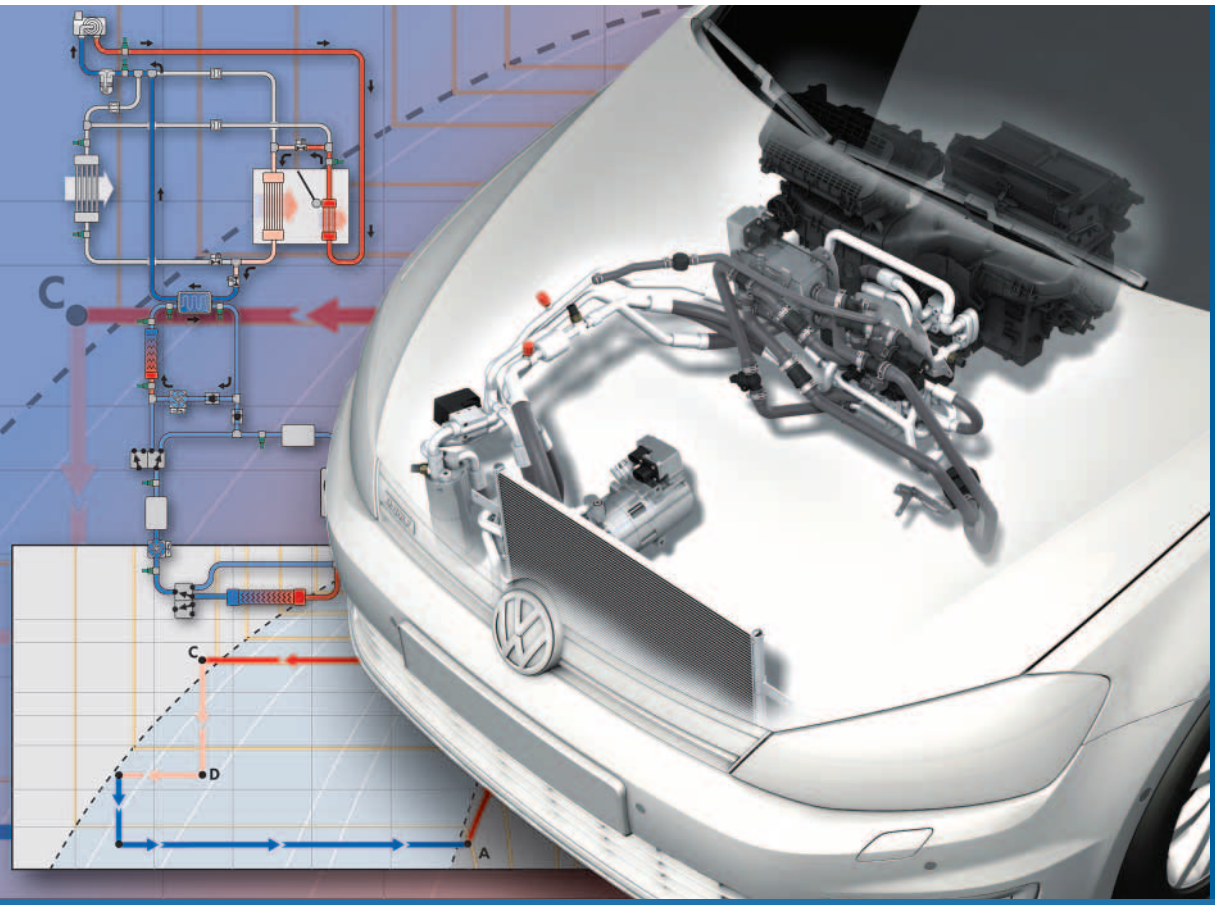
Service Training

Selbststudienprogramm 532

Die Wärmepumpe von Volkswagen

Konstruktion und Funktion



Die Wärmepumpen-Technologie ist seit vielen Jahren aus der Haustechnik bekannt. Bei Volkswagen setzt diese effiziente Technik zur Erzeugung von Wärme erstmalig im e-Golf ein.

Das Wärmepumpensystem ist ein Kältemittelkreislauf, der aus vielen Komponenten besteht. Es wird im folgenden kurz als die Wärmepumpe bezeichnet.

Bei einem Fahrzeug mit einem Verbrennungsmotor kann die Abwärme vom Motor verwendet werden. Bei einem elektrisch angetriebenen Fahrzeug entsteht allerdings nicht so viel Abwärme, dass man diese ausschließlich zum Heizen des Fahrzeuginnenraums verwenden kann.
Der Einsatz der Wärmepumpe ermöglicht die Nutzung der Wärme der Außenluft sowie die Nutzung der Abwärme der Antriebskomponenten, um den Fahrzeuginnenraum zu heizen. Dadurch wird weniger Energie der Batterie für die elektrische Hochvoltheizung benötigt. Der Energieverbrauch sinkt. Die Reichweite des e-Golfs mit Wärmepumpe vergrößert sich gegenüber einem e-Golf ohne Wärmepumpe um mehr als 30 Prozent.



Grundlagen zur Klimatisierung finden Sie im Selbststudienprogramm Nr. 208 „Klimaanlagen im Kraftfahrzeug". Wichtige Hinweise beinhaltet auch das Selbststudienprogramm Nr. 530 „Der e-Golf".

Achtung Hinweis

**Das Selbststudienprogramm stellt die Konstruktion und Funktion von Neuentwicklungen dar!
Die Inhalte werden nicht aktualisiert.**

Aktuelle Prüf-, Einstell- und Reparaturanweisungen entnehmen Sie bitte der dafür vorgesehenen Service-Literatur.

Auf einen Blick

Einleitung 4

Grundlegendes Wärmepumpenprinzip 7

Wärmepumpe im e-Golf 9

Komponenten 12

Funktion der Wärmepumpe 22

Systemübersicht 28

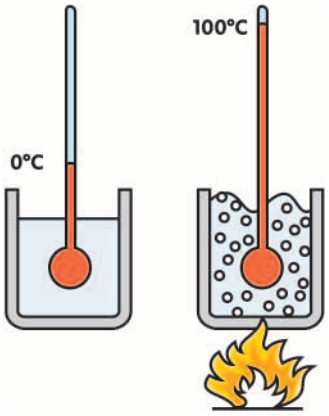
Service 29

Prüfen Sie Ihr Wissen 30

Die Gesetzmäßigkeiten

Was ist Wärme

Wärme (Formelzeichen Q, Einheit Joule) ist eine Form von Energie, die zwischen zwei Systemen aufgrund von Temperaturunterschieden übertragen wird.
Die Wärme fließt dabei stets vom Ort hoher Temperatur zum Ort tiefer Temperatur.
Der Wärmetransport kann über Wärmeleitung, Wärmestrahlung oder Konvektion geschehen.



s532_002

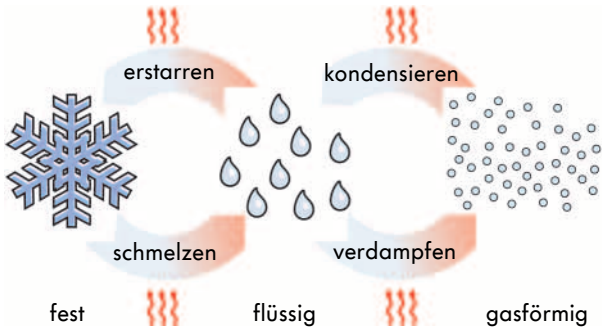
Aggregatzustandsänderung

Es gibt drei klassische Aggregatzustände eines Stoffs, die sich durch bloße Änderungen von Temperatur oder Druck ineinander umwandeln können: fest, flüssig, gasförmig

Um den Aggregatzustand zu ändern, muss ein Körper Wärmeenergie entweder aufnehmen oder abgeben:

- **Schmelzen:** Ist der Übergang vom festen in den flüssigen Aggregatzustand. Dabei wird Wärme aufgenommen.
- **Verdampfen:** Ist der Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand. Dabei wird Wärme aufgenommen.
- **Kondensieren:** Ist der Übergang vom gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand. Dabei wird Wärme abgeben.
- **Erstarren:** Ist der Übergang vom flüssigen in den festen Aggregatzustand. Dabei wird Wärme abgeben.

Aggregatzustände des Wassers



s532_001

Die Wärmepumpe

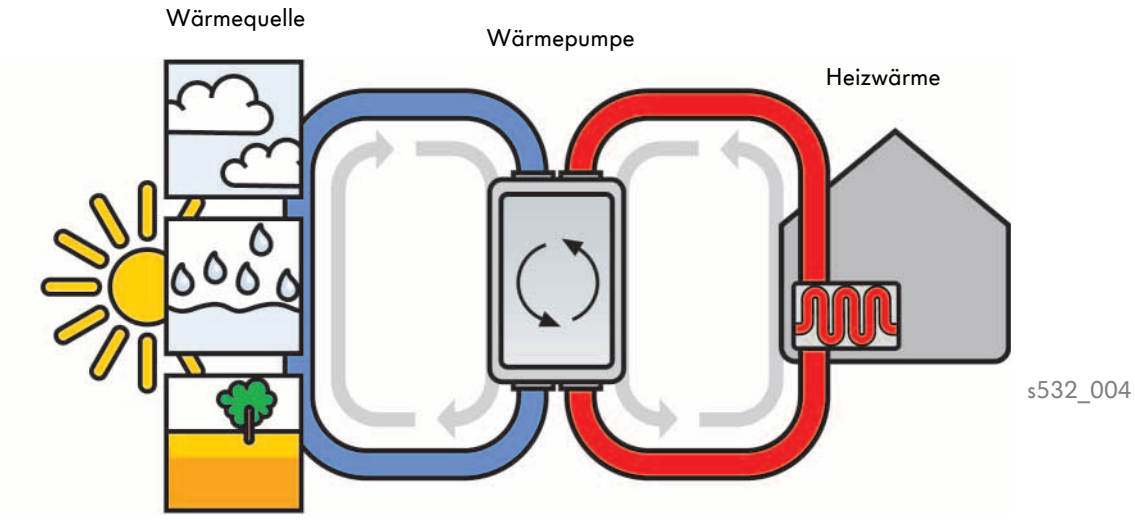
Allgemeines

Diese Gesetzmäßigkeiten werden bei der Wärmepumpe genutzt und technisch umgesetzt.

