Relative Humidity	49.8 %

Test Results

The air conditioning system was commissioned using the refrigerant **R-1234yf** and tested under increased thermal load conditions. At the time of testing, the vehicle was exposed to continuous direct sunlight. In addition, ambient conditions were nearly windless, meaning that no additional cooling of the vehicle surfaces or the condenser occurred due to vehicle movement or ambient airflow.

The test conditions therefore represented a demanding operating scenario for the air conditioning system.

During the 2-minute test period, the interior temperature was reduced from **34.4 °C to 15.8 °C**, corresponding to a temperature decrease of **18.6 K** within a very short period of time.

Throughout the entire test, the system exhibited stable operating behavior. The air conditioning system could be started and operated properly, and no abnormalities were observed with respect to functionality, control behavior, or operational safety.

The significant reduction in interior temperature under the described elevated thermal load conditions demonstrates effective heat removal and confirms the adequate performance of the refrigerant circuit when operated with **R-1234yf**.

Conclusion

As part of the functional test, the air conditioning system demonstrated **adequate cooling performance**. The system continues to fulfill its intended function following the retrofit to the refrigerant **R-1234yf**.

The inspection revealed no indications of any functional impairment resulting from the retrofit. The measured results confirm sufficient cooling capacity even under adverse environmental conditions characterized by continuous solar exposure and the absence of cooling airflow.

Temperature Assessment of Refrigerant Lines in the Vicinity of Thermally Loaded Vehicle Components

Objective

The purpose of this assessment was to evaluate the thermal loading of the refrigerant lines following the retrofit to refrigerant **R-1234yf**.

For this purpose, the surface temperatures of both the high-pressure and low-pressure sections of the refrigerant lines were measured at the most thermally critical locations. Particular attention was paid to line sections located in close proximity to hot engine components, especially the exhaust manifold.

Temperature measurements were carried out under two operating conditions:

- Measurement with the vehicle in a cold condition
- Measurement after thermal loading of the vehicle through operation until maximum operating temperatures were reached

To create a thermal worst-case condition, the vehicle was heated until an exhaust gas temperature of more than **752 °C downstream of the catalytic converter** was measured. Subsequently, the temperatures of the refrigerant lines were recorded again and evaluated.

Results

The temperature measurements carried out with the vehicle in a cold condition showed no abnormalities. Following the heat-up phase, the refrigerant lines were re-evaluated with regard to their thermal loading.

The most critical section of the refrigerant line is located on the **low-pressure side** in the area of the exhaust manifold. The minimum measured distance between the refrigerant line and the exhaust manifold was approximately **40 mm**. At this location, the highest refrigerant line surface temperature of **130.5 °C** was recorded.

Despite the significant thermal exposure from the heated exhaust system, no signs of excessive thermal stress on the refrigerant lines were identified. The remaining refrigerant lines either maintain substantially greater distances from hot vehicle components or are effectively protected from direct thermal radiation by existing heat shields.

Assessment

The temperature measurements demonstrate that the thermal loading of the refrigerant lines remains manageable even under unfavorable operating conditions.

The most thermally critical refrigerant line section on the low-pressure side reached a maximum surface temperature of **130.5 °C** at a distance of approximately **40 mm** from the exhaust manifold. No damage, deformation, or other indications of critical overheating were observed.

The routing of the refrigerant lines and the existing protective measures are therefore considered appropriate. Based on the temperatures recorded during the inspection, there are no indications of an increased safety risk resulting from the retrofit to refrigerant **R-1234yf**.

The investigations carried out did not reveal any evidence of thermally induced damage or abnormalities affecting the refrigerant lines under review. The existing line routing and heat protection measures appear suitable for the tested operating conditions.

However, this assessment is limited to the **normal operation of an intact system**. The evaluation of potential hazards resulting from refrigerant leaks, component failures, crash events, or interactions between released refrigerant and hot vehicle components was not included within the scope of this inspection and cannot be derived from the present investigations.

Such considerations would require additional analyses, for example within the framework of a **Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)**, a dedicated hazard assessment, or specific experimental testing programs.

Safety Assessment

Objective

Assessment of potential safety-related implications resulting from the retrofit of the vehicle air conditioning system from refrigerant **R134a** to **R-1234yf**.

Technical Assessment

With the conversion to **R-1234yf**, a refrigerant is used that exhibits a low level of flammability compared to the originally applied **R134a** and is classified as **Safety Class A2L** according to **ISO 817**.

As a result, the safety characteristics of the system fundamentally differ from those of the original vehicle configuration.

As part of the present investigation, the retrofit implementation, routing of the refrigerant lines, component mounting, and the spatial arrangement relative to potential heat sources were evaluated. No obvious deficiencies were identified that would indicate an immediate safety hazard during intended operation.

The refrigerant charge of approximately **580 g of R-1234yf** inherently possesses a combustible potential. However, ignition would require additional boundary conditions beyond the release of the refrigerant itself, particularly the presence of a flammable concentration and a suitable ignition source. The timing, location, and probability of such a scenario were not part of the present investigation.

Limitations of the Assessment

The present assessment applies exclusively to the intended operation of a properly installed, functional, and leak-tight air conditioning system. Within the scope of the investigations performed, no indications of safety-critical abnormalities were identified.

For a comprehensive overall assessment of the safety performance of the retrofit concept, additional investigations addressing leakage, refrigerant release, ignition, crash, and failure scenarios, as well as further risk analyses (e.g., **FMEA**), would be required.

