

MAHLE



Thermomanagement
in Elektro- und
Hybridfahrzeugen

BEHR®

Inhalt

Einführung

Wie wichtig sind Elektro- und Hybridtechnologien für die Werkstatt? 04

Übersicht der Hybridtechnologien

Ein Vergleich 05

Hochvoltssysteme in Elektrofahrzeugen

Funktion 07
Komponentenbeschreibung 10

Grundregel bei Arbeiten an Elektro- und Hybridfahrzeugen

Praxis-Tipps 14

Innenraumklimatisierung

Grundlagen 15

Hochvolt-Klimakompressor

Funktion 16

Temperaturmanagement der Batterie

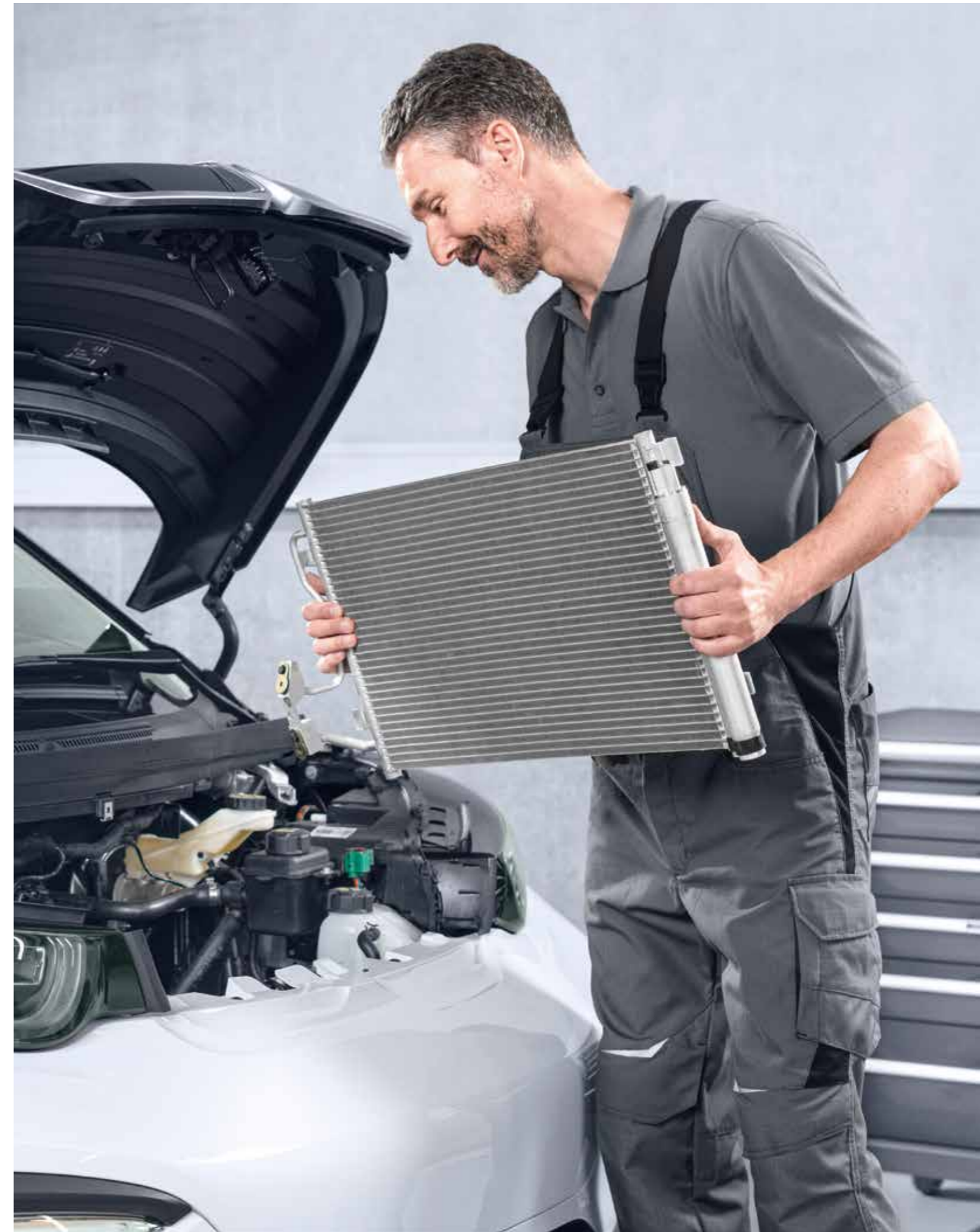
Ein Vergleich 17

Weiterbildung für die Reparatur von Elektro- und Hybridfahrzeugen

Wissenswertes 20

Werkstatt-Tipps

Wartung von Elektro- und Hybridfahrzeugen 21
Pannenhilfe, Abschleppen und Bergen von Elektro- und Hybridfahrzeugen 21



Einführung

Wie wichtig sind Elektro- und Hybridtechnologien für die Werkstatt?

Weltweit wurden 2018 mit 2,1 Millionen Fahrzeugen erstmals mehr als 2 Millionen Elektroautos und Plug-in-Hybride verkauft. Ihr Marktanteil ist damit auf 2,4 Prozent aller Neuzulassungen gestiegen – mit weiter zunehmender Tendenz (Quelle: Center of Automotive Management). In Norwegen liegt der Marktanteil sogar bereits bei rund 50%!

Das Wachstum der Elektro- und Hybridmobilität wird nach Ansicht der Internationalen Energieagentur (IEA) vor allem durch Regierungsprogramme wie Verkaufsprämien, lokale Fahrverbote für Autos mit Verbrennungsmotoren oder Vorgaben für saubere Luft getrieben. Die Behörde schätzt Elektrofahrzeuge als eine von mehreren aktuellen Antriebstechniken ein, mit denen sich langfristig die Nachhaltigkeitsziele zur Emissionsreduzierung erreichen lassen.

Laut einer Studie der Managementberatung PricewaterhouseCoopers könnte 2030 jeder dritte in Europa zugelassene Neuwagen ein Elektroauto sein. Somit ist es keine Frage mehr, ob sich Fahrzeuge mit Elektro-, Hybrid-, oder auch Wasserstoff-Technologien wirklich durchsetzen werden. Sie werden vielmehr bald zum alltäglichen Bild auf unseren Straßen gehören.

Auch diese Fahrzeuge müssen gewartet und repariert werden – und dabei wird das Thema Thermomanagement an Komplexität gewinnen. Die Temperierung von Batterie und Leistungselektronik spielt in diesem Zusammenhang eine genauso wichtige Rolle wie das Heizen und Kühlen des Fahrzeuginnenraums.

Komponenten der Klimatisierung werden auch bei diesen Antriebsformen benötigt – wobei deren Bedeutung sogar noch zunimmt, da die Klimaanlage oftmals direkt oder indirekt Einfluss auf die Kühlung der Batterien und Elektronik hat.

Das Thema „Klimawartung“ wird somit künftig eine noch wichtigere Rolle als derzeit spielen.

Übersicht der Hybridtechnologien

Ein Vergleich

Der Begriff „Hybrid“ als solches bedeutet so viel wie Mischung oder Kombination. In der Fahrzeugtechnik meint er, dass in einem Fahrzeug ein Verbrennungsmotor mit herkömmlicher Antriebstechnik mit den Elementen eines Elektrofahrzeuges kombiniert wurde.

Die Hybridtechnologie wird in drei Schritten technisch stetig anspruchsvoller: von Micro über Mild bis hin zur Full-Hybrid-Technologie. Trotz technischer Unterschiede haben alle Technologien gemeinsam, dass die verwendete Batterie durch Rückgewinnung von Bremsenergie aufgeladen wird.

- **Micro-Hybrids**

sind in der Regel mit einem herkömmlichen Verbrennungsmotor mit Start-Stopp-Automatik, sowie einer Bremsenergie-rückgewinnung (sog. Rekuperation) ausgerüstet.
- **Mild-Hybrids**

hingegen sind zusätzlich mit einem kleinen Elektromotor und einer stärkeren Batterie ausgestattet. Der elektrische Hilfsantrieb wird ausschließlich für eine Unterstützung beim Anfahren und für eine größere Kraftentfaltung beim Überholen eingesetzt, dem so genannten „Boosten“.
- **Full-Hybrids**

können nicht nur „boosten“, sondern auch rein elektrisch fahren. Zu diesem Zweck sind sie mit einem kompletten elektrischen Antriebsstrang ausgestattet. Dieser benötigt allerdings eine viel stärkere Batterie als ein Mild-Hybrid.
- **Plug-In-Hybrids**

haben die Möglichkeit, die Akkus beispielsweise über Nacht aufzuladen. Der positive Nebeneffekt bei diesem Fahrzeugtypus ist, dass sich zeitgleich die Fahrgastzelle bereits vor Antritt der Fahrt auf eine gewünschte Temperatur bringen lässt. Damit ist das Fahrzeug am darauf folgenden Morgen direkt einsatzbereit. Der Plug-in-Hybrid ist eine Form des Full-Hybrids.