Wasser, das selbstständig bergab fließt, muss bergauf gepumpt werden. So ist es auch mit Wärme: Sie „fließt" automatisch von einem höheren zu einem tieferen Temperaturniveau. Wärmepumpen pumpen mit Hilfe elektrischer Energie Wärme entgegen des natürlichen „Temperatur-Flusses" von einem tieferen auf ein höheres Temperaturniveau.

Aufgabe

Wärmepumpen transportieren Wärmeenergie von einem Ort zu einem anderen. Sie werden schon lange in der Haustechnik eingesetzt, um Wohnräume zu heizen. Geringer Energieverbrauch, niedrige Umweltbelastung und geringe Betriebskosten sind die Vorteile dieser Heiztechnik.



Als Umkehrung dient dieses Prinzip in Kühlschränken und Klimaanlagen um zu kühlen.



Weitere Informationen zu Klimaanlagen entnehmen Sie bitte dem Selbststudienprogramm Nr. 208 „Klimaanlagen im Kraftfahrzeug".

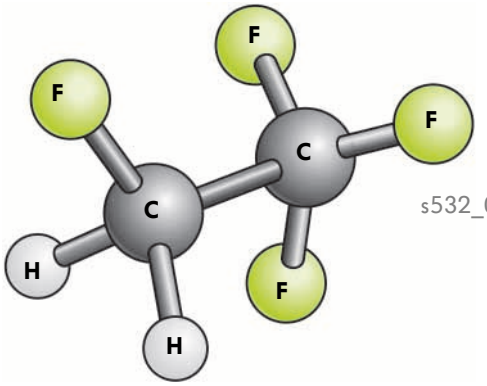
Einleitung

Das Kältemittel

Bei der Wärmepumpe kommt das Kältemittel R134a zum Einsatz. Es ist ein leicht siedender Fluor-Kohlen-Wasserstoff (FKW). R134a ist als Gas unsichtbar, als Dampf und Flüssigkeit farblos wie Wasser.

Merkmale

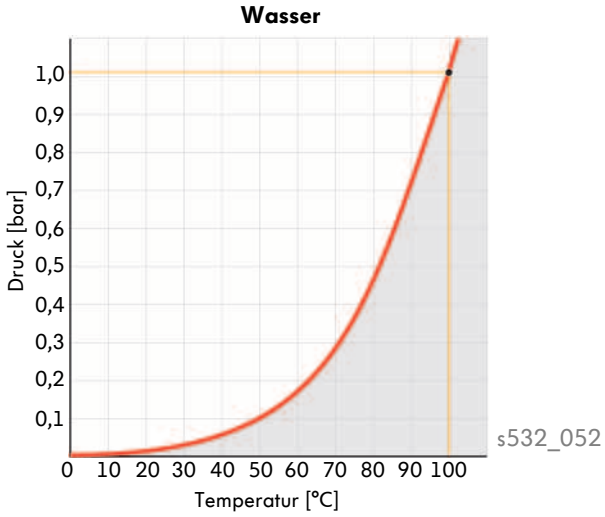
- Bezeichnung: Tetrafluorethan
- chemische Formel: CH2F-CF3
- Siedepunkt bei ca. 1 bar: -26,5 °C
- Erstarrungspunkt: -101,6 °C
- kritische Temperatur: 100,6 °C
- kritischer Druck: 4,056 MPa (40,56 bar)



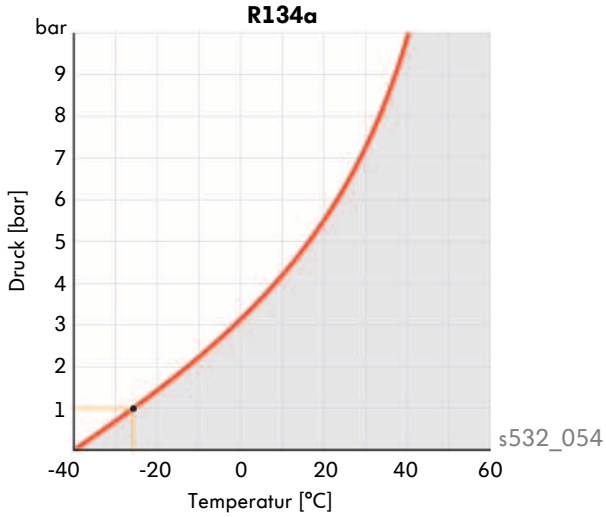
s532_042

Druck- und Siedepunkt

Als Siedepunkt wird die Temperatur bezeichnet, an dem ein Stoff vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand übergeht. Der Siedepunkt eines Stoffes wird immer bei atmosphärischem Normaldruck (1,01325 bar) angegeben. Abhängig vom Druck ändert sich die Siedetemperatur. So sinkt sie bei niedrigem Druck und steigt bei höherem Druck. Dieses Verhalten lässt sich im Druck-Temperaturdiagramm als Verdampfungskurve darstellen. In den nachfolgenden Diagrammen sind die Stoffe Wasser und Kältemittel R134a im Vergleich dargestellt.



s532_052



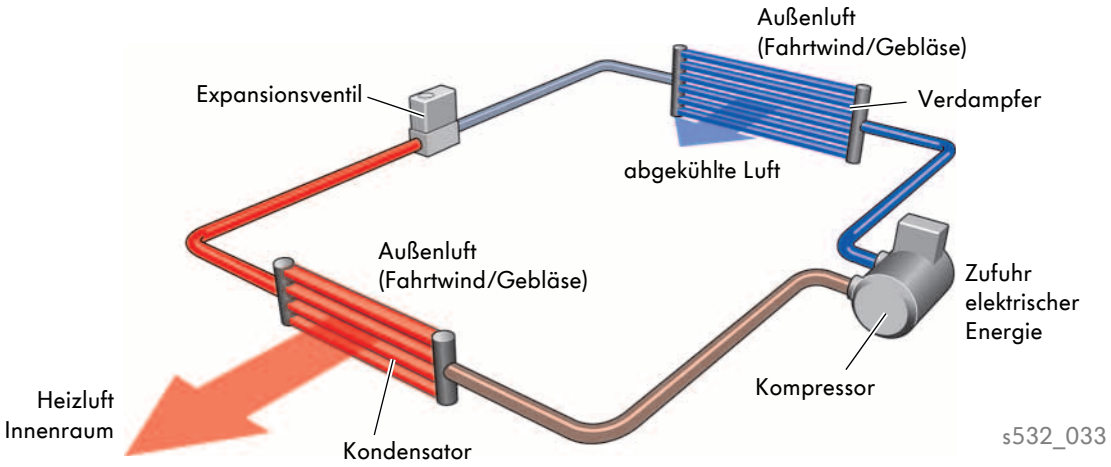
s532_054

Diese physikalischen Eigenschaften vom Kältemittel R134a werden bei der Wärmepumpe genutzt. Durch gezielte Veränderung des Druckes und der Temperatur wird das Kältemittel in die Lage versetzt:

- bei Umgebungstemperatur zu verdampfen und Wärme aufzunehmen bzw.
- bei Umgebungstemperatur zu kondensieren und Wärme abzugeben.

Der Aufbau des Kreislaufs

Grundsätzlich ist eine Wärmepumpe aus den Hauptkomponenten Kompressor, Verdampfer, Expansionsventil und Kondensator aufgebaut.
In dem geschlossenen Kreislauf der Wärmepumpe zirkuliert das Kältemittel und wechselt dabei zwischen dem flüssigen und gasförmigen Aggregatzustand. Es hat die Aufgabe, die Wärme zu übertragen und zu transportieren.
In diesem Kreislauf herrscht grundsätzlich ein Überdruck gegenüber dem atmosphärischen Normaldruck.



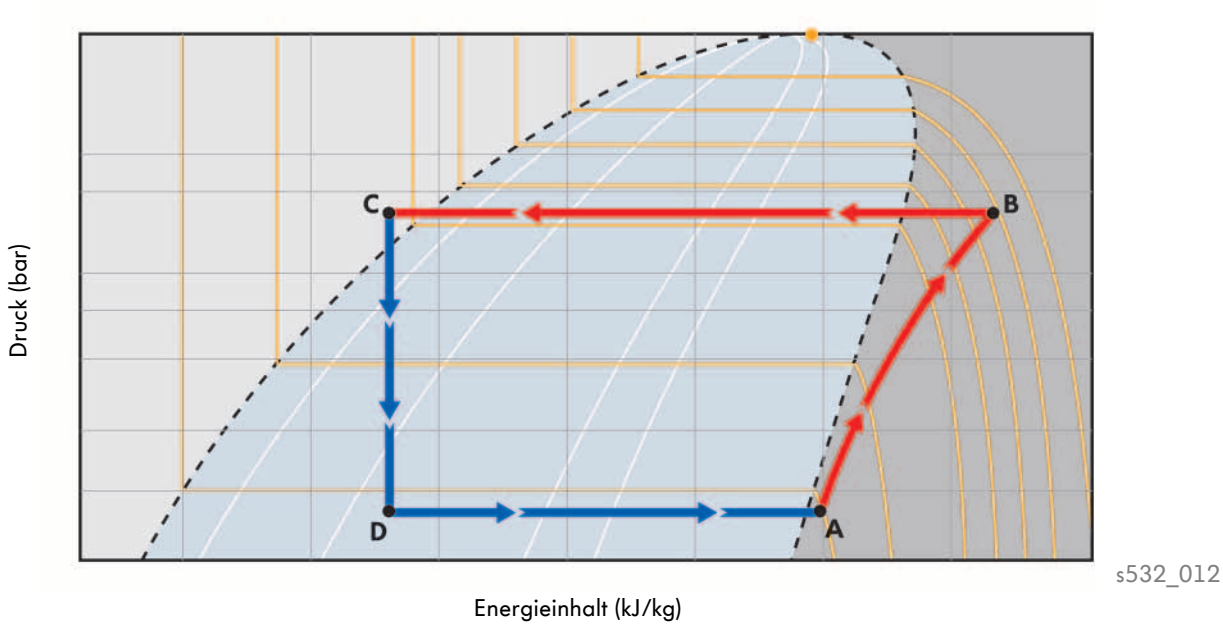
Die Funktion

- Der Kompressor saugt kaltes, gasförmiges Kältemittel mit niedrigem Druck an und verdichtet dieses unter hohem Druck. Dabei steigt die Temperatur. In dieser Phase ist das Kältemittel gasförmig, steht unter hohem Druck bei hoher Temperatur.
- Der Kondensator wird von kalter Luft (Fahrtwind/Gebläse) durchströmt. Das Kältemittel gibt Wärme an die Luft ab und kondensiert. Die erwärmte Luft strömt als Heizluft in den Innenraum. In dieser Phase ist das Kältemittel flüssig, steht unter hohem Druck bei mittlerer Temperatur.
- Im Expansionsventil wird der Druck des flüssigen Kältemittels stark abgesenkt. Die Druckentspannung führt zum Teil zur Verdampfung des Kältemittels. Die Temperatur des Kältemittels liegt nach der Expansion stark unterhalb der Umgebungstemperatur.
- Im Verdampfer entspannt sich das eingesprühte Kältemittel weiter und verdampft. Die dazu notwendige Verdampfungswärme wird der wärmeren Außenluft entzogen, die sich dabei abkühlt. Das nun gasförmige Kältemittel tritt aus dem Verdampfer aus.