The tests considered in this report do not provide a reliable basis for conclusions regarding such scenarios.

Conclusion

Based on the investigations performed, no immediately safety-critical issues were identified with respect to the intended operation of the air conditioning system.

However, due to the altered material properties of the refrigerant **R-1234yf** compared to **R134a**, a degree of uncertainty remains regarding potential failure scenarios.

As no investigations were carried out concerning refrigerant leaks, ignition events, crash loads, or refrigerant dispersion behavior, the present test results cannot be used to demonstrate safety under such operating conditions.

Accordingly, this assessment is valid solely for the intended operation of a **leak-tight and fully functional air conditioning system**. No safety verification has been provided for fault conditions, damage scenarios, or accident situations.

Overall Assessment

The investigations carried out revealed no evidence that the retrofit of the vehicle air conditioning system from **R134a** to **R-1234yf** results in any impairment of functionality or any immediately identifiable safety-related concerns during intended operation. The retrofit was performed substantially in accordance with the submitted documentation, and the system demonstrated proper operating behavior throughout the tests conducted.

From an environmental perspective, the retrofit can be regarded as beneficial. By replacing **R134a**, which has a **Global Warming Potential (GWP100) of approximately 1430**, with **R-1234yf**, which has a **GWP value of less than 1**, the potential greenhouse gas equivalent released in the event of refrigerant leakage is significantly reduced. Consequently, the retrofit contributes to a substantial reduction in the direct climate-related emissions associated with the vehicle's air conditioning system.

It should be noted, however, that unlike R134a, **R-1234yf is classified as a mildly flammable refrigerant of Safety Class A2L**. The present assessment confirms only the suitability of the system for the intended operation of a functional and leak-tight air conditioning system. Leakage scenarios, fire events, crash situations, and other failure conditions were not investigated. Likewise, no **Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)** was performed.

Considering the scope of the tests conducted, there are no apparent objections to operating the retrofitted vehicle air conditioning system with refrigerant **R-1234yf**. In addition, the retrofit offers a significant environmental advantage compared with the original operation using **R134a**.

However, no conclusions can be drawn from the present investigations regarding the behavior of the system under fault conditions, damage scenarios, or accident situations.

Conclusion

Based on the non-destructive and non-invasive investigations performed and the findings obtained, no technical indications were identified that would, from a technical standpoint, argue against the operation of the air conditioning system installed in the assessed vehicle with refrigerant **R-1234yf**.

Within the scope of this assessment, no obvious safety-related or functional deficiencies attributable to the retrofit were identified.

The investigations were conducted exclusively using non-destructive and non-invasive methods under the conditions prevailing at the time of the assessment. The scope and depth of the investigations do not constitute a complete conformity assessment, type approval test, manufacturer approval, or regulatory certification process.

No analytical examination of the refrigerant contained within the vehicle was performed, particularly with regard to its composition, purity, origin, or material properties. Such an analysis was not part of the assessment assignment. Consequently, no statements can be made regarding these aspects.

The information contained in this report concerning refrigerant charge quantities, technical specifications, and product characteristics is based solely on documentation provided by **Solstice® Advanced Materials**. No independent verification of these manufacturer specifications was carried out by the expert.

The scope of the assessment was limited exclusively to the technical evaluation of the air conditioning system as found during the inspection. No legal assessment was performed regarding the consequences for the vehicle's type approval, operating permit, or any other approval or regulatory requirements.

Accordingly, this report does not constitute a governmental approval, certification, or proof of regulatory or homologation compliance.

At the time of preparation of this report, the fundamental assessment of the approval eligibility of the described retrofit was still under discussion with the **German Federal Motor Transport Authority (Kraftfahrt-Bundesamt, KBA)**. A final outcome of this regulatory evaluation was not available at the time of the assessment and was therefore not part of the present evaluation.

The findings and assessments contained in this report relate exclusively to the condition of the vehicle at the time of the inspection. Hidden defects, non-visible deficiencies, subsequently occurring faults, or modifications made to the vehicle after completion of the assessment are not covered by this evaluation.

This assessment does not include any warranty, guarantee, or liability commitments.

This report, including all appendices, comprises a total of **17 pages** and was prepared exclusively for the client. Any full or partial publication, reproduction, distribution, or other use by third parties requires the prior consent of the author and/or the client. The use, publication, reproduction, distribution, or any other exploitation of this report, in whole or in part, requires the prior written consent of **Solstice Advanced Materials**.

Partial excerpts may only be used provided that the content, conclusions, or overall context of the report are not altered, misrepresented, or distorted in any way.