Derzeit typische Vertreter der Full-Hybrid-Fahrzeuge sind der Toyota Prius, der BMW ActiveHybrid X6 (E72) oder der VW Touareg Hybrid. Hingegen sind der BMW ActiveHybrid 7 und der Mercedes S400 (F04) Beispiele für einen Mild-Hybrid.

Funktion	Micro-Hybrid	Mild-Hybrid	Full-Hybrid
Leistung des Elektromotors/Generators	2 – 3 kW (Bremskraftrückgewinnung durch Generator)	10 – 15 kW	> 15 kW
Spannungsbereich	12 V	42 – 150 V	> 100 V
Erreichbare Kraftstoffersparnis im Vergleich zum konventionell angetriebenen Fahrzeug	< 10 %	< 20 %	> 20 %
Funktionen, die zur Kraftstoffeinsparung beitragen	Start-Stopp-Funktion Rekuperation	Start-Stopp-Funktion Boost-Funktion Rekuperation	Start-Stopp-Funktion Boost-Funktion Rekuperation Elektrisches Fahren

Wie aus der Übersicht erkenntlich ist, verfügt jede der Technologien über verschiedene Funktionen, die zur Kraftstoffeinsparung beitragen. Diese vier Funktionen werden im Folgenden kurz dargestellt.

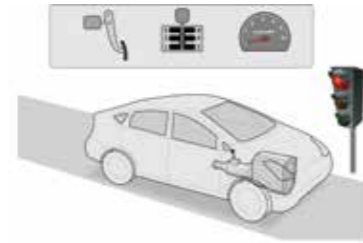


Wichtiger Sicherheitshinweis

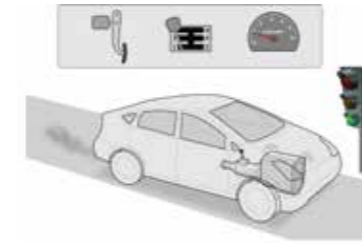
Die nachfolgenden technischen Informationen und Tipps für die Praxis wurden erstellt, um Kfz-Werkstätten in ihrer Arbeit professionell zu unterstützen. Die hier bereitgestellten Informationen sollen nur von einschlägig ausgebildetem Fachpersonal genutzt werden.

Start-Stopp-Funktion

Kommt das Fahrzeug zum Stehen, etwa an einer Ampel oder im Stau, schaltet sich der Verbrennungsmotor aus. Werden die Kupplung zum Anfahren betätigt und der erste Gang eingelegt, startet der Verbrennungsmotor automatisch. Somit steht er direkt zur Weiterfahrt zur Verfügung.



Fahrzeug stoppt – Motor schaltet sich automatisch ab.



Kupplung betätigen, Gang einlegen – Motor startet automatisch.

Rekuperation

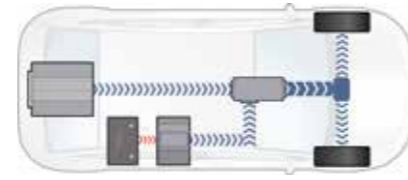
Rekuperation ist die Technik, mit der ein Teil der Bremsenergie wiedergewonnen wird. Normalerweise würde diese Energie beim Abbremsen als Wärmeenergie verloren gehen. Bei der Rekuperation hingegen wird der Generator des Fahrzeugs als Motorbremse eingesetzt – zusätzlich zu den normalen Radbremsen. Die durch den Generator beim Verlangsamen erzeugte Energie wird in den Stromspeicher (Batterie) gespeist. Dieser Prozess steigert gezielt das Schlepplmoment des Motors und verlangsamt so das Fahrzeug.



Abbremsendes Fahrzeug – Ladung der Batterie mit erhöhter Leistung

Boost-Funktion

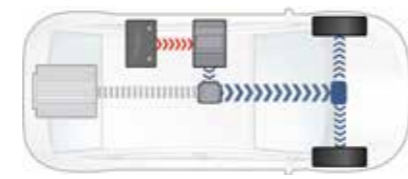
Während der Beschleunigungsphase addieren sich die zur Verfügung stehenden Drehmomente des Verbrennungs- und Elektromotors. Somit kann ein Hybridfahrzeug schneller beschleunigen als ein vergleichbares, konventionell angetriebenes Fahrzeug. Die Boost-Funktion dient der Unterstützung beim Anfahren und einer größeren Kraftentfaltung beim Überholen. Diese Kraft wird durch einen elektrischen Hilfsantrieb erzeugt, der sie ausschließlich für diese beiden Einsatzzwecke bereitstellt. Als Beispiel: beim VW Touareg Hybrid bedeutet das ein Leistungsplus von 34 kW.



Boost-Funktion – Verbrennungs- und Elektromotor treiben das Fahrzeug an

Elektrisches Fahren

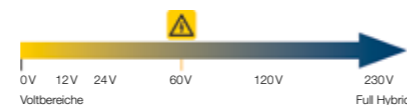
Wird eine geringe Antriebsleistung benötigt, wie beispielsweise im Stadtverkehr, dient nur der Elektromotor als Antriebsaggregat. Der Verbrennungsmotor ist abgeschaltet. Als Vorteile dieser Antriebsart ergeben sich dann: kein Benzinverbrauch und keine Emissionen. Mit diesen Technologien im Fahrzeug ergeben sich auch veränderte Voraussetzungen, die Sie in der täglichen Arbeit beachten müssen.



Elektrisches Fahren – alleiniger Antrieb durch den Elektromotor

Elektrische Spannung im Bordnetz

Die Anforderungen und Leistungen, die der elektrische Antrieb eines Elektro-/Hybridfahrzeugs erfüllen muss und erbringen soll, sind mit den Spannungsbereichen von 12 bzw. 24 Volt nicht zu bewerkstelligen. Hier sind bedeutend höhere Spannungsbereiche notwendig. In Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen werden Antrieb und Nebenaggregate mit Spannungen von 30 Volt bis 1.000 Volt AC (Wechselspannung) oder 60 V bis 1.500 V DC (Gleichspannung) betreiben. Dies betrifft die meisten Elektro- und Hybridfahrzeuge.



Hochvoltssysteme in Elektrofahrzeugen

Funktion

Laut Definition ist ein Elektrofahrzeug ein Kraftfahrzeug, welches von einem Elektromotor angetrieben wird. Die nötige elektrische Energie zu seiner Fortbewegung wird aus einer Antriebsbatterie (Akkumulator) bezogen, d. h. nicht aus einer Brennstoffzelle oder einem Reichweitenverlängerer (Range Extender). Da das Elektroauto im Betrieb selbst keine relevanten Schadstoffe emittiert, wird es als emissionsfreies Fahrzeug eingestuft.

Beim Elektrofahrzeug werden die Räder über Elektromotoren angetrieben. Die Elektroenergie wird in Akkumulatoren, in Form von einer oder mehreren Antriebs- bzw. Versorgungsbatterien gespeichert. Die elektronisch gesteuerten Elektromotoren können ihr maximales Drehmoment schon aus dem Stillstand abgeben. Sie brauchen, anders als Verbrennungsmotoren, in der Regel kein Schaltgetriebe und können bereits im unteren Geschwindigkeitsbereich stark beschleunigen. Elektromotoren sind leiser als Otto- oder Dieselmotoren, fast vibrationsfrei und emittieren keine schädlichen Abgase. Ihr Wirkungsgrad ist mit mehr als 90% sehr hoch.

Der Einsparung an Gewicht durch den Wegfall der verschiedenen Baugruppen (Motor, Getriebe, Tank) des Verbrennungsmotors steht das relativ hohe Gewicht der Akkumulatoren gegenüber. Elektrofahrzeuge sind daher meist schwerer als entsprechende Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Die Kapazität der Batterie(n) hat einen hohen Einfluss auf das Fahrzeuggewicht und den Preis.

In der Vergangenheit hatten Elektrofahrzeuge geringe Reichweiten pro Akkuladung. Neuerdings jedoch steigt die Zahl der Elektroautos, die Reichweiten von mehreren hundert Kilometern erreichen können, so z. B. Tesla Model S, VW e-Golf, Smart electric drive, Nissan Leaf, Renault ZOE und BMW i3.