Grundlegendes Wärmepumpenprinzip

Zustandsdiagramm des Kältemittels R134a

Die nachfolgende Grafik zeigt einen Ausschnitt aus dem Zustandsdiagramm des Kältemittels R134a, in dem ein Wärmepumpen-Kreislauf dargestellt ist. Hier kann für jeden Prozess der Energieinhalt, der Druck, die Temperatur sowie der Aggregatzustand des Kältemittels entnommen werden. Je nach Außenlufttemperatur und Wärmebedarf im Fahrzeug ergeben sich andere absolute Werte.



Legende

- gasförmiges Kältemittel
- Nassdampf-Bereich des Kältemittels
- flüssiges Kältemittel
- Grenzlinie Gas-/Flüssigkeitsgebiet
- Hochdruck-Bereich
- Niederdruck-Bereich
- Linie konstanter Temperatur (Temperaturkurve)

Erklärung

A - B: Kompression
Das Kältemittel ist gasförmig, der Druck und die Temperatur steigen.

B - C: Kondensation
Das Kältemittel wird verflüssigt, die Temperatur sinkt, der Druck bleibt konstant.

C - D: Expansion
Die Druckentspannung führt zum Teil zur Verdampfung des Kältemittels, die Temperatur sinkt.

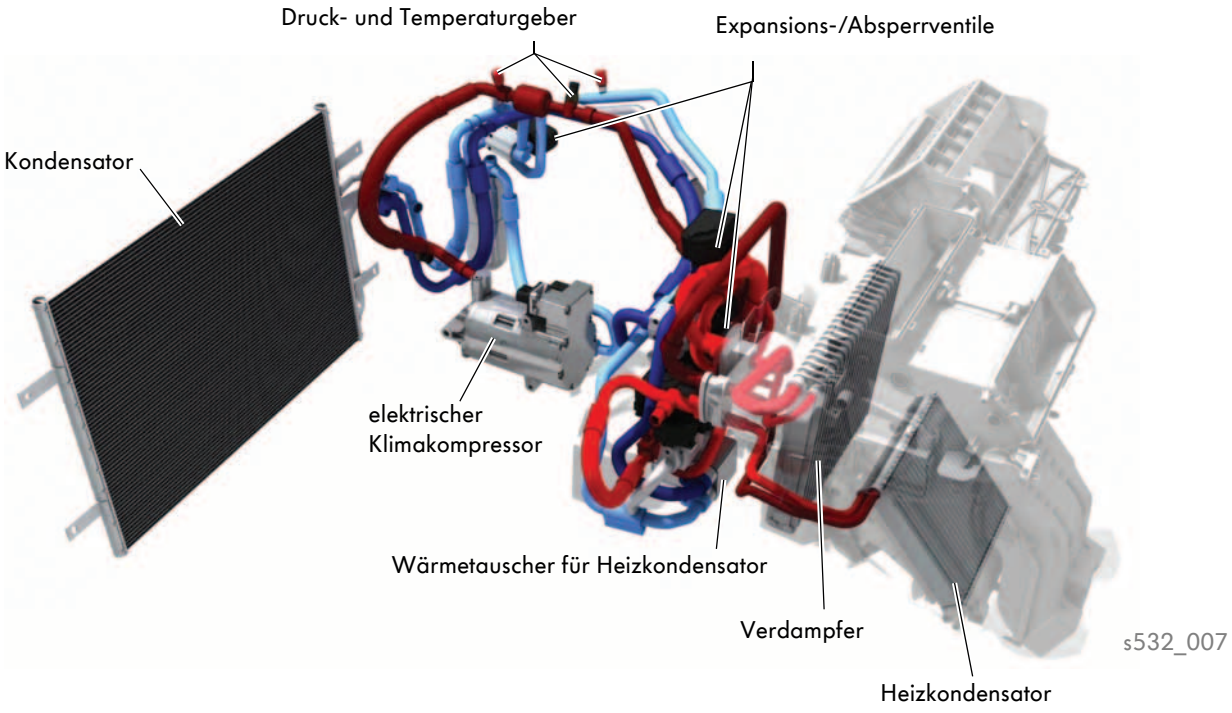
D - A: Verdampfung
Das Kältemittel wird komplett gasförmig, die Temperatur steigt etwas, der Druck bleibt konstant.

K: kritischer Punkt
Links vom kritischen Punkt befindet sich die Siedelinie und rechts davon die Taulinie.

Der Systemaufbau

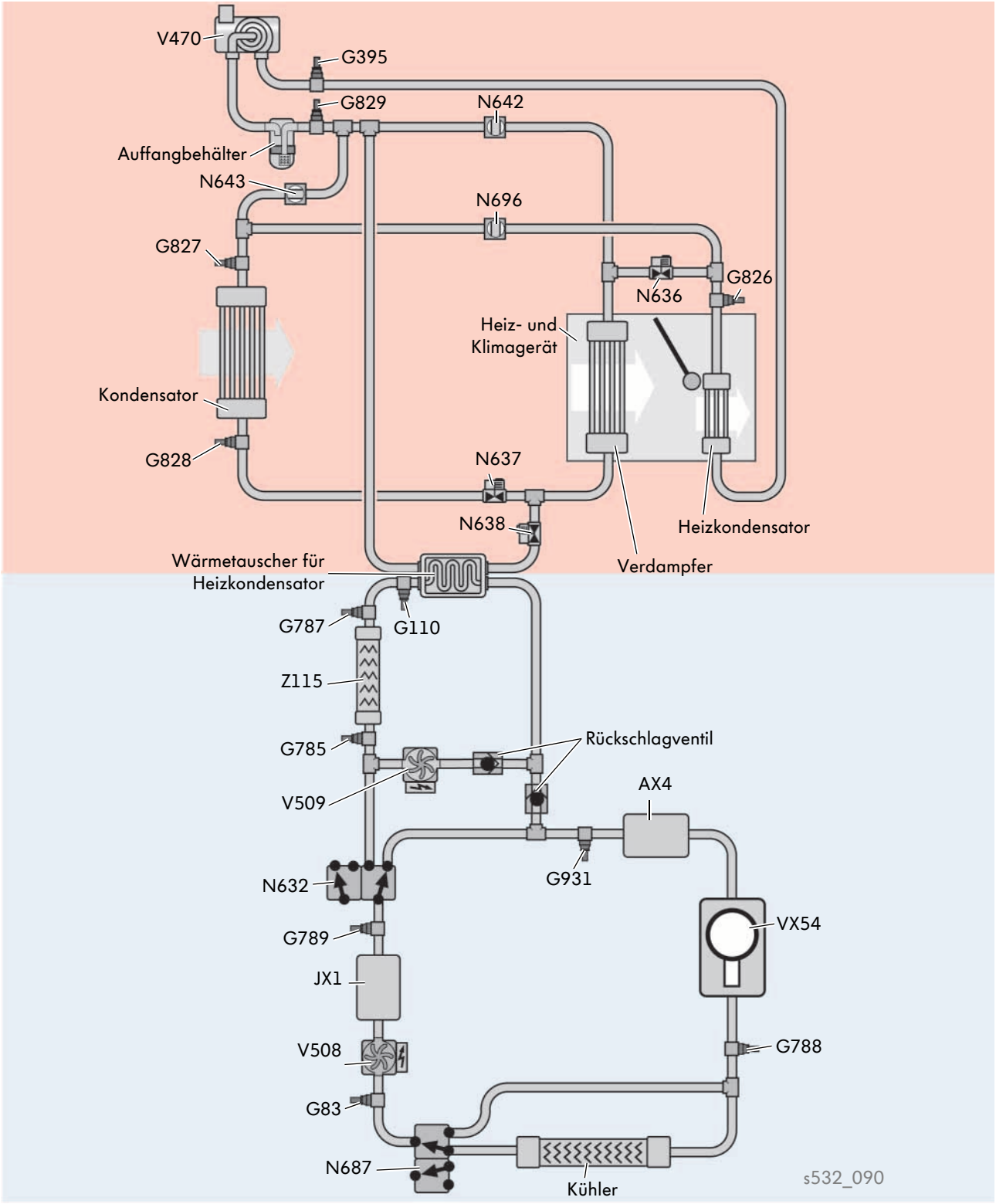
Zum Betrieb der Klimaanlage des e-Golfs sind die Komponenten wie elektrischer Klimakompressor, Verdampfer und Kondensator im Einsatz. Für die Wärmepumpe wird der Kältemittelkreislauf der Klimaanlage um Kältemittelleitungen, elektrische Expansionsventile, Druck- und Temperaturgeber und Heizkondensator ergänzt. Da das Wärmepumpensystem des e-Golf auch die Abwärme des Motors und der Leistungs- und Steuerelektronik für Elektroantrieb nutzt, werden parallel zum Wärmepumpen-Kreislauf ein zweites Expansionsventil und ein Wärmetauscher für Heizkondensator eingesetzt.