GERMAN

Prüfberichtsnr. : TÜH TB 2026-097.00 Hersteller Typ : Solstice Advanced Materials : Retrofit

Technischer Bericht zur sicherheitstechnischen und funktionalen Bewertung einer Fahrzeugklimaanlage nach Umrüstung des Kältemittels von R134a auf R 1234yf

TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH Robert-Bosch-Str. 16 64293 Darmstadt, Germany Automotive Seite: 1 von 17 TÜH TB 2026-097.00.docx Prüfberichtsnr. : TÜH TB 2026-097.00 Hersteller : Solstice Advanced Materials Typ : Retrofit TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH Robert-Bosch-Str. 16 64293 Darmstadt, Germany Automotive Seite: 2 von 17 TÜH TB 2026-097.00.docx

Inhalt

Veranlassung der Begutachtung

Die vorliegende Begutachtung betrifft eine Fahrzeugklimaanlage eines Fahrzeugs der Klassen M1 bzw. N1, die ursprünglich für den Betrieb mit dem fluorierten Kältemittel R134a (1,1,1,2-Tetrafluorethan) ausgelegt und in Verkehr gebracht wurde. Das Kühlsystem wurde im Rahmen einer Retrofit-Maßnahme für den Betrieb mit dem Kältemittel R-1234yf (2,3,3,3-Tetrafluorpropen) umgerüstet. R134a wurde seit Beginn der 1990er-Jahre als Ersatz für das ozonschädigende Kältemittel R12 in Fahrzeugklimaanlagen eingeführt und stellte über mehr als zwei Jahrzehnte den technischen Standard im europäischen Fahrzeugbestand dar. Aufgrund seines hohen Treibhauspotenzials (GWP100 ≈ 1430 gemäß IPCC) geriet R134a jedoch zunehmend in den Fokus europäischer Klimaschutzmaßnahmen. Mit Inkrafttreten der Richtlinie 2006/40/EG („MAC-Richtlinie“) wurden für neu typgenehmigte Fahrzeuge schrittweise Anforderungen an das Treibhauspotenzial von Kältemitteln in mobilen Klimaanlagen eingeführt. Hierdurch wurde das Kältemittel R-1234yf mit einem GWP-Wert von kleiner 1 zum heutigen Industriestandard für Fahrzeugklimaanlagen. Trotz der regulatorischen Umstellung befindet sich weiterhin ein erheblicher Fahrzeugbestand mit ursprünglich für R134a ausgelegten Klimaanlagen im Betrieb. Für diese Fahrzeuge besteht unverändert Bedarf an Wartung, Reparatur und Wiederbefüllung der Klimaanlagen. Gleichzeitig verfolgt die Europäische Union mit der Verordnung (EU) 2024/573 über fluorierte Treibhausgase das Ziel einer weiteren Reduzierung und langfristigen Ablösung teilfluorierter Kohlenwasserstoffe (HFKW). Die Verordnung sieht hierzu eine stufenweise Verknappung der zulässigen Inverkehrbringungsmengen sowie ein langfristiges Auslaufen dieser Stoffgruppe vor. Vor diesem Hintergrund wurde durch die Fa. Solstice ein Retrofit-Konzept entwickelt, welches die Umrüstung bestehender Fahrzeugklimaanlagen von R134a auf R-1234yf ermöglicht. Das Konzept basiert auf der Weiterverwendung der vorhandenen Klimaanlagenkomponenten unter Durchführung definierter Anpassungsmaßnahmen. Hierzu zählen insbesondere die Wiederherstellung eines technisch einwandfreien Ausgangszustandes der Anlage, die Anpassung der Serviceanschlüsse auf den R-1234yf-Standard, die Anbringung einer dauerhaften

Anlagenkennzeichnung sowie die Neubefüllung mit den für R-1234yf freigegebenen Betriebsstoffen. Aus technischer Sicht ergibt sich bei einer solchen Umrüstung die Notwendigkeit einer systematischen Bewertung der Betriebssicherheit. Obwohl beide Kältemittel hinsichtlich ihrer thermodynamischen Eigenschaften vergleichbare Betriebsdrücke und vergleichbare Verdichterarbeitsbereiche aufweisen, unterscheiden sie sich hinsichtlich ihrer sicherheitstechnischen Einstufung. Während R134a gemäß ISO 817 der Sicherheitsklasse A1 (nicht brennbar) zugeordnet wird, wird R-1234yf als Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L (geringe Toxizität, niedrige Brenngeschwindigkeit) eingestuft. Daraus ergeben sich zusätzliche Anforderungen an die Betrachtung möglicher Zündquellen, der Leitungsführung, der Bauteilanordnung sowie potenzieller Freisetzungsszenarien im Fahrzeug. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass Fahrzeugklimaanlagen bei der ursprünglichen Typgenehmigung teilweise Gegenstand gesonderter Nachweise hinsichtlich Kältemitteltyp, Leckagerate und Systemkonfiguration waren. Die Bewertung einer Umrüstung erfordert daher die Prüfung, ob sich aus dem Wechsel des Kältemittels und den vorgenommenen Anpassungen sicherheitsrelevante, funktionale oder umweltbezogene Auswirkungen ergeben. Ziel der vorliegenden Begutachtung ist daher die unabhängige technische Bewertung einer entsprechend umgerüsteten Fahrzeugklimaanlage hinsichtlich: • der fachgerechten Durchführung der Umrüstung, • der Übereinstimmung mit den Umrüstunterlagen, • der Dichtheit des Kältemittelkreislaufs, • der Funktionsfähigkeit des Klimasystems, • des Verhaltens unter thermischer Belastung, • sowie der sicherheitstechnischen Eignung der Anlage für den Betrieb mit dem Kältemittel R-1234yf. Die Begutachtung soll feststellen, ob die vorgefundene Umrüstung aus technischer Sicht keine erkennbaren nachteiligen Auswirkungen auf die Betriebssicherheit, Funktionsfähigkeit und Umweltverträglichkeit der Fahrzeugklimaanlage erwarten lässt.