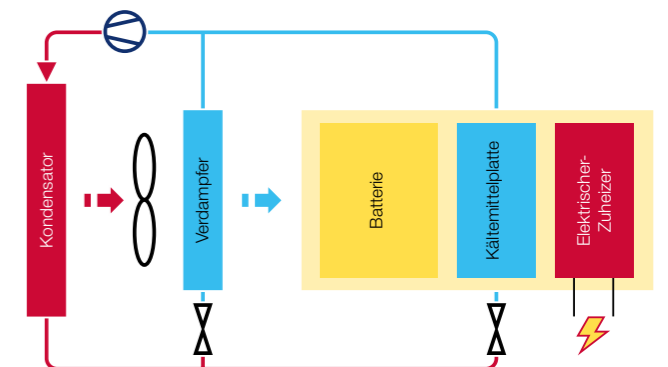
Um die Reichweiten von Elektrofahrzeugen weiter zu steigern, werden mitunter Zusatzgeräte (meistens in Form eines Verbrennungsmotors) zur Erzeugung von elektrischem Strom eingesetzt. Hierbei spricht man dann vom sogenannten „Reichweitenverlängerer“ bzw. „Range Extender“.

Klimatisierung und Kühlung in Elektrofahrzeugen

Damit ein Elektrofahrzeug mit einem besonders hohen Wirkungsgrad betrieben werden kann, ist es notwendig, die Temperatur des E-Motors, der Leistungselektronik und der Batterie in einem wirkungsgradoptimalen Bereich zu halten. Um dies zu gewährleisten, bedarf es eines ausgeklügelten Thermomanagement-Systems:

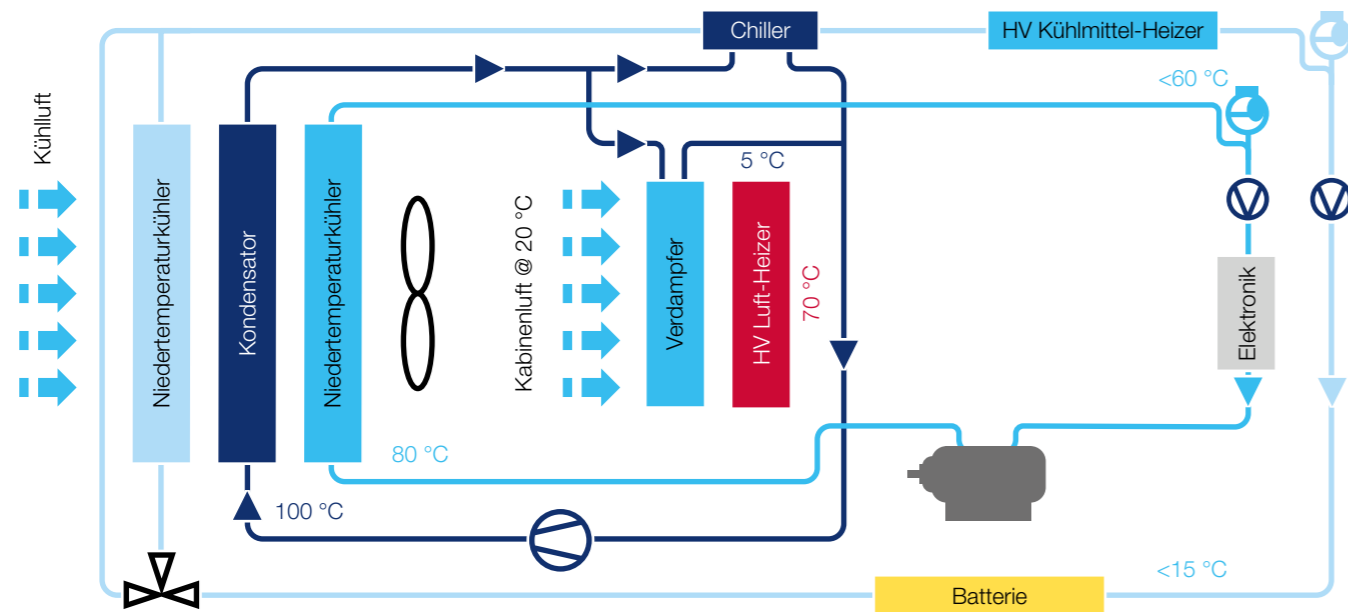
Kältemittelbasierendes System (bzw. direkte Batteriekühlung)

Der Kreislauf des kältemittelbasierenden Systems besteht aus folgenden Hauptkomponenten: Kondensator, Verdampfer und Batterieeinheit (Batteriezellen, Kühlplatte und elektrischer Zuheizter). Er wird vom Kältemittelkreislauf der Klimaanlage versorgt und über Ventile und Temperatursensoren separat gesteuert. Die Beschreibung der Funktionsweise der einzelnen Komponenten befindet sich in der Erklärung zur Darstellung des kühl- und kältemittelbasierenden Systems.



Kältemittelbasierender Kreislauf

Kühl- und kältemittelbasierender Kreislauf (bzw. indirekte Batteriekühlung)



Je leistungsstärker die Batterien ausgelegt sind, desto mehr macht der Einsatz des vergleichsweise komplexen kühl- und kältemittelbasierenden Kreislaufs Sinn. Das gesamte Kühlsystem unterteilt sich in mehrere Kreisläufe, die über je einen eigenen Kühler (Niedertemperaturkühler), eine Kühlmittel-Pumpe, Thermostat und Kühlmittel-Absperrventil verfügen. Über einen besonderen Wärmetauscher (Chiller) wird hierbei auch noch der Kältemittelkreislauf der Klimaanlage mit eingebunden. Ein Hochvolt-Kühlmittel-Heizer sorgt für eine ausreichende Temperierung der Batterie bei niedrigen Außentemperaturen.

Die Temperatur des Kühlmittels für den E-Motor und der Leistungselektronik wird in einem gesonderten Kreislauf (innerer Kreislauf in obiger Grafik) mithilfe eines Niedertemperaturkühlers auf unter $60\text{ }^\circ\text{C}$ gehalten. Um die volle Leistung zu erzielen und eine möglichst lange Lebensdauer zu gewährleisten, ist es notwendig,

die Kühlmittel-Temperatur der Batterie stets zwischen ca. $15\text{ }^\circ\text{C}$ und $30\text{ }^\circ\text{C}$ zu halten. Bei zu niedrigen Temperaturen wird das Kühlmittel über einen Hochvolt-Zuheizer erwärmt. Bei zu hohen Temperaturen wird es über einen Niedertemperaturkühler abgekühlt. Sollte dies nicht ausreichen, wird mittels eines Chillers, der sowohl im Kühlmittel- als auch im Kältemittelkreislauf eingebunden ist, das Kühlmittel weiter heruntergekühlt. Dabei durchströmt das Kältemittel der Klimaanlage den Chiller und kühlt das ebenfalls durch den Chiller durchströmende Kühlmittel weiter ab. Die gesamte Regelung erfolgt mithilfe von einzelnen Thermostaten, Sensoren, Pumpen und Ventilen.



Komponentenbeschreibung

Chiller

Der Chiller ist ein spezieller Wärmetauscher, der sowohl mit dem Kühlmittel- als auch dem Kältemittelkreislauf verbunden ist, was es ermöglicht, die Temperatur des Kühlmittels durch das Kältemittel der Klimaanlage weiter zu senken. Dadurch kann bei Bedarf eine zusätzliche indirekte Kühlung der Batterie durch die Klimaanlage erfolgen. Hierzu durchströmt das Kühlmittel eines Sekundärkreislaufs die Kühlplatten der Batterie. Nach der Wärmeaufnahme wird das Kühlmedium in einem Chiller auf die Ausgangstemperatur gekühlt. Die Temperatursenkung im Chiller erfolgt durch die Verdampfung eines weiteren Kältemittels, das in einem Primärkreislauf zirkuliert.



Elektrischer Klimakompressor

Der Kompressor wird mit Hochspannung elektrisch angetrieben. Das ermöglicht eine Fahrzeugklimatisierung auch bei ausgeschaltetem Motor. Darüber hinaus kann mithilfe der Klimaanlage zusätzlich das Kühlmittel heruntergekühlt werden.



Niedertemperaturkühler

Die Temperatur des Kühlmittels für den E-Motor und der Leistungselektronik wird in einem gesonderten Kühl-Kreislauf mithilfe eines Niedertemperatorkühlers auf unter 60 °C gehalten.



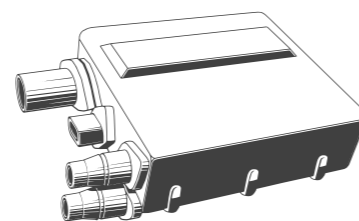
Thermostat

Thermostate, egal ob elektrisch oder mechanisch, halten die Kühlmittel-Temperatur auf konstantem Niveau.



Batteriekühler

Auf jeder Seite der Kühlplatten sitzt ein Batteriesegment. Batteriesegmente und Kühlplatten bilden ein fest verbundenes Batteriemodul. Bei der direkten Batteriekühlung werden die Kühlplatten vom Kältemittel der Klimaanlage durchströmt. Bei der indirekten Batteriekühlung durchströmt Kühlmittel die Kühlplatten. Reicht bei der indirekten Kühlung der Batterie die Kühlleistung nicht aus, kann das Kühlmittel über einen Chiller zusätzlich heruntergekühlt werden. Der Chiller ist ein spezieller Wärmetauscher, der bei der indirekten Batteriekühlung zum Einsatz kommt und sowohl im Kältemittel- als auch Kühlmittelkreislauf eingebunden ist.