Kältemittelkreislauf im Fahrzeug



Schematische Darstellung Kältemittelkreislauf

Diese schematische Darstellung des Kältemittelkreislaufs der Wärmepumpe mit dem Kühlmittelkreislauf bildet die grafische Grundlage für die nachfolgenden Beschreibungen der Komponenten und der einzelnen Funktionen der Wärmepumpe.



Legende

AX4	Ladegerät 1 für Hochvoltbatterie
G83	Kühlmitteltemperaturgeber am Kühlerausgang
G110	Kühlmitteltemperaturgeber für Klimaanlage
G395	Geber für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur
G785	Temperaturgeber vor Hochvoltheizung (PTC)
G787	Temperaturgeber nach Wärmetauscher
G788	Temperaturgeber nach Fahrmotor für Elektroantrieb
G789	Temperaturgeber nach Leistungs- und Steuerelektronik für Elektroantrieb
G826	Geber 2 für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur
G827	Geber 3 für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur
G828	Geber 4 für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur
G829	Geber 5 für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur
G931	Temperaturgeber vor Ladegerät
JX1	Leistungs- und Steuerelektronik für Elektroantrieb
N632	Umschaltventil 1 für Kühlmittel
N636	Expansionsventil 1 für Kältemittel
N637	Expansionsventil 2 für Kältemittel
N638	Expansionsventil 3 für Kältemittel
N642	Absperrventil 4 für Kältemittel
N643	Absperrventil 5 für Kältemittel
N687	Umschaltventil für Kühlerbypass
N696	Absperrventil 1 für Kältemittel
V470	elektrischer Klimakompressor
V508	Pumpe für Kühlmittelumlauf vor Leistungs- und Steuerelektronik für Elektroantrieb
V509	Pumpe für Kühlmittelumlauf vor Hochvoltheizung (PTC)
VX54	Drehstromantrieb
Z115	Hochvoltheizung (PTC)
	Kältemittelkreislauf
	Kühlmittelkreislauf

Es wird im folgenden aus Platzgründen und zur besseren Lesbarkeit das
- N636 Expansionsventil 1 für Kältemittel als Expansionsventil 1 (EV1),
- N637 Expansionsventil 2 für Kältemittel als Expansionsventil 2 (EV2),
- N638 Expansionsventil 3 für Kältemittel als Expansionsventil 3 (EV3),
- N696 Absperrventil 1 für Kältemittel als Absperrventil 1 (AV1),
- N642 Absperrventil 4 für Kältemittel als Absperrventil 4 (AV4),
- N643 Absperrventil 5 für Kältemittel als Absperrventil 5 (AV5)

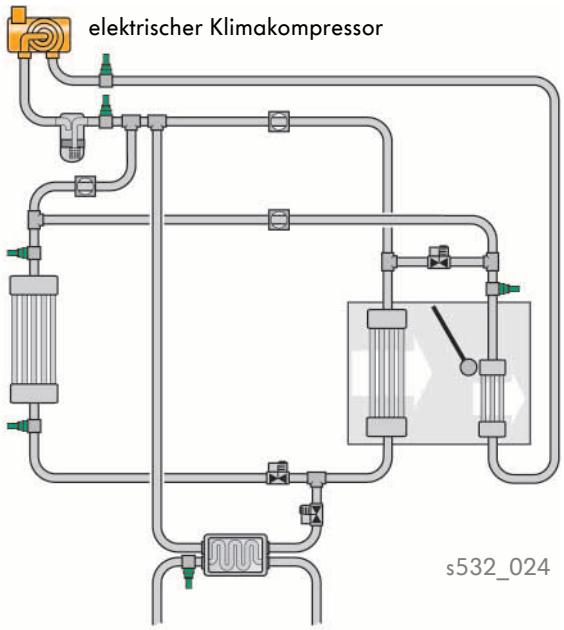
bezeichnet.

Komponenten

Der elektrischer Klimakompressor

Einbauort

Der elektrische Klimakompressor V470 ist am Drehstromantrieb VX54 verschraubt.



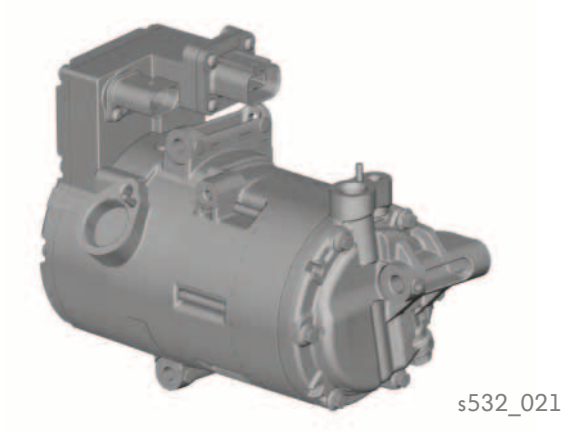
Aufbau

Im e-Golf mit Wärmepumpe kommt ein elektrischer Klimakompressor zum Einsatz, der nach dem Prinzip eines Spiral- oder Scroll-Verdichters arbeitet.
Er ist baugleich mit dem im e-Golf ohne Wärmepumpe verbauten Klimakompressor.

Funktion

Der elektrischer Klimakompressor saugt das gasförmige Kältemittel mit niedrigen Druck an.
Es wird im diesem Kompressor verdichtet.
Dabei wird der Druck erhöht und auch die Temperatur des Kältemittels steigt.

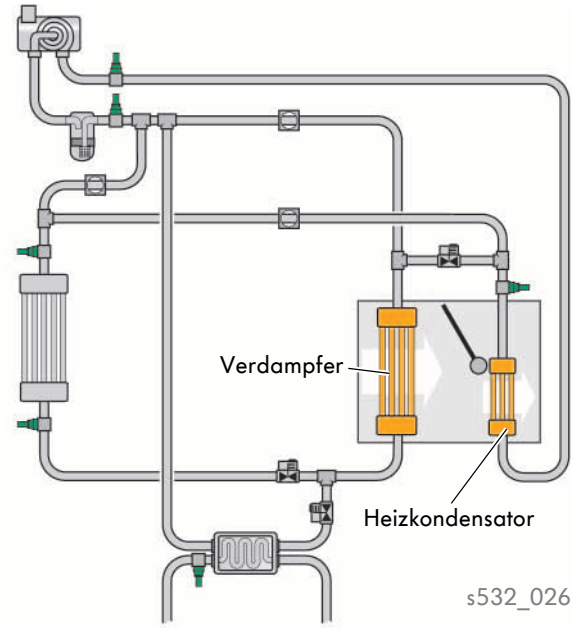
Der elektrischer Klimakompressor drückt das Kältemittel als heißes Gas zum Kondensator.
Dieser Kompressor ist somit die Trennstelle zwischen Niederdruck- und Hochdruckseite des Kältemittelkreislaufes.





Weitere Informationen zum Aufbau und der Arbeitsweise eines Spiral- oder Scroll-Verdichters entnehmen Sie bitte dem Selbststudienprogramm Nr. 525 „Der Jetta Hybrid”.

Der Heizkondensator und der Verdampfer



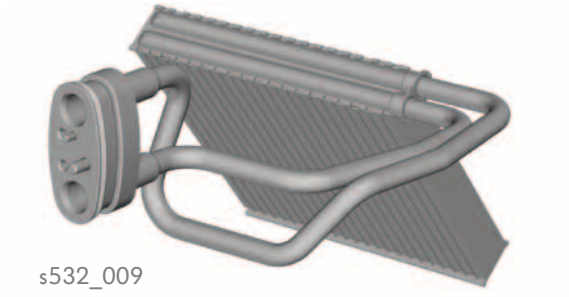
Einbauort Heizkondensator/ Verdampfer

Die Wärmepumpe im e-Golf verfügt über einen Heizkondensator und einen Verdampfer. Beide sind im Heiz- und Klimagerät verbaut.

Aufbau Heizkondensator

Der Heizkondensator besteht aus einem schlangenförmigen Rohrsystem, das mit Lamellen fest verbunden ist. So wird eine große Wärme-austauschfläche mit gutem Wärmeübergang erreicht. Der Heizkondensator wird mit einem vom Gebläse des Heiz- und Klimagerätes geförderten Luftstrom durchströmt.

Heizkondensator



Funktion Heizkondensator

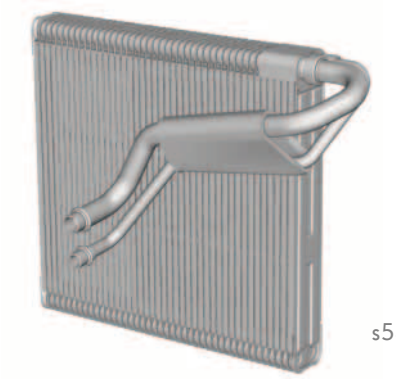
Unter Kondensation versteht man den Übergang von einem gasförmigen in einen flüssigen Zustand.
Das heiße, gasförmige Kältemittel gelangt in den Kondensator. Rohre und Lamellen des Kondensators nehmen Wärme auf. Kühle Außenluft durchströmt den Kondensator. Sie nimmt Wärme auf und wird in den Fahrzeuginnenraum geleitet. Dabei wird das Kältemittelgas im Kondensator abgekühlt, kondensiert und wird flüssig.

Komponenten

Aufbau Verdampfer

Der Verdampfer entspricht vom Aufbau dem des Heizkondensators und wird im Inneren von Kältemittel durchströmt. Wie der Heizkondensator wird der Verdampfer von einem Luftstrom des Heiz- und Klimagerätes durchströmt.

Verdampfer



s532_025

Funktion Verdampfer

Im Wärmepumpen-Betrieb (Funktion „Heizen") arbeitet der Verdampfer als Kondensator.
Dies bedeutet, dass die durch den Verdampfer strömende Luft erwärmt wird.