Prüfgegenstand 0. Allgemeine Information 0.1. Hersteller : Bayrische Motorenwerke Handelsbezeichnung : Z4 sDrive 23i HSN / TSN : 0005 / AYL 00012 8 Fahrzeugklasse / Art des Aufbaus : M1 / AE Fahrgestellnummer / Prüfziffer : WBALM31020E737072 / 9 0.2. Typ : ZR Variante : LM31 Version : 5B Kraftstoffart : Benzin Hubraum : 2497 cm3 Nennleistung / Nenndrehzahl : 150 kW / 6300 min-1 Getriebe : Automatik 0.3 EG-Typgenehmigung : e1*2007/46*0373*02 Erteilungsdatum : 15.09.2010 0.4 Laufleistung : 77157 km Profiltiefe (VL/VR/HL/HR) : 5,7 / 5,5 / 4,8 / 4,6 mm

Klimaanlage Figure 4: Fabrikschild Die Klimaanlage des Prüfgegenstandes wurde ursprünglich für den Betrieb mit dem Kältemittel HFC-R134a (CF3CH2F) ausgelegt und hergestellt: 1 1.1 1.2 1.3 Herstellerangaben Füllmenge Normkonform Aus der EG-Typgenehmigung unter Punkt 9.10.8.1.: Die Klimaanlage ist darauf ausgelegt, fluorierte Treibhausgase mit einem Treibhauspotenzial (GWP-Wert) über 150 zu enthalten

Leckagerate der Gesamtanlage Genehmigungsnummern Klimaanlage : : : : : 580 ± 10 g SAE J639 Ja 25,7 g/Jahr e13*2006/40*706/2007*0038*00 e13*2006/40*706/2007*0039*00 e13*2006/40*706/2007*0040*00 Die Anlage wurde entsprechend den durch die Fa. Solstice bereitgestellten Umrüstunterlagen auf den Betrieb mit dem Kältemittel R-1234yf umgerüstet. Zum Zeitpunkt der Begutachtung bestand die Umrüstung im Wesentlichen aus: • Anpassung der Serviceanschlüsse für R-1234yf, • Neubefüllung mit R-1234yf, • Anpassung bzw. Austausch der erforderlichen Betriebsstoffe, • Anbringung einer dauerhaften Kennzeichnung der Anlage, • Durchführung der in den Umbauunterlagen beschriebenen Maßnahmen.

Prüfauftrag Gegenstand der vorliegenden Begutachtung ist die technische Bewertung einer von R134a auf R-1234yf umgerüsteten Fahrzeugklimaanlage. Die Prüfung dient der Beurteilung, • der fachgerechten Ausführung der Umrüstung, • der Übereinstimmung mit den vorgelegten Umbauunterlagen, • der Dichtheit des Kältemittelkreislaufs, • der Funktionsfähigkeit der Klimaanlage, • der Betriebssicherheit unter thermischer Belastung, • sowie möglicher sicherheitsrelevanter Auswirkungen infolge des Einsatzes des Kältemittels R-1234yf. Eine Bewertung der Dauerhaltbarkeit über die im Rahmen der Begutachtung durchgeführten Prüfungen hinaus ist nicht Gegenstand dieses Prüfberichtes. Die Begutachtung beschränkte sich auf eine demontagefreie, zerstörungsfreie Prüfung des vorliegenden Bauteils bzw. Systems. Eine weitergehende Fehlerursachenanalyse, insbesondere im Sinne einer Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA), wurde nicht durchgeführt und ist nicht Bestandteil dieses Prüfberichtes. Prüfgrundlagen Der Begutachtung lagen insbesondere folgende Unterlagen sowie die Bewertung in Anlehnung an die nachfolgend aufgeführten Vorschriften, Normen und technischen Regelwerke zugrunde: • Umrüstbeschreibung der Fa. Solstice • Stückliste der Retrofit-Komponenten • Sicherheitsdatenblatt des Kältemittels R-1234yf • Risikobewertung des Retrofit-Konzeptes • Verordnung (EU) 2024/573 über fluorierte Treibhausgase • Richtlinie 2006/40/EG über Emissionen aus Klimaanlagen in Kraftfahrzeugen • Verordnung (EG) Nr. 706/2007 über ein harmonisiertes Verfahren für die Messung von Leckagen • SAE J639 – Safety Standards for Motor Vehicle Refrigerant Systems • SAE J2842 / J2845 (soweit anwendbar) • fahrzeugspezifische Herstellerunterlagen

Beschreibung der Umrüstung Für die Nachrüstlösung wird das ursprünglich eingesetzte Kältemittel R134a durch das Kältemittel R-1234yf ersetzt. Nach Angaben des Herstellers des Retrofit-Konzeptes erfolgt die Umrüstung unter weitgehender Beibehaltung der vorhandenen Komponenten des Kältemittelkreislaufs. Die konstruktive Auslegung des Systems bleibt hierbei grundsätzlich unverändert. Anpassungen erfolgen insbesondere an den Serviceanschlüssen („fittings“), der Anlagenkennzeichnung sowie den im Rahmen des Retrofit-Konzeptes spezifizierten Betriebsstoffen.

Das Retrofit-Konzept basiert auf der Annahme, dass die thermodynamischen Eigenschaften von R-1234yf eine Verwendung in bestehenden R134a-Klimaanlagen unter Einhaltung definierter Randbedingungen ermöglichen.