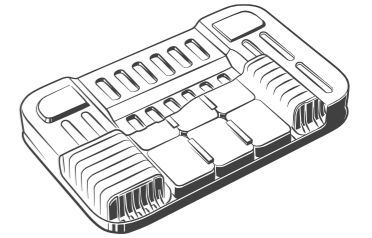


Hochvolt-Kühlmittel-Zuheizer

Bei zu niedrigen Temperaturen wird das Kühlmittel über einen elektrischen Hochvolt-Zuheizer erwärmt. Dieser ist im Kühlkreislauf integriert.

Hochvoltbatterie

Die Hochvoltbatterie (HV-Batterie) ist neben dem Elektromotor eine der Schlüsselkomponenten des Elektrofahrzeugs. Sie besteht aus miteinander verbundenen Batteriemodulen, die ihrerseits aus Zellen bestehen. Batterien basieren in der Regel auf der Lithium-Ionen-Technologie. Sie besitzen eine hohe Energiedichte. Aufgrund nachlassender chemischer Reaktion sinkt die Leistungsfähigkeit bei Temperaturen unter 0 °C deutlich. Bei Temperaturen über 30 °C nimmt die Alterung stark zu und bei Temperaturen über 40 °C kann es zur Schädigung der Batterie kommen. Um eine möglichst lange Lebensdauer und Effektivität zu erreichen, muss die Batterie in einem bestimmten Temperaturspektrum betrieben werden.



Kühlmittel-/Kältemittel-Absperrventil

Kühlmittel-/Kältemittel-Absperrventile werden elektrisch angesteuert und öffnen/schließen bedarfsgerecht Teile des Kühl-/Kältemittelkreislaufes oder verbinden mehrere Kreisläufe miteinander.



Leistungselektronik

Ihre Aufgabe im Fahrzeug ist die Ansteuerung der Elektromotoren, die Kommunikation mit der Fahrzeugsteuerung sowie die Diagnose des Antriebs. In der Regel besteht die Leistungselektronik aus einem elektronischen Steuergerät, einem Inverter und einem DC/DC-Wandler. Um die Leistungselektronik in einem bestimmten Temperaturbereich halten zu können, ist sie mit dem Kühl-/Heizungssystem des Fahrzeugs verbunden.



Elektrischer Zuheizer/ Hochvolt-Zuheizer

Elektrofahrzeugen fehlt die Abwärme des Motors, welche sich auf das Kühlmittel überträgt. Somit ist es notwendig, den Innenraum mit Hilfe eines elektrischen Zuheizers, der im Belüftungssystem untergebracht ist, aufzuwärmen.



Kondensator

Der Kondensator wird benötigt, um das durch die Verdichtung im Kompressor erwärmte Kältemittel abzukühlen. Das heiße Kältemittelgas strömt in den Kondensator und gibt dabei über die Rohrleitung und die Lamellen Wärme an die Umgebung ab. Durch die Abkühlung wird der Aggregatzustand des Kältemittels von gasförmig in flüssig geändert.



E-Wasserpumpe

Elektrische Wasser- bzw. Kühlmittelpumpen mit integrierter elektronischer Regelung werden – der erforderlichen Kühlleistung entsprechend – stufenlos zugeschaltet. Sie können als Haupt-, Nebenstrom- oder auch als Umwälzpumpen eingesetzt werden und arbeiten motorunabhängig und bedarfsgerecht.

Klimatisierung

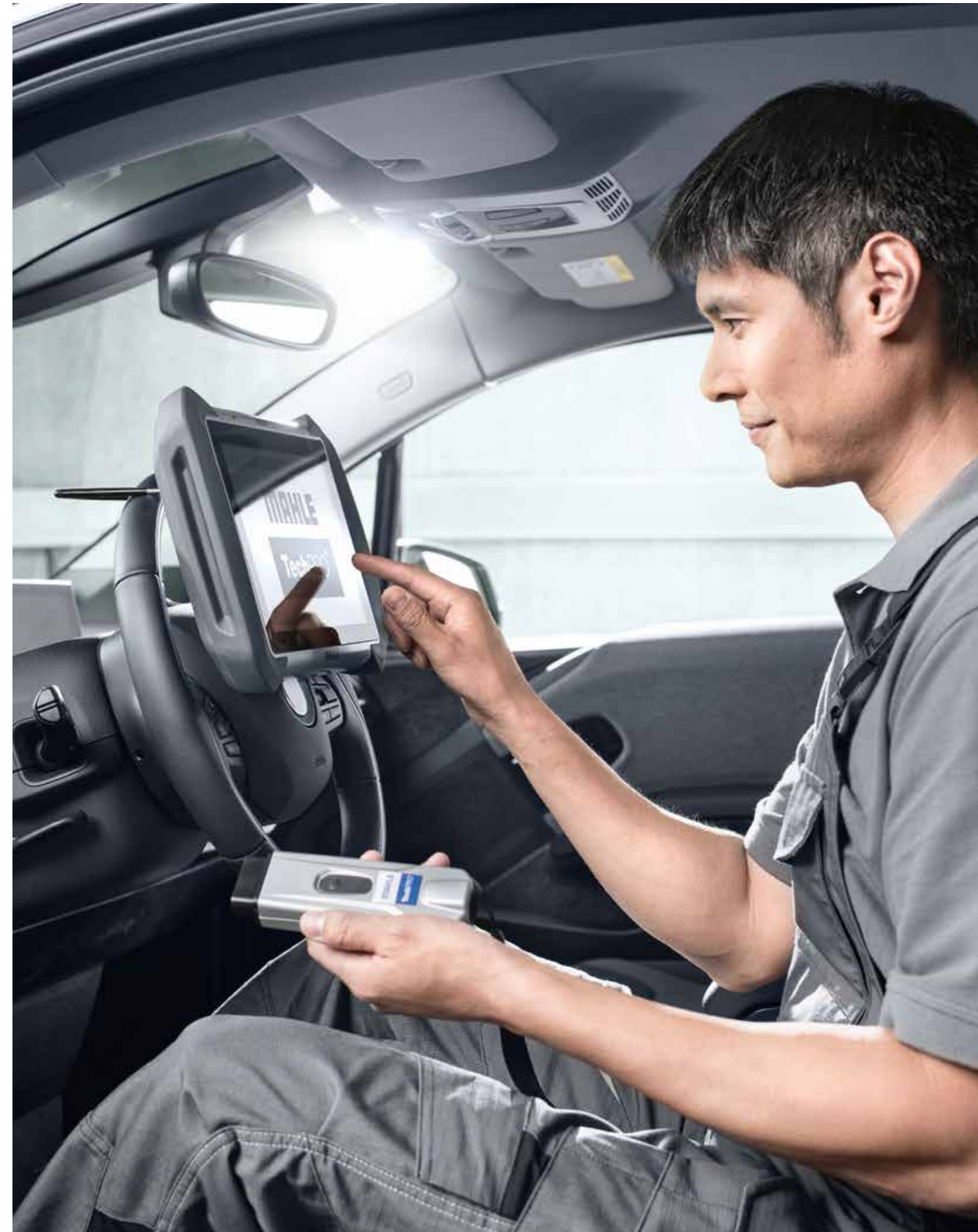
Elektrische Antriebe geben wegen ihres hohen Wirkungsgrades im Betrieb nur wenig und im Stand gar keine Verlustwärme an die Umgebung ab. Um das Auto bei niedrigen Außentemperaturen beheizen oder die Scheiben entfrosten zu können, sind daher Zusatzheizungen notwendig. Diese stellen einen weiteren Energieverbraucher dar und fallen durch ihren hohen Verbrauch sehr stark ins Gewicht. Sie beanspruchen einen Teil der im Akku gespeicherten Energie, was sich speziell im Winter erheblich auf die Reichweite auswirkt. Elektrische Zuheizler, die im Lüftungssystem integriert sind, stellen eine einfache, wirkungsvolle, aber auch sehr energieintensive Form der Heizung dar.

Lade- und Entlademanagement

Für die Akkumulatoren werden unterschiedliche Managementsysteme verwendet, die die Lade- und Entladesteuerung, Temperaturüberwachung, Reichweitenabschätzung und Diagnose übernehmen. Die Haltbarkeit hängt wesentlich von den Einsatzbedingungen und der Einhaltung der Betriebsgrenzen ab. Batteriemanagementsysteme inklusive Temperaturmanagement verhindern die schädliche und eventuell sicherheitskritische Überladung oder Tiefentladung der Akkumulatoren und kritische Temperaturzustände. Die Überwachung jeder einzelnen Batteriezelle erlaubt es zu reagieren, bevor es zu einem Ausfall oder der Schädigung weiterer Zellen kommt. Statusinformationen können für Wartungszwecke auch abgespeichert und im Fehlerfall als Meldungen an den Fahrer ausgegeben werden.