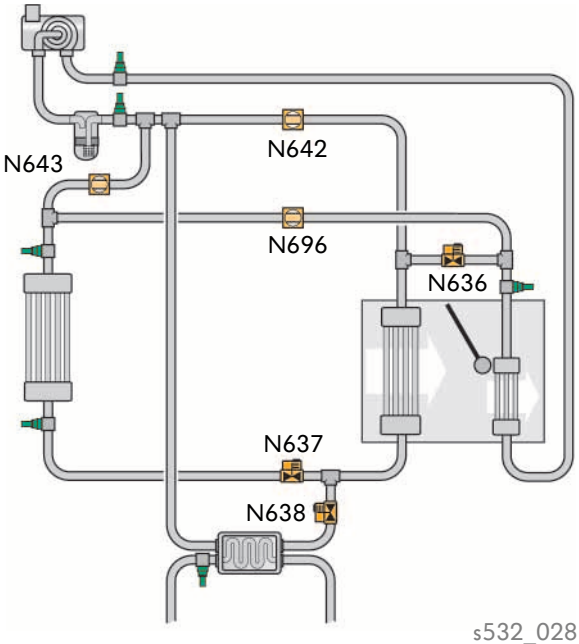
Der Verdampfer arbeitet im Betriebszustand (Funktion) „Kühlen" als Verdampfer. Dies bedeutet, dass die durch den Verdampfer strömende Luft gekühlt wird.

Die Expansionsventile und Absperrventile

Einbauort Expansionsventile/ Absperrventile

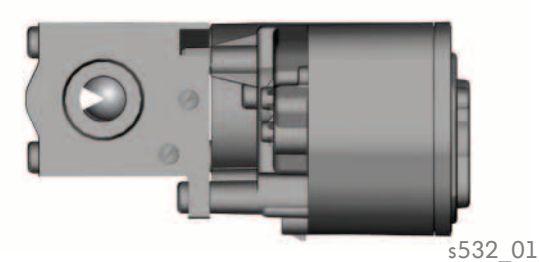
Drei Expansionsventile und drei Absperrventile befinden sich im Wärmepumpen-Kreislauf jeweils:

- N636 Expansionsventil 1 für Kältemittel (EV1)
- N637 Expansionsventil 2 für Kältemittel (EV2)
- N638 Expansionsventil 3 für Kältemittel (EV3)
- N696 Absperrventil 1 für Kältemittel (AV1)
- N642 Absperrventil 4 für Kältemittel (AV4)
- N643 Absperrventil 5 für Kältemittel (AV5)



s532_028

Expansionsventil



s532_011

Aufbau Expansionsventil

Die Expansionsventile sind vom Aufbau identisch. Über eine V-förmige Steuerkante im Kugelventil, erfolgt eine bedarfsgerechte, stufenlose Ansteuerung (0-100 Prozent)

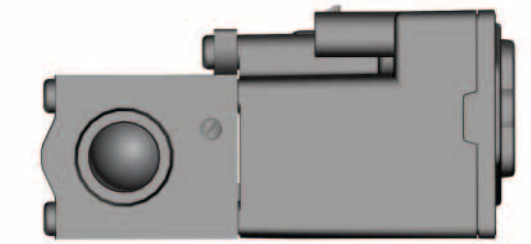
Funktion Expansionsventil

Im Expansionsventil kann das Kältemittel expandieren, d. h. einen wesentlich größeren Raum ausfüllen (Volumenvergrößerung). Dabei sinkt der Druck stark ab. Zum Teil verdampft hier das flüssiges Kältemittel. Dadurch sinkt die Temperatur.



Das Expansionsventil N637 wird im Betriebszustand (Funktion) „Heizen" vom Verdampfer in Richtung Kondensator vom Kältemittel durchströmt.
Im Betriebszustand (Funktion) „Kühlen" strömt das Kältemittel durch das Expansionsventil in die entgegengesetzte Richtung.

Absperrventil



s532_017

Aufbau Absperrventil

Die Absperrventile sind als Kugelventile ausgeführt und zu 100 Prozent geöffnet oder geschlossen.

Funktion Absperrventil

Die Absperrventile geben die Flussrichtung des Kältemittels im Kältemittelkreislauf vor.

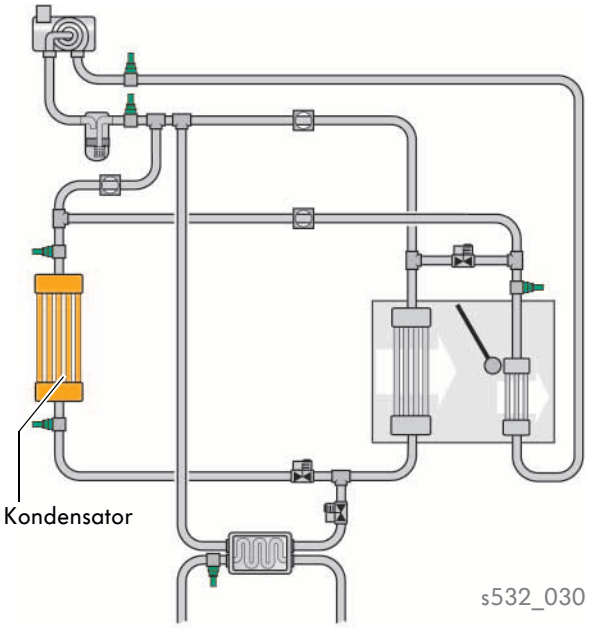


Die Expansionsventile und Absperrventile sind über den gleichen LIN-Bus am Steuergerät für Thermomanagement J1024 angeschlossen. Über die Steckerbelegung im Kompaktstecker der Ventile erfolgt die Kodierung.

Der Kondensator

Einbauort

Der Kondensator ist zwischen Kühlerlüfter und Kühler verbaut.

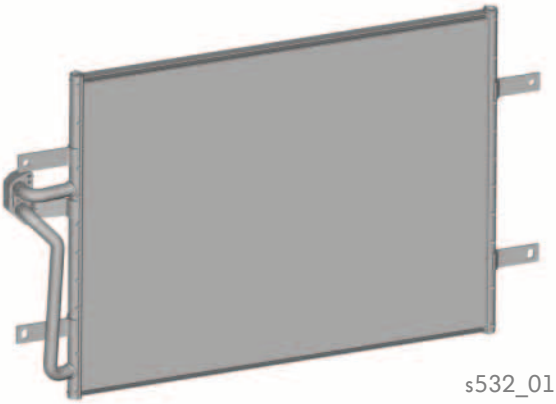


Aufbau

Der Kondensator ist der herkömmliche Klimakondensator.

Funktion

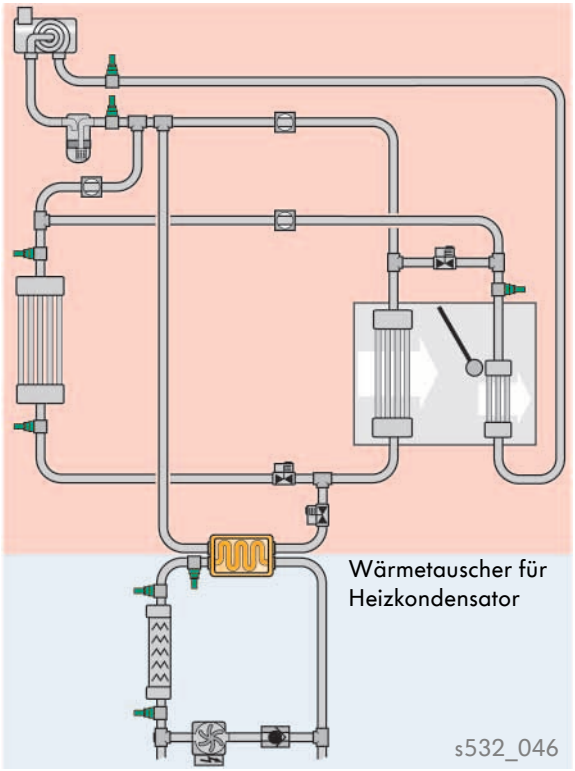
Je Betriebszustand (Funktion) „Kühlen" oder „Heizen" funktioniert der Kondensator als Verdampfer oder Kondensator.
Als Verdampfer arbeitet er im Wärmepumpen-Mode d. h. in der Funktion „Heizen". Unter Verdampfen versteht man den Übergang von einem flüssigen Zustand in einen gasförmigen Zustand.
Im Verdampfer wird das schon entspannte und unter der Außentemperatur liegende Kältemittel vollständig verdampft. Die dafür benötigte Wärme wird der Außenluft, die zwischen den Lamellen des Verdampfers hindurchstreicht, entzogen. Der Druck des Kältemittels bleibt konstant, die Temperatur steigt etwas an.





Der Verdampfer hat im Betriebszustand (Funktion) „Kühlen" die Funktion eines Kondensators.

Der Wärmetauscher für Heizkondensator



Legende

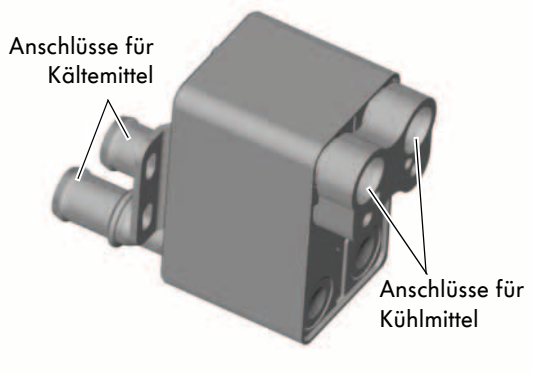
- Kältemittelkreislauf
- Kühlmittelkreislauf

Einbauort

Der Wärmetauscher für Heizkondensator ist auf einem Aggregateträger an der Stirnwand im Motorraum verbaut. Auf ihm ist der Großteil sämtlicher Wärmepumpen-Komponenten angebracht.