Durchgeführte Prüfungen Die durchgeführten Prüfungen wurden im Zeitraum vom 06.07.2026 bis 08.07.2026 in Pfungstadt, Deutschland, durchgeführt. Sicht- und Dokumentationsprüfung Zielsetzung: Überprüfung der ordnungsgemäßen Ausführung der Umrüstung sowie der Übereinstimmung des vorgefundenen Zustandes mit den bereitgestellten Umrüstunterlagen. Prüfumfang: • Kontrolle der verbauten Komponenten • Überprüfung der Leitungsführung • Kontrolle der Befestigungselemente • Prüfung der Anlagenkennzeichnung • Abgleich mit der Umbaudokumentation Ergebnis: Die Ausführung der Umrüstung stimmt weitestgehend mit den vorgelegten Umrüstunterlagen des Herstellers überein. Die verbauten Komponenten, die Leitungsführung sowie die Befestigungselemente entsprechen im Wesentlichen der beschriebenen Ausführung. Insgesamt konnte eine fachgerechte und nachvollziehbare Umsetzung der Umrüstung festgestellt werden. Im Rahmen der Prüfung der Anlagenkennzeichnung wurde jedoch festgestellt, dass sowohl die ursprüngliche BMW-Kennzeichnung auf der Innenseite der Motorhaube als auch die im Zuge der Umrüstung angebrachte Kennzeichnung für das Kältemittel R-1234yf weiterhin vorhanden sind. Aufgrund des relativ großen Abstands zwischen beiden Kennzeichnungen besteht die Möglichkeit von Missverständnissen hinsichtlich des aktuellen Anlagenzustands. Eine eindeutigere Anordnung bzw. Zusammenführung der relevanten Hinweise wäre aus Sicht der Prüfung wünschenswert. Weiterhin ist in den Umrüstunterlagen ein zusätzlicher Hinweisaufkleber vorgesehen, welcher Informationen zur Recyclingfähigkeit sowie einen Verweis auf die SAE-Norm J2842 enthalten soll (siehe Figure 1: Solstice Präsentation unter Punkt 5). Dieser Aufkleber konnte am Fahrzeug nicht vorgefunden werden und sollte entsprechend den Vorgaben der Umrüstdokumentation ergänzt werden.

Darüber hinaus vermittelt die derzeit verwendete Kennzeichnung für die Umrüstung den Eindruck eines vorläufigen Musters oder Prototyps und scheint eher al s Anschauungs- bzw. Abbildungsbeispiel für die Dokumentation vorgesehen zu sein. Für eine dauerhafte Fahrzeugkennzeichnung wird empfohlen, eine hochwertige und beständige Ausführung zu verwenden, vergleichbar mit der originalen BMW-Kennzeichnung. Hierfür sollte vorzugsweise ein Metall-, Aluminium- oder gleichwertiges Industrieschild mit dauerhaft haftender Befestigung und langlebiger Beschriftung eingesetzt werden. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Kennzeichnung auch nach langjährigem Fahrzeugbetrieb noch sicher befestigt und dauerhaft lesbar bleibt. Insgesamt handelt es sich hierbei um Verbesserungs- bzw. Ergänzungspunkte, die die grundsätzliche Übereinstimmung der Umrüstung mit den vorgelegten Unterlagen nicht wesentlich beeinträchtigen.

Dichtheitsprüfung Zielsetzung: Nachweis der Dichtheit des Kältemittelkreislaufs nach erfolgter Umrüstung an leckageanfälligen Bauteilen gem. Verordnung (EG) Nr. 706/2007.

Die Dichtheitsprüfung des Kältemittelkreislaufs wurde nach erfolgter Umrüstung an den leckageanfälligen Bauteilen durchgeführt. Die Prüfung erfolgte ausschließlich an den im eingebauten Zustand demontagefrei und zerstörungsfrei zugänglichen sowie visuell einsehbaren Komponenten, Leitungen, Verbindungen und Aggregaten des Kältemittelkreislaufs. Die Bewertung beschränkt sich auf die ohne zusätzliche Demontage von Fahrzeug- oder Anlagenteilen erreichbaren und überprüfbaren Bereiche. Nicht einsehbare oder nur durch weitergehende Demontagemaßnahmen zugängliche Komponenten waren nicht Gegenstand der vorliegenden Prüfung:

Bauteile: leckageanfällige Bauteile UV-Licht Lecksuchspray Feuchtigkeit Ergebnis Schläuche und ihre Anschlussteile geprüft geprüft Kupplungen (Stecker und Muffen) geprüft geprüft geprüft geprüft i.O. Ventile, Schaltorgane und Sensoren i.O. geprüft geprüft geprüft Expansionsventile und ihre Anschlussteile geprüft geprüft i.O. geprüft Verdampfer und ihre äußeren Anschlussteile geprüft geprüft i.O. geprüft Kompressoren und ihre Anschlussteile geprüft geprüft i.O. geprüft Kondensatoren mit integriertem Trockner geprüft geprüft i.O. geprüft Sammler/Trockner und ihre Anschlussteile geprüft geprüft i.O. geprüft Druckspeicher und ihre Anschlussteile geprüft geprüft i.O. geprüft i.O. Ergebnis: An den leckageanfälligen Bauteilen wurde eine Dichtheitsprüfung mittels UV-Licht, Lecksuchspray sowie Feuchtigkeitskontrolle durchgeführt. Die Prüfung erfolgte gemäß den geltenden Prüfvorgaben. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle dokumentiert. Alle als „i.O.“ bewerteten Bauteile zeigten keine Anzeichen von Leckagen oder Feuchtigkeitseintritt.