Mittlerweile werden daher auch energieeffiziente Wärmepumpen eingesetzt. Sie lassen sich im Sommer auch als Klimaanlage zur Kühlung nutzen. Sitzheizungen und beheizte Scheiben bringen die Wärme direkt an die zu wärmenden Stellen und reduzieren so ebenfalls den Heizwärmebedarf für den Innenraum. Elektroautos verbringen die Standzeiten oft an Ladestationen. Dort kann das Fahrzeug vor Fahrtbeginn vortemperiert werden, ohne den Akku zu belasten. Unterwegs wird dann deutlich weniger Energie für das Heizen oder Kühlen benötigt. Mittlerweile werden auch Smartphone-Apps angeboten, mit denen sich die Heizung fernsteuern lässt.

Grundsätzlich gilt, dass heute die Batteriekapazität der meisten Elektroautos für den Großteil aller Kurz- und Mittelstreckendistanzen ausreicht. So kam eine 2016 erschienene Studie des Massachusetts Institute of Technology zu dem Ergebnis, dass die Reichweite aktuell üblicher Elektroautos für 87 % aller Fahrten ausreichend ist. Dennoch sind die Reichweiten stark schwankend. Die Geschwindigkeit des E-Fahrzeugs, die Außentemperatur und besonders die Nutzung von Heizung und Klimaanlage führen zu einer bedeutenden Senkung der Aktionsradien. Die immer kürzeren Aufladezeiten und der stetige Ausbau der Ladeinfrastruktur ermöglichen es jedoch, die Aktionsradien der Elektroautos weiter zu erhöhen.



Grundregeln bei Arbeiten an Elektro- und Hybridfahrzeugen

Praxis-Tipps

In Elektro- und Hybridfahrzeugen werden zwangsläufig Hochvoltkomponenten verbaut. Diese sind durch einheitliche Warn-Hinweisschilder gekennzeichnet. Zusätzlich sind alle Hochvoltleitungen herstellerübergreifend in leuchtendem Orange ausgeführt.

Beachten Sie die Vorgaben der Fahrzeughersteller und unsere Werkstatt-Tipps!

Worauf muss ich als Werkstatt(-mitarbeiter) achten?

Fahrzeug starten und bewegen:

Um ein Fahrzeug mit Hochvoltssystem fahren zu dürfen – und sei es nur aus oder in die Werkstatt – bedarf es einer Unterweisung der jeweiligen Person.

Service und Wartung:

Service- und Wartungsarbeiten (Räder wechseln, Inspektionsarbeiten) an Hochvoltfahrzeugen dürfen nur von Personen durchgeführt werden, die zuvor durch einen „Fachkundigen für Arbeiten an HV eigensicheren Fahrzeugen“ auf die Gefahren dieser Hochvoltssysteme hingewiesen und entsprechend unterwiesen wurden.

Austauschen von Hochvoltkomponenten:

Personen, die Hochvoltkomponenten wie z. B. einen Klimakompressor austauschen, müssen über die entsprechende Befähigung verfügen (Fachkundigen für Arbeiten an HV-eigensicheren Fahrzeugen).

Bei Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen gilt die folgende Vorgehensweise:

1. **Spannungsfrei schalten**
2. **Gegen Wiedereinschalten sichern**
3. **Spannungsfreiheit feststellen**

Austausch der Batterie:

Die Reparatur bzw. der Austausch von spannungsführenden Hochvoltkomponenten (Batterie) bedarf einer gesonderten Befähigung.

Pannenhilfe/Abschleppen/Bergen:

Wer an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen Pannenhilfe leistet, diese abschleppt oder auch birgt, muss eine Unterweisung in den Aufbau und die Funktionsweise der Fahrzeuge und deren Hochvoltssysteme erhalten haben. Des Weiteren sind vorab die jeweiligen Hinweise der Fahrzeughersteller zu berücksichtigen. Bei beschädigten Hochvoltkomponenten (Batterie) sollte die Feuerwehr hinzugezogen werden.

Innenraumklimatisierung

Grundlagen

Bei herkömmlichen Antriebskonzepten mit Verbrennungsmotor ist die Innenraumklimatisierung aufgrund des mechanisch angetriebenen Kompressors direkt vom Betrieb des Motors abhängig. Auch in Fahrzeugen, die in Fachkreisen als Micro-Hybrid bezeichnet werden und lediglich eine Start-Stopp-Funktion besitzen, werden Kompressoren mit Riementrieb eingesetzt. Daraus ergibt sich die Problematik, dass bei einem Fahrzeugstillstand und ausgeschaltetem Motor schon nach 2 Sekunden die Temperatur am Verdampferaustritt der Klimaanlage ansteigt. Die damit einhergehende langsame Erhöhung der Ausblasttemperatur der Lüftung sowie die Zunahme der Luftfeuchtigkeit werden von den Fahrzeuginsassen als störend empfunden.

Um diesem Problem zu begegnen, können neuentwickelte Kältespeicher zum Einsatz kommen, sogenannte Speicherverdampfer. Der Speicherverdampfer besteht aus zwei Blöcken: einem Verdampfer- und einem Speicherblock. Beide Blöcke werden in der Start-Phase bzw. bei laufendem Motor mit Kältemittel durchströmt. Ein sich im Verdampfer befindliches Latentmedium wird währenddessen so weit gekühlt, dass es gefriert. Damit wird es zum Kältespeicher.

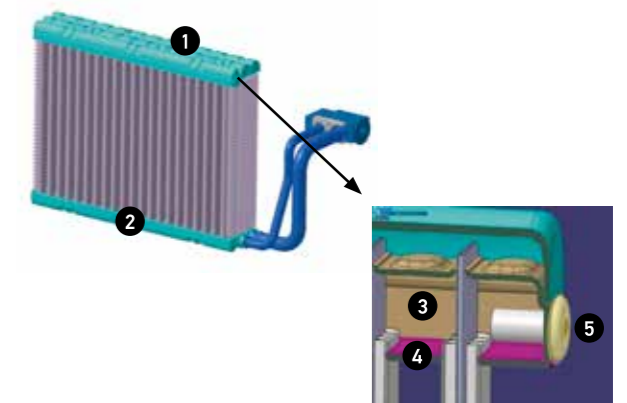


Speicherverdampfer

In der Stopp-Phase ist der Motor ausgeschaltet und der Kompressor wird folglich nicht angetrieben. Die am Verdampfer vorbeiströmende Warmluft kühlt sich ab und es findet ein Wärmeaustausch statt. Dieser Austausch läuft so lange ab, bis das Latentmedium vollständig abgeschmolzen ist. Nach Wiederaufnahme der Fahrt beginnt der Prozess von neuem, sodass bereits nach einer Minute der Speicherverdampfer wieder Luft kühlen kann.

Bei Fahrzeugen ohne einen Speicherverdampfer ist es bei sehr warmem Wetter schon nach kurzer Standzeit notwendig, den Motor wieder zu starten. Nur auf diese Weise kann dann die Innenraumkühlung aufrechterhalten werden. Zur Innenraumklimatisierung des Fahrzeugs gehört ebenso das Beheizen der Fahrgastzelle im Bedarfsfall.

Bei Full-Hybrid-Fahrzeugen wird in der Phase des elektrischen Fahrens der Verbrennungsmotor abgeschaltet. Die vorhandene Restwärme im Wasserkreislauf reicht für die Beheizung des Innenraumes nur für kurze Zeit aus. Als Unterstützung werden dann Hochvolt-Luft-Zuheizer zugeschaltet, die die Heizfunktion übernehmen. Die Arbeitsweise ist ähnlich der eines Haarföhns: die vom Innenraumluftgebläse angesaugte Luft wird beim Vorbeistreichen an den Heizelementen erwärmt und strömt danach in den Innenraum.



Schematische Darstellung – Speicherverdampfer: (1) Verdampferblock mit 40 mm Tiefe, (2) Speicherblock 15 mm Tiefe, (3) Kältemittel, (4) Latentmedium, (5) Blindniet

Hochvolt-Klimakompressor

Funktion

In Fahrzeugen mit Full-Hybrid-Technologie werden elektrische Hochvolt-Kompressoren eingesetzt, die nicht in Abhängigkeit vom Betrieb des Verbrennungsmotors stehen. Durch dieses neuartige Antriebskonzept werden Funktionen möglich, die zu einer weiteren Komforterhöhung im Bereich der Fahrzeugklimatisierung führen.



Es besteht die Möglichkeit, den aufgeheizten Innenraum vor Fahrtantritt auf die gewünschte Temperatur vorzukühlen. Die Ansteuerung ist durch eine Fernbedienung möglich.