Aufbau

Der Wärmetauscher für Heizkondensator ist ein herkömmlicher Plattenwärmetauscher, wie er zum Kühlen von Ölkreisläufen durch Kühlmittel verwendet wird.
Der Kühlmittelkreislauf ist getrennt vom Kältemittelkreislauf. Der Wärmeaustausch findet ohne direkten Kontakt oder Vermischung der Flüssigkeiten statt.



s532_013

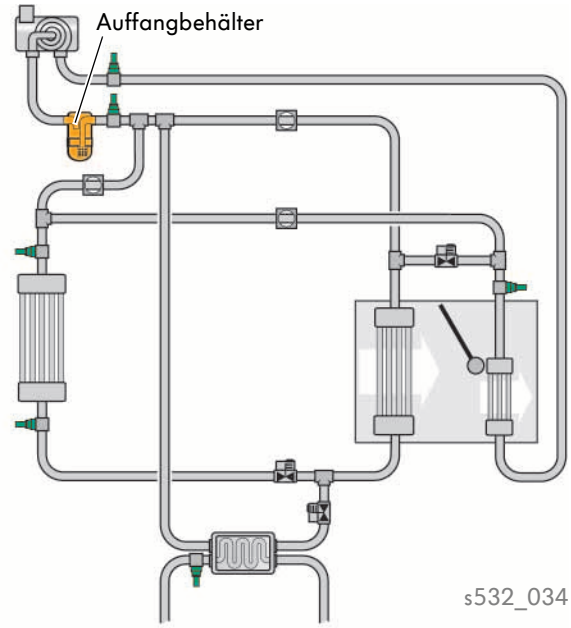
Funktion

Im Wärmetauscher für Heizkondensator wird die Wärme des Kühlmittels auf das Kältemittel übertragen und das Kältemittel verdampft.
Dazu wird die Abwärme der Elektronikkomponenten wie z. B. des Drehstromantriebs, der Leistungs- und Steuerelektronik für Elektroantrieb und dem Ladegerät genutzt.

Der Auffangbehälter

Einbauort

Der Auffangsbehälter befindet sich in Kältemittelflussrichtung vor dem elektrischen Klimakompressor.
Verbaut ist der Auffangbehälter vorn rechts im Radhaus.

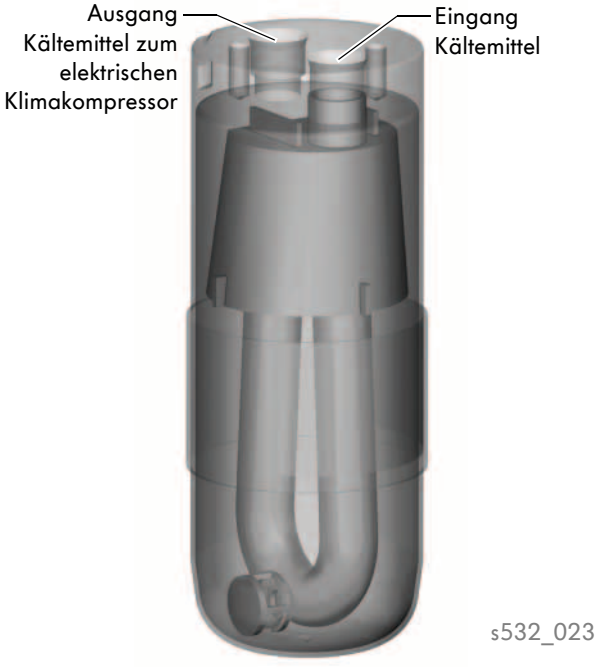


Aufbau

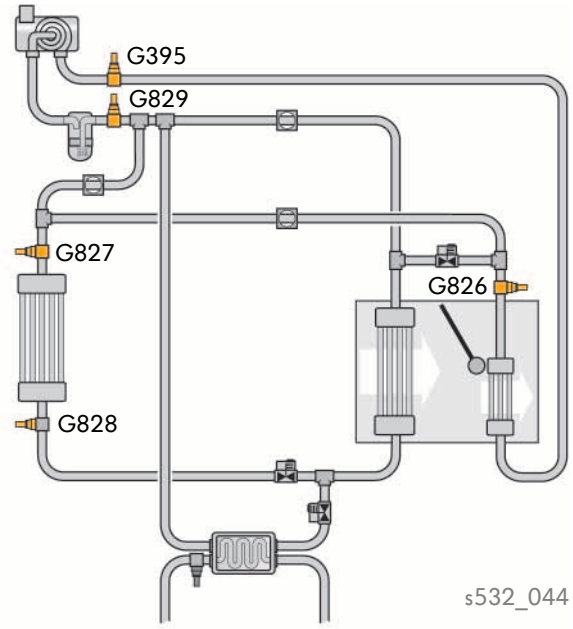
Er ist mit dem Auffangbehälter in anderen klimatisierten Fahrzeugen identisch.

Funktion

Der Auffangbehälter dient im Kältemittelkreislauf als Ausgleichs- und Vorratsbehälter für das Kältemittel. Bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen wie Wärmebelastung an Verdampfer und Kondensator, Drehzahl des elektrischen Klimakompressors wird auch unterschiedlich viel Kältemittel durch den Kreislauf gepumpt.
Zum Ausgleich dieser Schwankungen ist der Auffangbehälter im Kreislauf eingebunden.



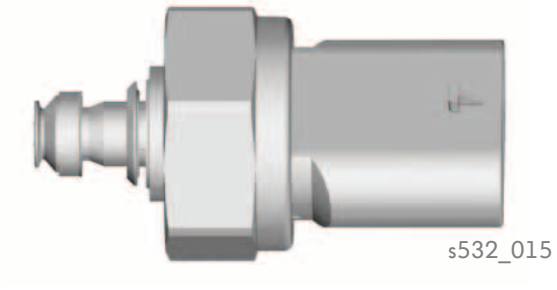
Die Geber für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur



Einbauort

Es sind im Wärmepumpen-Kreislauf insgesamt fünf Geber für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur verbaut, welche sich auf dem Aggregateträger befinden:

- G395 Geber für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur
- G826 Geber 2 für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur
- G827 Geber 3 für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur
- G828 Geber 4 für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur
- G829 Geber 5 für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur



Funktion

Die Geber für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur erfassen den Druck und die Temperatur des Kältemittels, wandeln dieses in ein elektrisches Signal um und senden es an das Wärmepumpensteuergerät. Es werden folgende Daten erfasst:

- Kältemitteldruck 0 bis 36 bar
- Kältemitteltemperatur minus 40 °C bis plus 150 °C
- interner Temperaturgeber minus 40 °C bis plus 140 °C



Die Geber für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur können nur getauscht werden, wenn das Kältemittel vorher abgesaugt wurde.

Auswirkungen bei Ausfall

Fällt ein oder mehrere Sensoren aus, wird über ein Kennfeld der Kältemitteldruck und die Kältemitteltemperatur ermittelt. Die Aufheizphase des Fahrzeuginnenraums erhöht sich und es erfolgt ein Ereignisspeichereintrag.

Das Umschaltventil 1 für Kühlmittel N632

Einbauort

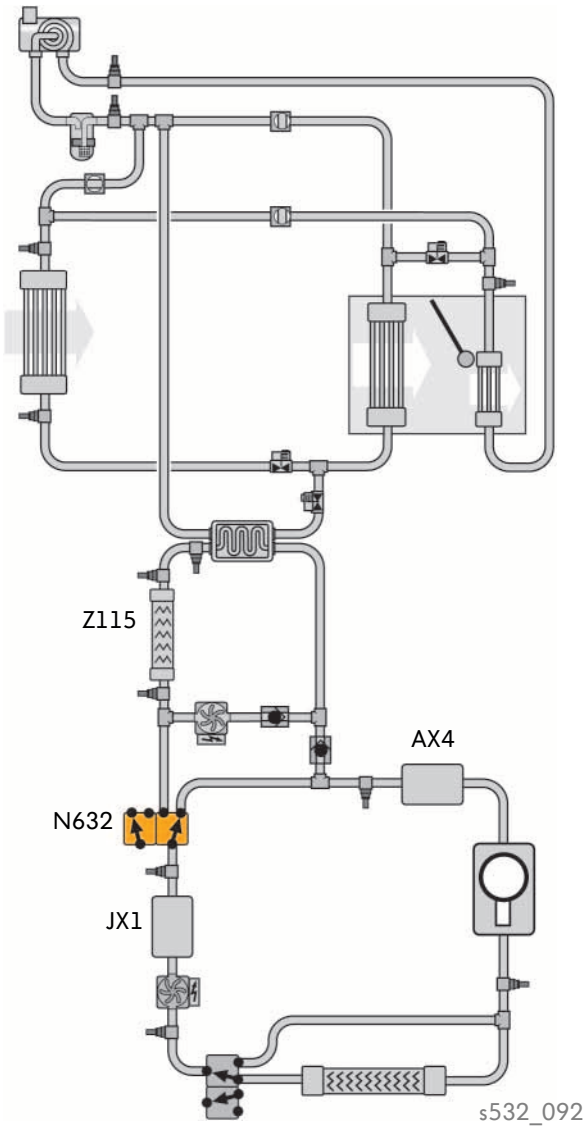
Das Umschaltventil 1 für Kühlmittel ist im Kühlmittelkreislauf verbaut.

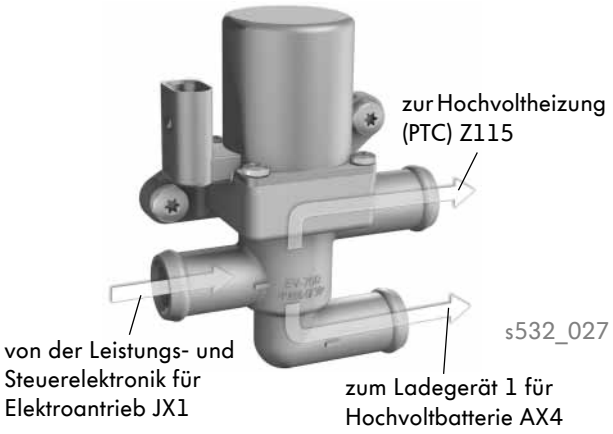
Aufbau

Das Umschaltventil 1 für Kühlmittel ist als 3/2 Wegeventil konstruiert.

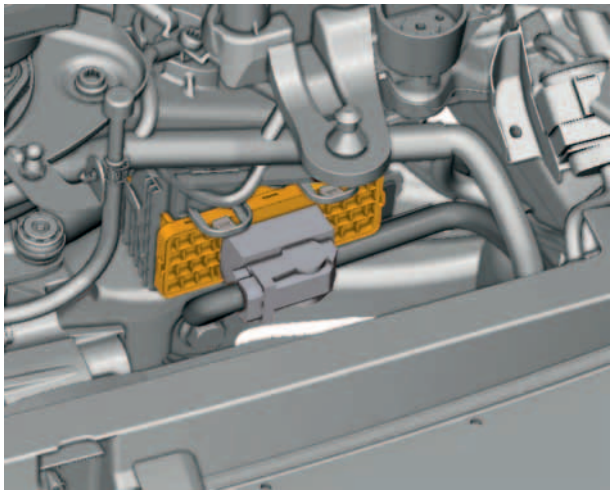
Funktion

Das Ventil dient zur Umschaltung vom großen zum kleinen Wasserkreislauf mit Hochvoltheizung (PTC). Stromlos ist es immer geöffnet und es ist nur der große Wasserkreislauf aktiv. Dabei verlängert sich die Aufheizphase des Fahrzeuginnenraums.