Funktionsprüfung Zielsetzung: Nachweis der bestimmungsgemäßen Funktion der Klimaanlage im Betrieb mit dem Kältemittel R-1234yf. Prüfumfang: • Inbetriebnahme der Anlage • Klimaanlagenbetrieb unter erhöhter Last • Bewertung der Kühlfähigkeit Messwerte der Umgebung: Parameter Messwert Umgebungstemperatur 25,1 °C Relative Luftfeuchtigkeit 48,3 % Luftdruck 1009,0 mbar Messung der Kühlfähigkeit: Start Parameter Start Messwert Innenraumtemperatur 34,4 °C Relative Luftfeuchtigkeit 30,0 % ➔ Messdauer: 2 min Parameter Innenraumtemperatur Messwert 15,8 °C ➔ Relative Luftfeuchtigkeit 49,8 % Die Klimaanlage wurde mit dem Kältemittel R-1234yf in Betrieb genommen und unter erhöhter thermischer Last geprüft. Zum Zeitpunkt der Prüfung war das Fahrzeug einer permanenten Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Zudem herrschten nahezu windstille Umgebungsbedingungen, wodurch keine zusätzliche Kühlung der Fahrzeugoberflächen oder des Kondensators durch Fahrt- oder Umgebungsluft erfolgte. Die Prüfbedingungen stellen somit ein anspruchsvolles Lastszenario für die Klimaanlage dar. Während des Prüfzeitraums von 2 Minuten konnte die Innenraumtemperatur von 34,4 °C auf 15,8 °C abgesenkt werden. Dies entspricht einer Temperaturreduzierung von 18,6 K innerhalb kurzer Zeit. Das System zeigte während der gesamten Prüfung ein stabiles Betriebsverhalten. Die Klimaanlage ließ sich ordnungsgemäß in Betrieb nehmen, und es wurden keine Auffälligkeiten hinsichtlich Funktion, Regelverhalten oder Betriebssicherheit festgestellt. Die deutliche Absenkung der Innenraumtemperatur unter den beschriebenen, erhöhten thermischen Belastungsbedingungen belegt eine wirksame Wärmeabfuhr und bestätigt die ausreichende Leistungsfähigkeit des Kältekreislaufs mit dem eingesetzten Kältemittel R-1234yf. Ergebnis: Im Rahmen der durchgeführten Funktionsprüfung wurde eine ausreichende Kühlleistung festgestellt. Die Klimaanlage erfüllt ihre bestimmungsgemäße Funktion auch nach der Umrüstung auf das Kältemittel R-1234yf. Hinweise auf eine funktionale Beeinträchtigung infolge der Umrüstung ergaben sich im Rahmen der durchgeführten Prüfung nicht. Die erzielten Messergebnisse bestätigen eine ausreichende Kälteleistung auch unter ungünstigen Umgebungsbedingungen mit permanenter Sonneneinstrahlung und fehlender Windanströmung.

Temperaturbewertung der Kältemittelleitungen im Bereich thermisch belasteter Fahrzeugkomponenten Hierzu Zielsetzung: Bewertung der thermischen Belastung der Kältemittelleitungen nach der Umrüstung auf das Kältemittel R 1234yf. wurden die Oberflächentemperaturen der hochdruck- und niederdruckseitigen Leitungsabschnitte an den thermisch kritischsten Stellen ermittelt. Besonderes Augenmerk lag auf den Leitungsbereichen mit geringem Abstand zu heißen Motorkomponenten, insbesondere zum Abgaskrümmer. Die Temperaturmessungen wurden in zwei Betriebszuständen durchgeführt: Messung im kalten Fahrzeugzustand Messung nach thermischer Belastung des Fahrzeugs durch Fahrbetrieb bis zum Erreichen maximaler Betriebstemperaturen Zur Erzeugung eines thermischen Worst-Case-Zustands wurde das Fahrzeug bis auf eine gemessene Abgastemperatur von über 752 °C hinter dem Katalysator aufgeheizt. Anschließend wurden die Temperaturen der Kältemittelleitungen erneut erfasst und bewertet. Ergebnis: Die Temperaturmessungen im kalten Fahrzeugzustand zeigten keine Auffälligkeiten. Nach der Aufheizphase wurden die Leitungen erneut hinsichtlich ihrer thermischen Belastung untersucht. Der kritischste Leitungsabschnitt befindet sich auf der Niederdruckseite im Bereich des Abgaskrümmers. Der geringste gemessene Abstand zwischen Kältemittelleitung und Krümmer beträgt hierbei etwa 40 mm. An dieser Stelle wurde die höchste Oberflächentemperatur einer Kältemittelleitung von 130,5 °C ermittelt. Trotz der hohen Temperaturbelastung durch den aufgeheizten Abgasstrang konnten keine Anzeichen einer unzulässigen thermischen Beanspruchung der Kältemittelleitungen festgestellt werden. Die übrigen Kältemittelleitungen weisen entweder deutlich größere Abstände zu heißen Fahrzeugkomponenten auf oder sind durch vorhandene Hitzeschutzbleche wirksam gegenüber direkter Wärmestrahlung abgeschirmt. Bewertung: Die durchgeführten Temperaturmessungen zeigen, dass die thermische Belastung der Kältemittelleitungen auch unter ungünstigen Betriebsbedingungen beherrschbar ist. Der thermisch kritischste Leitungsabschnitt auf der Niederdruckseite erreichte bei einem Abstand von ca. 40 mm zum Abgaskrümmer eine maximale Oberflächentemperatur von 130,5 °C. Schäden, Verformungen oder sonstige Hinweise auf eine kritische Erwärmung wurden nicht festgestellt. Die Verlegung der Kältemittelleitungen sowie die vorhandenen Schutzmaßnahmen sind daher als geeignet zu bewerten. Aus den im Rahmen der Prüfung ermittelten Temperaturen ergeben sich keine Hinweise auf ein erhöhtes sicherheitstechnisches Risiko infolge der Umrüstung auf das Kältemittel R-1234yf. Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen ergaben sich keine Hinweise auf thermisch bedingte Schäden oder Auffälligkeiten an den betrachteten Kältemittelleitungen. Die vorhandene Leitungsführung und die vorhandenen Hitzeschutzmaßnahmen erscheinen für den geprüften Betriebszustand geeignet. Die Bewertung beschränkt sich jedoch auf den Normalbetrieb eines intakten Systems. Eine Bewertung möglicher Gefährdungen infolge von Leckagen, Bauteilversagen, Crashereignissen oder der Wechselwirkungen zwischen austretendem Kältemittel und heißen Fahrzeugkomponenten war nicht Gegenstand des Prüfumfangs und kann auf Basis der vorliegenden Untersuchungen nicht abgeleitet werden. Für solche Betrachtungen wären weitergehende Analysen, beispielsweise im Rahmen einer Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA), einer gesonderten Gefährdungsbeurteilung oder spezifischer Versuchsreihen erforderlich.