Diese Standkühlung kann nur in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Batteriekapazität erfolgen. Der Kompressor wird dabei unter Berücksichtigung der zur Klimatisierung nötigen Anforderungen mit der kleinstmöglichen Leistung angesteuert.

Bei den derzeit verwendeten Hochvolt-Kompressoren erfolgt die Leistungsregelung durch eine entsprechende Drehzahl-anpassung in Stufen von 50 min^{-1} . Daher kann auf eine interne Leistungsregelung verzichtet werden.

Im Gegensatz zum Taumelscheibenprinzip, das im Bereich der riemengetriebenen Kompressoren vorrangig eingesetzt wird, kommt bei Hochvolt-Kompressoren das Scrollprinzip zur

Verdichtung des Kältemittels zum Einsatz. Die Vorteile sind eine Gewichtersparnis von ca. 20 % und eine Verringerung des Hubraums um den gleichen Betrag bei identischer Leistung.

Um ein entsprechend großes Drehmoment für den Antrieb des elektrischen Kompressors zu erzeugen, kommt hier eine Gleichspannung von über 200 Volt zur Anwendung – eine im Kraftfahrzeugbereich sehr hohe Spannung. Der in der Elektromotor-einheit integrierte Inverter wandelt diese Gleichspannung in die vom bürstenlosen Elektromotor benötigte dreiphasige Wechselspannung um. Die notwendige Wärmeableitung des Inverters und der Motorwicklungen wird durch die Durchströmung des Kältemittelrückflusses zur Saugseite ermöglicht.

Temperaturmanagement der Batterie

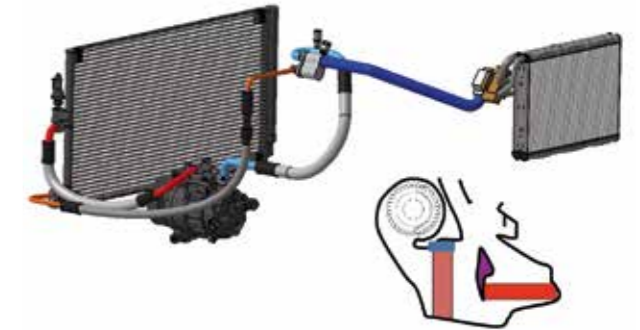
Ein Vergleich

Temperaturmanagement der Batterie

Essenziell für den Betrieb eines Elektro- und Hybridfahrzeuges ist die Batterie. Diese muss die notwendigen erheblichen Energiemengen für den Antrieb schnell und zuverlässig bereitstellen. Zumeist sind dies Lithium-Ionen- und Nickel-Metall-Hybrid-Hochspannungsbatterien. Damit werden Größe und Gewicht der Hybridfahrzeugbatterien weiter reduziert.

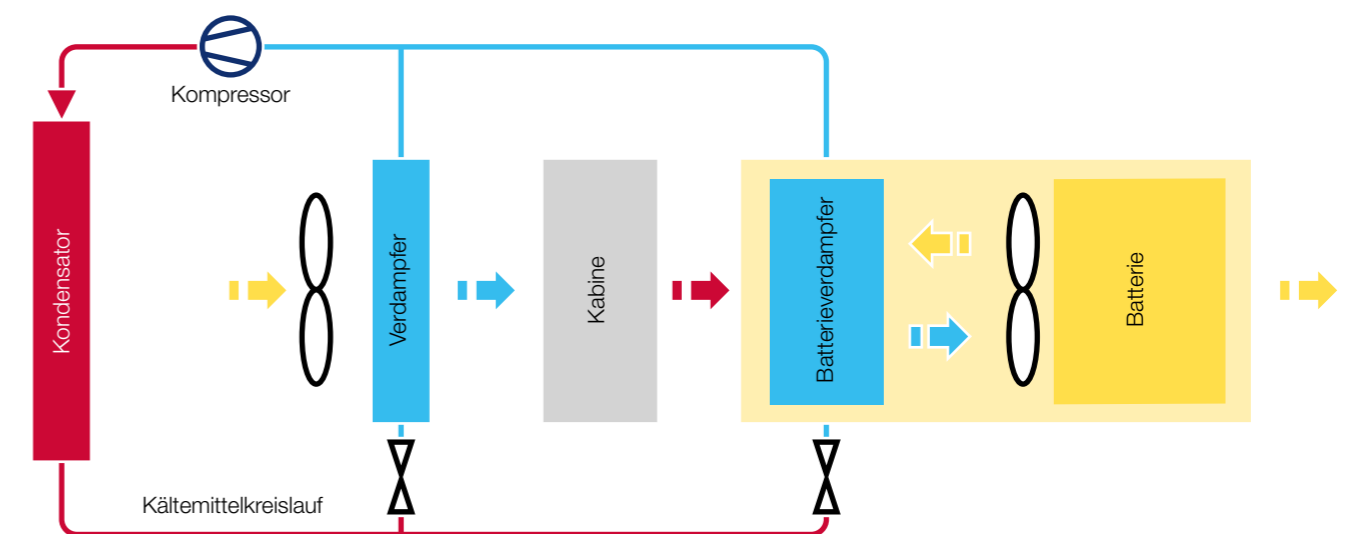
Es ist unbedingt erforderlich, dass die verwendeten Batterien in einem bestimmten Temperaturfenster betrieben werden. Ab einer Betriebstemperatur von $+40 \text{ °C}$ verringert sich die Lebensdauer, während unterhalb von 0 °C der Wirkungsgrad nachlässt und die Leistung sinkt. Darüber hinaus darf der Temperaturunterschied zwischen den einzelnen Zellen einen bestimmten Wert nicht überschreiten.

Kurzzeitige Spitzenbelastungen in Verbindung mit hohen Strömen wie Rekuperation und Boosten führen zu einer nicht



unerheblichen Erwärmung der Zellen. Zusätzlich tragen hohe Außentemperaturen in den Sommermonaten dazu bei, dass die Temperatur schnell den kritischen Wert von 40 °C erreicht. Die Folge einer Temperaturüberschreitung ist die schnellere Alterung und der damit einhergehende verfrühte Ausfall der Batterie. Fahrzeughersteller streben eine rechnerische Batteriebensdauer von einem Autoleben an (ca. 8 – 10 Jahre). Daher kann dem Alterungsprozess nur mit entsprechendem Temperaturmanagement entgegengewirkt werden. Bisher kommen drei verschiedene Möglichkeiten des Temperaturmanagements zur Anwendung:

Möglichkeit 1



Luft wird aus dem klimatisierten Fahrzeug-Innenraum angesaugt und zum Kühlen der Batterie genutzt. Die angesaugte kühle Luft aus dem Fahrzeug-Innenraum hat eine Temperatur unter 40 °C .

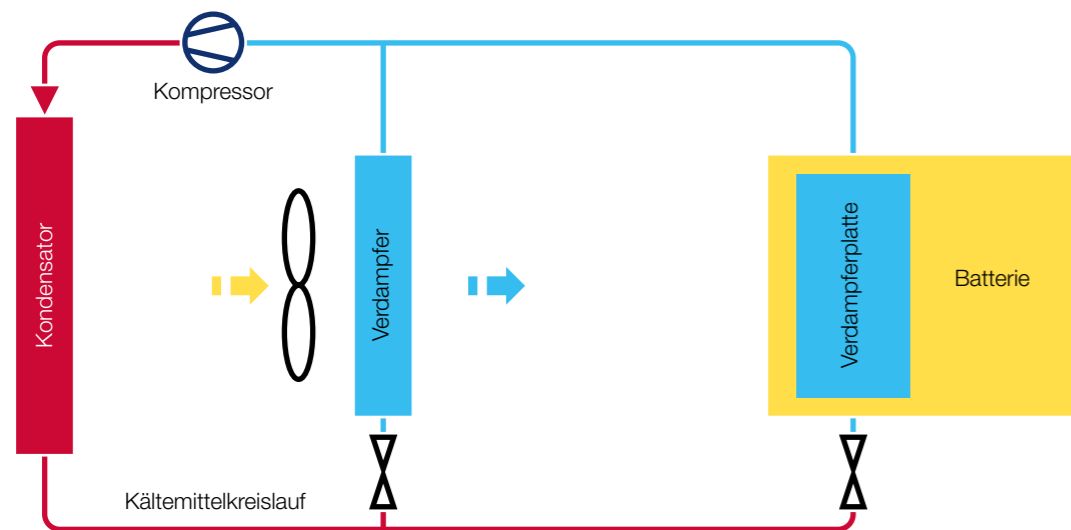
Diese Luft wird genutzt, um die frei zugänglichen Flächen des Batteriepaketes zu umströmen.