Das Steuergerät für Thermomanagement J1024



s532_051

Einbauort

Das Steuergerät ist im Motorraum unter der 12V Batterie verbaut.
Es ist über den CAN-Datenbus Extended mit dem Diagnose-Interface für Datenbus J533 verbunden.

Funktion

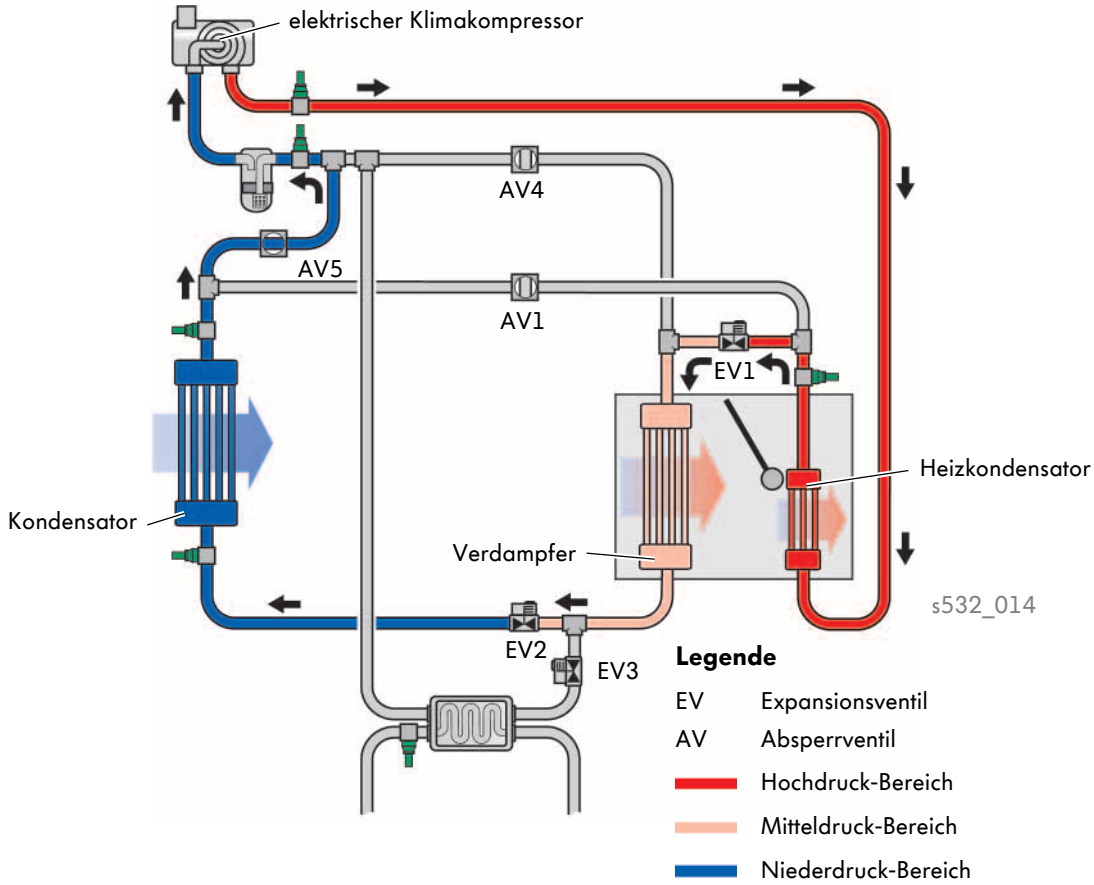
Das Steuergerät für Thermomanagement J1024 übernimmt alle Funktionen, die mit der Steuerung im Kältemittelkreislauf zusammenhängen.

Auswirkungen bei Ausfall

Bei einem Ausfall des Steuergeräts für Thermomanagement J1024 fällt die gesamte Klimatisierung aus.

Funktion der Wärmepumpe

Die Funktion Heizen im Luftbetrieb

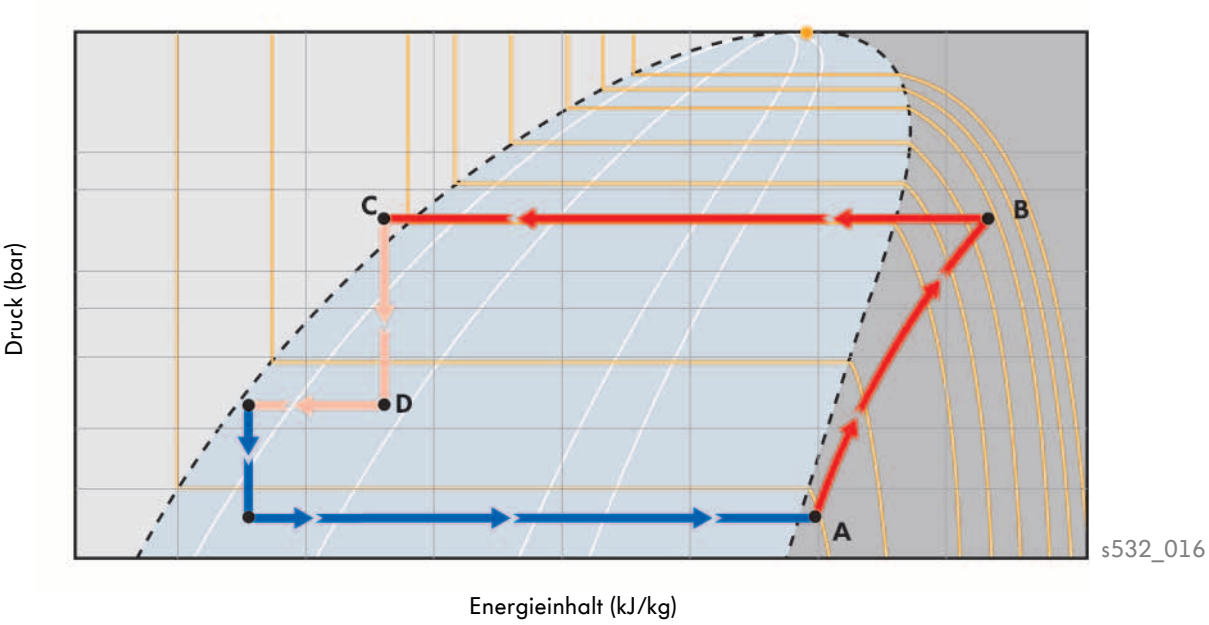


Bei dieser Funktion wird ausschließlich die Wärme der Außenluft zum Heizen des Fahrzeuginnenraums genutzt.

1. Der elektrische Klimakompressor verdichtet das Kältemittel. Das gasförmige Kältemittel steht unter hohem Druck bei hoher Temperatur.
2. Im Heizkondensator gibt das Kältemittel Wärme an die Luft ab und beginnt zu kondensieren. Die erwärmte Luft strömt als Heizluft in den Fahrzeuginnenraum.
3. Die Absperrventile 1 und 4 sind geschlossen. Über das Expansionsventil 1 wird durch eine Druckentspannung der Druck und die Temperatur des flüssigen Kältemittels abgesenkt.
4. Der Verdampfer arbeitet jetzt als Kondensator. Einströmendes Kältemittel kondensiert und gibt Wärme ab. Die somit vorgewärmte Luft strömt weiter zum Heizkondensator.
5. Das Expansionsventil 3 ist geschlossen. Über das Expansionsventil 2 wird durch eine Druckentspannung das Kältemittel auf ein noch niedrigeres Druck-Niveau entspannt. Dabei sinkt die Temperatur des Kältemittels unter die Umgebungstemperatur.
6. Das unter Umgebungstemperatur kalte Kältemittel verdampft im Kondensator. Die dazu notwendige Verdampfungswärme wird der wärmeren Außenluft entzogen, die sich dabei abkühlt. Das gasförmige Kältemittel tritt aus dem Kondensator aus und strömt durch das offene Absperrventil 5 in Richtung Klimakompressor.

Zustandsdiagramm des Kältemittels R134a

Die nachfolgende Grafik zeigt den Zustand des Kältemittels R134a im Modus Heizen - Luftbetrieb.