Sicherheitstechnische Bewertung Zielsetzung: Bewertung möglicher sicherheitsrelevanter Auswirkungen infolge der Umrüstung der Fahrzeugklimaanlage von R134a auf das Kältemittel R-1234yf. Technische Bewertung: Mit der Umrüstung auf R-1234yf wird ein Kältemittel verwendet, das gegenüber dem ursprünglich eingesetzten R134a eine geringe Brennbarkeit aufweist und gemäß ISO 817 der Sicherheitsklasse A2L zugeordnet wird. Damit unterscheiden sich die sicherheitstechnischen Eigenschaften des Systems grundsätzlich von der ursprünglichen Fahrzeugausführung. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die Ausführung der Umrüstung, die Leitungsführung, die Befestigung der Komponenten sowie die räumliche Anordnung zu potenziellen Wärmequellen bewertet. Hierbei wurden keine offensichtlichen Mängel festgestellt, die im bestimmungsgemäßen Betrieb auf eine unmittelbare Gefährdung schließen lassen. Die vorhandene Kältemittelfüllung von ca. 580 g R-1234yf besitzt grundsätzlich ein brennbares Potenzial. Eine Entzündung setzt jedoch neben der Freisetzung des Kältemittels weitere Randbedingungen voraus, insbesondere das Vorliegen einer zündfähigen Konzentration sowie das Vorhandensein einer geeigneten Zündquelle. Zeitpunkt, Ort und Wahrscheinlichkeit eines solchen Szenarios waren nicht Gegenstand der Untersuchung. Einschränkungen der Bewertung: Die vorliegende Bewertung bezieht sich auf den bestimmungsgemäßen Betrieb eines ordnungsgemäß montierten, funktionsfähigen und dichten Klimasystems. Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen wurden keine Hinweise auf sicherheitskritische Auffälligkeiten festgestellt. Für eine abschließende Gesamtbewertung des Sicherheitsverhaltens des Retrofit-Konzeptes wären darüber hinaus Untersuchungen zu Leckage-, Freisetzungs-, Zünd-, Crash- und Ausfallszenarien sowie weitergehende Risikoanalysen (z. B. FMEA) heranzuziehen. Die betrachteten Prüfungen erlauben hierzu keine belastbare Aussage. Ergebnis: Auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen konnten für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Klimaanlage keine unmittelbar sicherheitskritischen Auffälligkeiten festgestellt werden. Aufgrund der gegenüber R134a veränderten Stoffeigenschaften des eingesetzten Kältemittels R-1234yf verbleibt jedoch eine Unsicherheit hinsichtlich möglicher Fehlerszenarien. Da keine Untersuchungen zu Leckagen, Entzündungsereignissen, Crashbelastungen oder Ausbreitungsvorgängen des Kältemittels durchgeführt wurden, kann aus den vorliegenden Prüfergebnissen kein Nachweis der Sicherheit für diese Betriebszustände abgeleitet werden. Die vorliegende Bewertung ist daher ausschließlich für den bestimmungsgemäßen Betrieb einer dichten und funktionsfähigen Klimaanlage gültig. Für Störungs-, Schadens- oder Unfallszenarien wurde kein Sicherheitsnachweis erbracht.