Nachteile dieser Möglichkeit sind:

- Die geringe Kühlungseffektivität.
- Die angesaugte Luft aus dem Innenraum kann nicht zu einer gleichmäßigen Temperaturreduzierung genutzt werden.
- Der erhebliche Aufwand zur Luftführung.
- Eventuell störende Geräusche im Innenraum durch das Gebläse.

- Durch die Luftkanäle besteht eine direkte Verbindung des Fahr-
gastrumes mit der Batterie. Dies ist aus Sicherheitsgründen
(z. B. Ausgasen der Batterie) als problematisch einzustufen.
- Nicht zu unterschätzen ist die Gefahr des Schmutzeintrages in
das Batteriepaket, da die Luft aus dem Innenraum auch Staub
beinhaltet. Der Staub lagert sich zwischen den Zellen ab und
bildet in Verbindung mit kondensierter Luftfeuchtigkeit einen
leitenden Belag. Dieser Belag begünstigt die Entstehung von
Kriechströmen in der Batterie.

Um diese Gefahr zu umgehen, wird die angesaugte Luft gefiltert. Alternativ kann die Luftkühlung auch durch ein separates Klein-
klimagerät erfolgen, ähnlich den separaten Fondklimaanlagen in Oberklassefahrzeugen.

Möglichkeit 2

Eine spezielle, in der Batteriezelle eingeschlossene Verdampfer-
platte wird an die im Fahrzeug vorhandene Klimaanlage ange-
schlossen. Dies erfolgt im sogenannten Splittingverfahren an
der Hochdruck- und Niederdruckseite über Rohrleitungen und
ein Expansionsventil. Damit sind der Innenraumverdampfer
und die Verdampferplatte der Batterie, die wie ein herkömmli-
cher Verdampfer funktioniert, an ein und denselben Kreislauf
angeschlossen.

Durch die unterschiedlichen Aufgaben der beiden Verdampfer
ergeben sich entsprechend unterschiedliche Anforderungen
an den Kältemitteldurchfluss. Während die Innenraumkühlung
den Komfortansprüchen der Fahrgäste genügen soll, muss die
Hochvoltbatterie je nach Fahrsituation und Umgebungstemp-
eratur mehr oder weniger stark gekühlt werden.

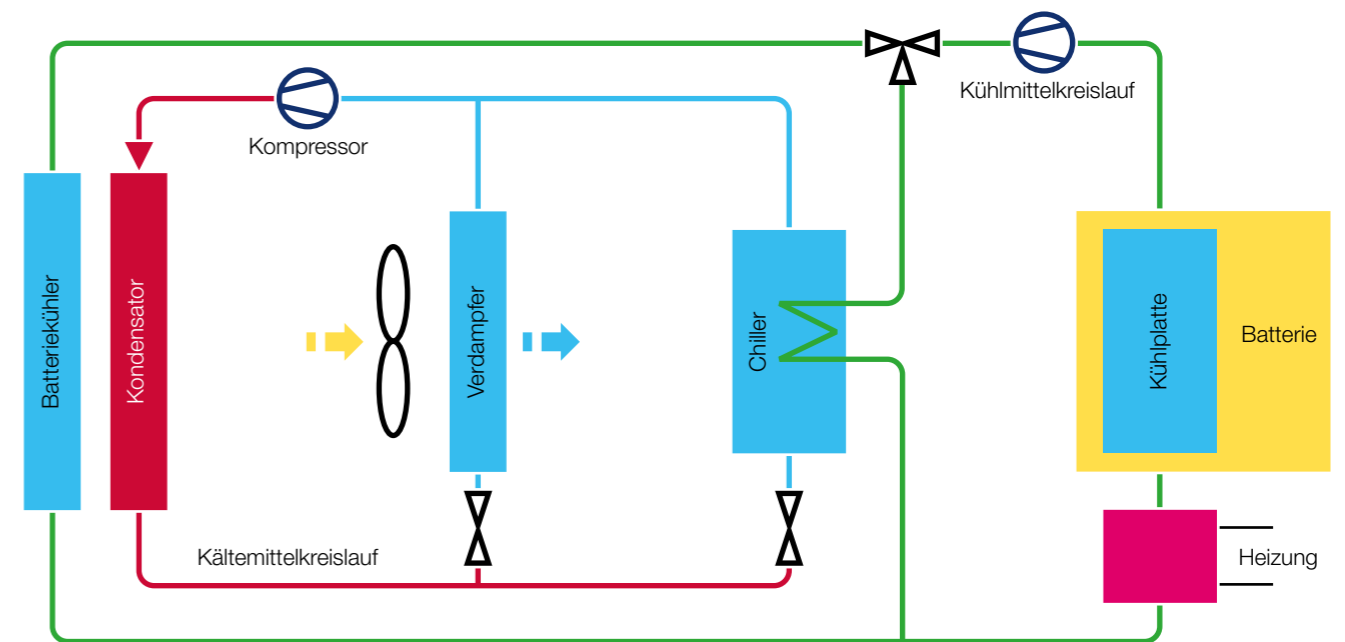
Aus diesen Anforderungen heraus resultiert die aufwendige Rege-
lung der Menge des verdampften Kältemittels. Die besondere

Bauform der Verdampferplatte und die damit ermöglichte Inte-
gration in die Batterie bietet eine große Kontaktfläche zum
Wärmeaustausch. Damit kann gewährleistet werden, dass die
kritische obere Maximaltemperatur von 40 °C nicht überschritten
wird.

Bei sehr niedrigen Außentemperaturen wäre eine Erhöhung
auf die Idealtemperatur der Batterie von mind. 15 °C nötig.
Allerdings kann die Verdampferplatte in dieser Situation keinen
Beitrag leisten. Eine kalte Batterie ist weniger leistungsfähig als
eine wohltemperierte und kann bei Temperaturen deutlich unter
dem Gefrierpunkt kaum noch geladen werden. Im Mild-Hybrid
kann man dies tolerieren: im Extremfall steht die Hybridfunktion
nur eingeschränkt zur Verfügung. Fahren mit dem Verbrennungs-
motor ist dennoch möglich. Im reinen Elektrofahrzeug dagegen
wird man eine Batterieheizung vorsehen müssen, um im Winter
in jeder Situation starten und fahren zu können.

**Hinweis**

Verdampferplatten, die direkt in die Batterie integriert sind, können nicht einzeln ersetzt werden.
Daher muss im Schadensfall stets die gesamte Batterie ausgetauscht werden.

Möglichkeit 3

Bei Batterien mit größerer Kapazität spielt die richtige Tempe-
rierung eine zentrale Rolle. Daher ist bei sehr niedrigen Tempe-
raturen eine zusätzliche Beheizung der Batterie notwendig, um
sie in den idealen Temperaturbereich zu bringen. Nur in diesem
Bereich kann eine zufriedenstellende Reichweite im Modus
„Elektrisches Fahren“ erreicht werden.

Um diese zusätzliche Beheizung durchzuführen, wird die Batterie
in einen Sekundärkreislauf eingebunden. Dieser Kreislauf stellt
sicher, dass die ideale Betriebstemperatur von 15 °C – 30 °C
dauerhaft gehalten wird. Im Batterieblock wird eine eingebaute
Kühlplatte von Kühlmittel durchflossen, das sich aus Wasser und
Glykol zusammensetzt (grüner Kreislauf). Bei niedrigen Tempe-
raturen kann das Kühlmittel über eine Heizung schnell aufge-
heizt werden, um die Idealtemperatur zu erreichen. Kommt es
während der Benutzung der Hybridfunktionen zu einem Tempe-
raturanstieg in der Batterie, wird die Heizung abgeschaltet. Das

Kühlmittel kann dann durch den sich in der Fahrzeugfront befind-
lichen Batteriekühler bzw. Niedertemperatur-Kühler mittels Fahrt-
wind gekühlt werden.

Reicht die Kühlung durch den Batteriekühler bei hohen Außen-
temperaturen nicht aus, durchströmt das Kühlmittel einen
Chiller. In diesem wird Kältemittel der Fahrzeugklimaanlage
verdampft. Außerdem kann Wärme sehr kompakt und mit hoher
Leistungsdichte aus dem Sekundärkreislauf auf das verdamp-
fende Kältemittel übertragen werden. Es erfolgt eine zusätzliche
Rückkühlung des Kühlmittels. Durch den Einsatz des speziellen
Wärmetauschers kann die Batterie im wirkungsgradoptimalen
Temperaturfenster betrieben werden.

Weiterbildung für die Reparatur von Elektro- und Hybridfahrzeugen

Wissenswertes

Um die komplexen Systeme, insbesondere auch für das Thermomanagement, in Elektro- und Hybridfahrzeugen warten und reparieren zu können, ist eine permanente Weiterbildung unerlässlich. Mitarbeiter, die Arbeiten an solchen Hochvoltssystemen durchführen, benötigen beispielsweise in Deutschland eine zusätzliche zweitägige Ausbildung als „Fachkundiger für Arbeiten an Hochvolt (HV)-eigensicheren Fahrzeugen“.