Gesamtbewertung Die durchgeführten Untersuchungen ergeben keine Hinweise darauf, dass die Umrüstung der Fahrzeugklimaanlage von R134a auf R-1234yf im bestimmungsgemäßen Betrieb zu einer Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit oder zu unmittelbar erkennbaren sicherheitsrelevanten Auffälligkeiten führt. Die Umrüstung wurde im Wesentlichen entsprechend den vorgelegten Unterlagen durchgeführt und die Anlage zeigte während der Prüfungen ein ordnungsgemäßes Betriebsverhalten. Aus umwelttechnischer Sicht ist die Umrüstung positiv zu bewerten. Durch den Wechsel von R134a mit einem Treibhauspotenzial (GWP100) von ca. 1430 auf R-1234yf mit einem GWP-Wert von < 1 wird das potenzielle Treibhausgasäquivalent bei einer Freisetzung des Kältemittels erheblich reduziert. Damit trägt die Umrüstung zu einer deutlichen Verringerung der direkten klimarelevanten Emissionen der Fahrzeugklimaanlage bei. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass R-1234yf im Gegensatz zu R134a als schwer entflammbares Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L eingestuft ist. Die vorliegende Begutachtung bestätigt lediglich die Eignung des Systems für den bestimmungsgemäßen Betrieb einer funktionsfähigen und dichten Anlage. Leckage-, Brand-, Crash- oder sonstige Fehlerszenarien wurden nicht untersucht. Ebenso wurde keine Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) durchgeführt. Unter Berücksichtigung des durchgeführten Prüfumfangs bestehen keine erkennbaren Einwände gegen den Betrieb der umgerüsteten Fahrzeugklimaanlage mit dem Kältemittel R-1234yf. Die Umrüstung bietet zugleich einen wesentlichen Umweltvorteil gegenüber dem ursprünglichen Betrieb mit R134a. Aussagen zum Verhalten des Systems bei Störungen, Beschädigungen oder Unfällen können aus den vorliegenden Untersuchungen jedoch nicht abgeleitet werden. Schlussfolgerung Auf Grundlage der durchgeführten demontagefreien Untersuchungen und der hierbei gewonnenen Erkenntnisse wurden keine technischen Anhaltspunkte festgestellt, die aus technischer Sicht gegen den Betrieb der am begutachteten Fahrzeug vorhandenen Klimaanlage mit dem Kältemittel R-1234yf sprechen. Im Rahmen der vorliegenden Begutachtung konnten keine offensichtlichen sicherheits- oder funktionsrelevanten Mängel festgestellt werden, die auf die durchgeführte Umrüstung zurückzuführen sind. Die Untersuchungen erfolgten ausschließlich im zerstörungsfreien und demontagefreien Verfahren sowie unter den zum Zeitpunkt der Begutachtung gegebenen Randbedingungen. Umfang und Tiefe der Untersuchungen entsprechen nicht einer vollständigen Konformitätsbewertung, Typprüfung, Herstellerfreigabe oder behördlichen Genehmigungsprüfung. im Eine analytische Untersuchung des im Fahrzeug befindlichen

Kältemittels, insbesondere hinsichtlich Zusammensetzung, Reinheit, Herkunft oder stofflicher Eigenschaften, wurde nicht durchgeführt und war nicht Gegenstand des Begutachtungsauftrags. Entsprechende Aussagen können daher nicht getroffen werden. Die Bericht aufgeführten Angaben zu Kältemittelfüllmengen, technischen Kennwerten sowie Produkteigenschaften beruhen ausschließlich auf den vom Hersteller Solstice® Advanced Materials bereitgestellten Unterlagen. Eine eigenständige Verifizierung dieser Herstellerangaben durch den Sachverständigen erfolgte nicht. Gegenstand der Begutachtung war ausschließlich die technische Beurteilung der vorgefundenen Ausführung der Klimaanlage. Eine rechtliche Bewertung hinsichtlich der Auswirkungen auf die Typgenehmigung des Fahrzeugs, die Betriebserlaubnis oder sonstige zulassungs- und genehmigungsrechtliche Anforderungen erfolgte nicht. Der vorliegende Bericht stellt weder eine behördliche Genehmigung noch einen Nachweis der regulatorischen oder zulassungsrechtlichen Konformität dar. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung befindet sich die grundsätzliche Bewertung der Genehmigungsfähigkeit der beschriebenen Umrüstung noch in Abstimmung mit dem Kraftfahrt-Bundesamt (KBA). Ein abschließendes Ergebnis dieser behördlichen Bewertung lag zum Zeitpunkt der Begutachtung noch nicht vor und war daher nicht Gegenstand der vorliegenden Bewertung. Die in diesem Bericht getroffenen Feststellungen und Bewertungen beziehen sich ausschließlich auf den Zustand des Fahrzeugs zum Zeitpunkt der Untersuchung. Nicht erkennbare, verdeckte oder später eintretende Mängel sowie Veränderungen am Fahrzeug nach Abschluss der Begutachtung sind von der Bewertung nicht erfasst. Mit der vorliegenden Begutachtung sind keine Gewährleistungs-, Garantie- oder Haftungszusagen verbunden. Der Bericht umfasst einschließlich Anlagen insgesamt 17 Seiten und wurde ausschließlich für den Auftraggeber erstellt. Eine vollständige oder teilweise Veröffentlichung, Vervielfältigung, Weitergabe oder sonstige Verwertung des Berichts bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der Solstice Advanced Materials. Auszugsweise Wiedergaben sind nur zulässig, sofern hierdurch Inhalt, Aussage oder Gesamtzusammenhang des Berichts nicht verändert oder verfälscht werden.