Durch die dort erlangten Kenntnisse ist es möglich, zum einen die Gefährdung bei erforderlichen Arbeiten am System einzuschätzen, zum anderen die Spannungsfreiheit für die Dauer der Arbeiten herzustellen. Ohne eine entsprechende Schulung ist es untersagt, Arbeiten an Hochvoltssystemen bzw. deren Komponenten vorzunehmen. Die Reparatur bzw. der Austausch von spannungsführenden Hochvoltkomponenten (Batterie) bedarf einer gesonderten Befähigung.



Thermomanagement-Schulungsangebote von MAHLE:

Ob Auszubildende, Gesellen, Meister oder Ingenieure: Im Angebot von MAHLE Aftermarket ist für jeden die passende Schulung dabei.

Neben Schulungen zur Theorie bietet MAHLE Aftermarket spezielle Praxis-Trainings zur Schadensvermeidung für Pkw, Lkw sowie für Land- und Baumaschinen.

Wir von MAHLE Aftermarket sind flexibel: Sie wählen das gewünschte Thema aus und sagen uns, wann und wo die Fortbildung stattfinden soll – wir organisieren alles Weitere. Sprechen

Sie einfach Ihren MAHLE Aftermarket Handelspartner an oder kontaktieren Sie uns direkt über: ma.training@mahle.com

Die MAHLE Aftermarket Technikexperten freuen sich auf interessante und spannende Veranstaltungen mit Ihnen!

- Thermomanagement im modernen Verbrennungsmotor
- Neue Technologien: Potenziale und Herausforderungen bei modernen Motoren
- Klimasachkundenachweis

Werkstatt-Tipps

Wartung von Elektro- und Hybridfahrzeugen

Auch bei allgemeinen Inspektions- und Reparaturarbeiten (wie beispielsweise an Auspuffanlagen, Reifen, Stoßdämpfern, Ölwechsel, Reifenwechsel etc.) kommt es zu einer besonderen Situation. Diese dürfen nur von Mitarbeitern ausgeführt werden, die durch einen „Fachkundigen für Arbeiten an HV-eigensicheren Fahrzeugen“ auf die Gefahren dieser Hochvoltssysteme hingewiesen und entsprechend unterwiesen wurden. Des Weiteren müssen zwingend Werkzeuge eingesetzt werden, die den Spezifikationen der Fahrzeughersteller entsprechen!

Kfz-Betriebe sind dazu angehalten, alle Mitarbeiter, die mit dem Betrieb, der Wartung und Reparatur von Elektro- und

Hybridfahrzeugen zu tun haben, zu unterweisen. Bitte beachten Sie die jeweiligen länderspezifischen Gegebenheiten.



Werkzeuge für Arbeiten am Hochvoltssystem

Pannenhilfe, Abschleppen und Bergen von Elektro- und Hybridfahrzeugen

Fahrer und Fahrerinnen von Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen (HV) sind keiner direkten elektrischen Gefährdung ausgesetzt – auch nicht im Falle einer Panne. Eine Vielzahl von Maßnahmen der Fahrzeughersteller sichert das HV-System ab. Auch die Pannenhilfe ist bei Fahrzeugen mit HV-Systemen ungefährlich, solange zur Beseitigung von Störungen keine Eingriffe in die HV-Anlage notwendig werden.

Gefahren bestehen jedoch im Falle einer Pannenhilfe oder beim Abschleppen von Fahrzeugen, die durch einen Unfall beschädigt sind oder aus Schnee oder Wasser geborgen werden müssen. Die Eigensicherheit der Fahrzeuge zum Schutz vor Gefährdungen durch Stromschlag oder Lichtbogen ist zwar sehr hoch, jedoch gibt es keine vollständige bzw. 100%-ige Sicherheit für jeden Schadensfall. Im Zweifelsfall müssen die jeweiligen Informationen der Fahrzeughersteller berücksichtigt bzw. erfragt werden.

Wie erkenne ich, dass das Fahrzeug über ein Hochvoltssystem verfügt?

- An dem Schriftzug am Armaturenbrett oder am Fahrzeug
- An orangefarbenen Hochvoltkabeln (siehe Abbildung). Generell gilt: Hände weg von Hochvoltkomponenten und orangefarbenen Leitungen
- An der Kennzeichnung auf den HV-Komponenten (siehe Abbildung)



Motorraum Hochspannungskomponenten

Wer darf Pannenhilfe leisten?

Pannenhilfe an Elektro- und Hybridfahrzeugen darf leisten, wer speziell dafür qualifiziert wurde. Pannenhelfende erhalten deswegen eine Unterweisung in den Aufbau und die Funktionsweise von Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen. Hierbei gelten die

jeweils länderspezifischen Anforderungen und Bedingungen für nicht-elektrotechnische Arbeiten. (Für Deutschland gilt die DGUV Information 200-005 „Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen“ (bisher BGI 8686). Bitte beachten Sie die jeweiligen länderspezifischen Gegebenheiten.)

Erste Schritte bei der Pannenhilfe?

- Zündschlüssel abziehen (Achtung: Transpondersysteme schalten sich automatisch bei Annäherung ein) und danach Trennstecker/Disconnecter der Hochvoltbatterie ziehen.
- Sichtprüfung, ob HV-Komponenten beschädigt sind.
- Keine Arbeiten an den HV-Komponenten. Diese dürfen nur Personen durchführen, die für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen qualifiziert sind. Dies gilt auch dann, wenn bei der Pannenhilfe HV-Komponenten beschädigt oder Beschädigungen festgestellt werden.
- Eine Restspannung kann auch nach dem Ausschalten des HV-Systems vorhanden sein – je nach Hersteller noch mehrere Minuten.



Trennstecker/Disconnecter

Fremdstarten, Abschleppen und Bergen – was ist zu beachten?

Fremdstarten

Unbedingt Herstellerangaben beachten. Nur bei wenigen Fahrzeugen ist ein Fremdstarten über das 12/24 V DC Bordnetz möglich. Nach dem Abschalten können gefährliche Restspannungen vorhanden sein, die sich nicht über den Dauerentladewiderstand entladen. Vor dem Öffnen die Anweisung in der Betriebsanleitung bzw. die technischen Informationen des Fahrzeugherstellers beachten.

Bergen und Abschleppen

- Unbeschädigte Fahrzeuge können grundsätzlich auf ein Bergungsfahrzeug (Plateaufahrzeug) verladen werden.
- Beim Abschleppen mit Stange oder Seil sind die Herstellervorgaben zu beachten.
- Um Fahrzeuge sicher zu bergen sind alle Maßnahmen aus dem Kapitel „Sichere Hilfe bei Elektroautos“ zu berücksichtigen.
- Wird das Fahrzeug mit einer Winde gezogen/geborgen, dürfen sich keine HV-Komponenten im Bereich der Anschlag- oder Ansetzpunkte befinden und beschädigt werden. Das Gleiche gilt beim Heben mit einem Wagenheber oder Ladekran.

Verhalten bei einem Unfall

- Im Falle eines Unfalls wird das HV-System in den meisten Fällen mit der Auslösung des Airbags abgeschaltet. Dies gilt für fast alle Pkw, aber nicht unbedingt für Nutzfahrzeuge.
- Um gefahrungsfrei arbeiten zu können, sind alle Maßnahmen aus dem Kapitel „Grundregeln bei Arbeiten an Elektro- und Hybridfahrzeugen“ zu berücksichtigen
- Einige Hersteller empfehlen beziehungsweise schreiben vor, den Minuspol der 12/24 V DC Bordnetz-Batterie abzuklemmen (weitere Infos sind auch den jeweiligen Rettungsleitfäden zu entnehmen).
- Wenn HV-Batterien oder HV-Kondensatoren (Energiespeicher bei Nutzfahrzeugen) durch einen Unfall beschädigt oder

herausgerissen wurden, geht hiervon eine besondere Gefahr aus. Einsatzkräfte der Feuerwehr oder des THW sollten in diesem Fall zur Hilfe gerufen werden. Beim Hantieren mit beschädigten HV-Batterien ist eine entsprechende persönliche Schutzausrüstung (Gesichtsschutz, Schutzhandschuhe für das Arbeiten unter Spannung) erforderlich.

- Ausgelaufene Batterie-Flüssigkeiten können je nach Batterietyp ätzend oder reizend sein. Ein Kontakt sollte auf jeden Fall vermieden werden. Nach einem Unfall ist nicht auszuschließen, dass die HV-Batterien auch später noch durch interne Reaktionen in Brand geraten können. Unfallfahrzeuge sollten somit nicht in geschlossenen Räumen abgestellt werden.



MAHLE Aftermarket GmbH
Pragstraße 26 - 46
70376 Stuttgart
Telefon: +49 711 501-0

www.mahle-aftermarket.com
www.mpulse.mahle.com