Legende

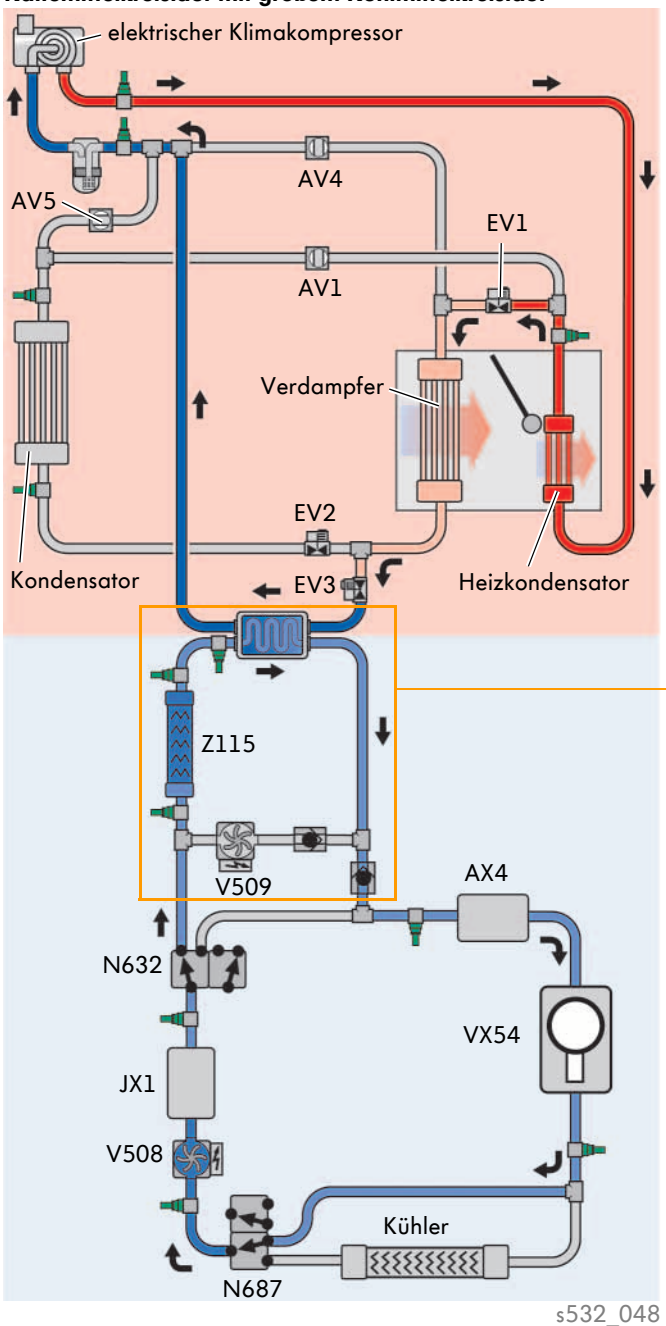
- gasförmiges Kältemittel
- Nassdampf-Bereich des Kältemittels
- flüssiges Kältemittel
- Grenzlinie Gas-/Flüssigkeitsgebiet
- Hochdruck-Bereich
- Mitteldruck-Bereich
- Niederdruck-Bereich
- Linie konstanter Temperatur (Temperaturkurve)

Erklärung

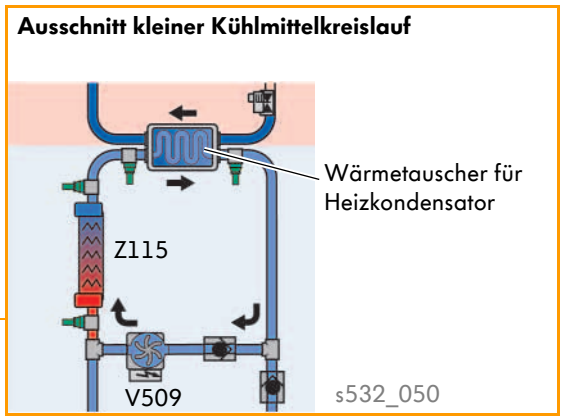
A - B: Kompression (elektrischer Klimakompressor)
Das Kältemittel ist gasförmig, der Druck und die Temperatur steigen.
B - C: Kondensation (Heizkondensator)
Das Kältemittel wird verflüssigt, die Temperatur sinkt, der Druck bleibt konstant.
C - D: Expansion (Expansionsventil 1)
Es erfolgt eine Druckentspannung über das Expansionsventil 1. Diese führt zum Teil zur Verdampfung des Kältemittels, die Temperatur sinkt.
D - E: Kondensation (Verdampfer)
Das Kältemittel kondensiert, die Temperatur sinkt, der Druck bleibt konstant.
E - F: Expansion (Expansionsventil 2)
Es erfolgt eine Druckentspannung über das Expansionsventil 2. Die Temperatur sinkt unterhalb der Umgebungstemperatur.
F - A: Verdampfung (Kondensator)
Das Kältemittel wird komplett gasförmig, die Temperatur und der Druck bleiben konstant.
K: kritischer Punkt
Links vom kritischen Punkt befindet sich die Siedelinie und rechts davon die Taulinie des Kältemittels.

Die Funktion Heizen im Kühlmittelbetrieb

Kältemittelkreislauf mit großem Kühlmittelkreislauf



Ausschnitt kleiner Kühlmittelkreislauf



Legende

EV	Expansionsventil
AV	Absperrventil
AX4	Ladegerät 1 für Hochvoltbatterie
JX1	Leistungs- und Steuerelektronik für Elektroantrieb
N632	Umschaltventil 1 für Kühlmittel
N687	Umschaltventil für Kühlerbypass
V508	Pumpe für Kühlmittelumlauf vor Leistungs- und Steuerelektronik für Elektroantrieb
V509	Pumpe für Kühlmittelumlauf vor Hochvoltheizung (PTC)
VX54	Drehstromantrieb
Z115	Hochvoltheizung (PTC)
	Hochdruck-Bereich
	Mitteldruck-Bereich
	Niederdruck-Bereich
	Kühlmittel
	Kältemittelkreislauf
	Kühlmittelkreislauf

Kältemittelkreislauf

Bei dieser Funktion wird die Wärme des Kühlmittels vom Drehstromantrieb, der Leistungs- und Steuerelektronik für Elektroantrieb und dem Ladegerät zum Heizen des Fahrzeuginnenraums genutzt.
1. - 4. Der Ablauf von der Verdichtung im elektrischen Klimakompressor bis zur kompletten Kondensation im Verdampfer ist identisch der Funktion Heizen im Luftbetrieb.

5. Das Expansionsventil 2 ist geschlossen. Über Expansionsventil 3 wird durch eine Druckentspannung der Druck und die Temperatur des flüssigen Kältemittels abgesenkt.
6. Im Wärmetauscher für Heizkondensator wird durch Wärmezufuhr das Kältemittel verdampft. Die dazu notwendige Verdampfungswärme wird dem wärmeren Kühlmittel entzogen, das sich dabei abkühlt.
   Das gasförmige Kältemittel tritt aus dem Wärmetauscher für Heizkondensator aus und strömt in Richtung Klimakompressor.

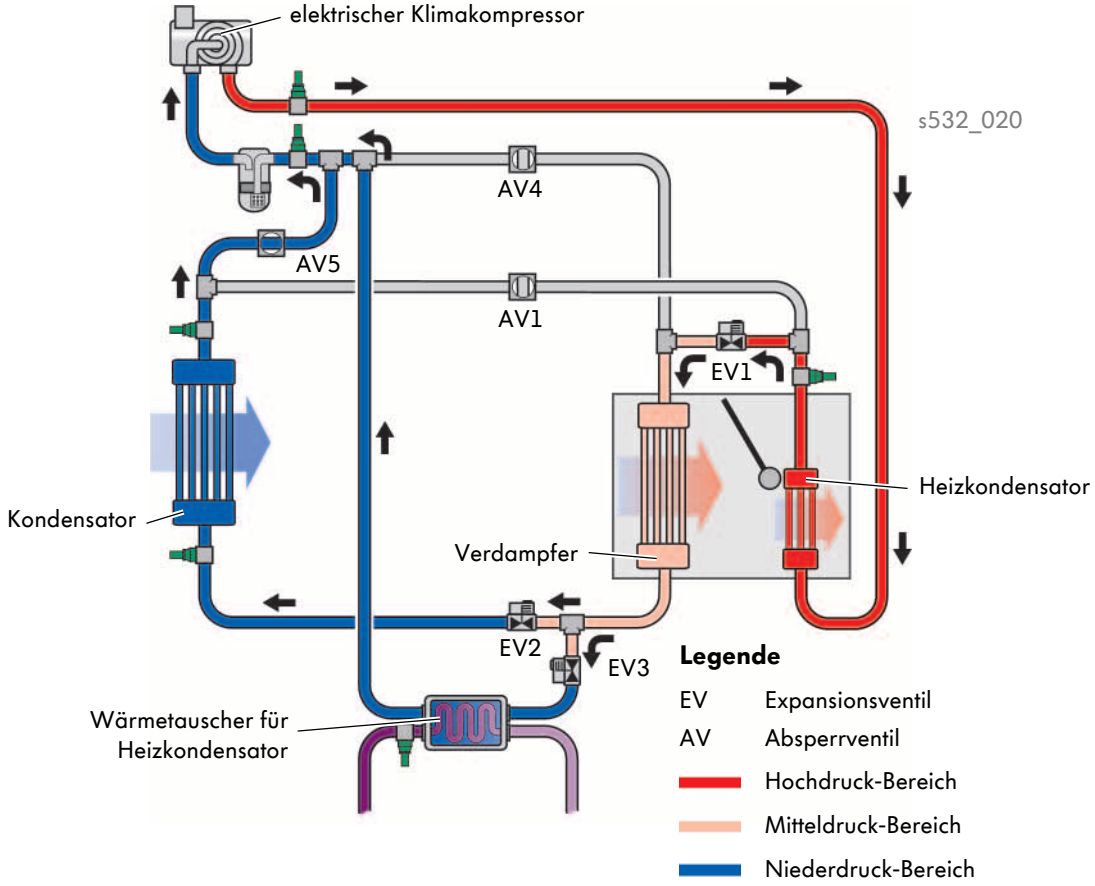
Großer Kühlmittelkreislauf

Um die Wärme des Kühlmittels vom Drehstromantrieb, der Leistungs- und Steuerelektronik für Elektroantrieb und dem Ladegerät zum Heizen des Fahrzeuginnenraums zu nutzen, läuft das Kühlmittel über den großen Kühlmittelkreislauf. Dieser Kreislauf wird durch die Pumpe für Kühlmittelumlauf vor Leistungs- und Steuerelektronik für Elektroantrieb V508 betrieben. Um die Abwärme optimal zu nutzen, wird der Kühler durch Schalten des Umschaltventils für Kühlerbypass N687 umgangen.

Kleiner Kühlmittelkreislauf

Reicht die Verdampfungsleistung des großen Kühlmittelkreislaufes und der Luft nicht aus, wird mit Zuschalten der Hochvoltheizung (PTC) zusätzliche Energie dem Kühlmittelkreislauf zugeführt und die Kühlmitteltemperatur erhöht. Um ein Aufheizen des Drehstromantriebs, der Leistungs- und Steuerelektronik für Elektroantrieb und des Ladegerätes zu verhindern, wird nun der große Kühlmittelkreislauf vom kleinen Kühlmittelkreislauf durch Schalten des Umschaltventil 1 für Kühlmittel N632 getrennt. Der kleine Kühlmittelkreislauf wird durch Zuschalten der Pumpe für Kühlmittelumlauf vor Hochvoltheizung (PTC) V509 betrieben.

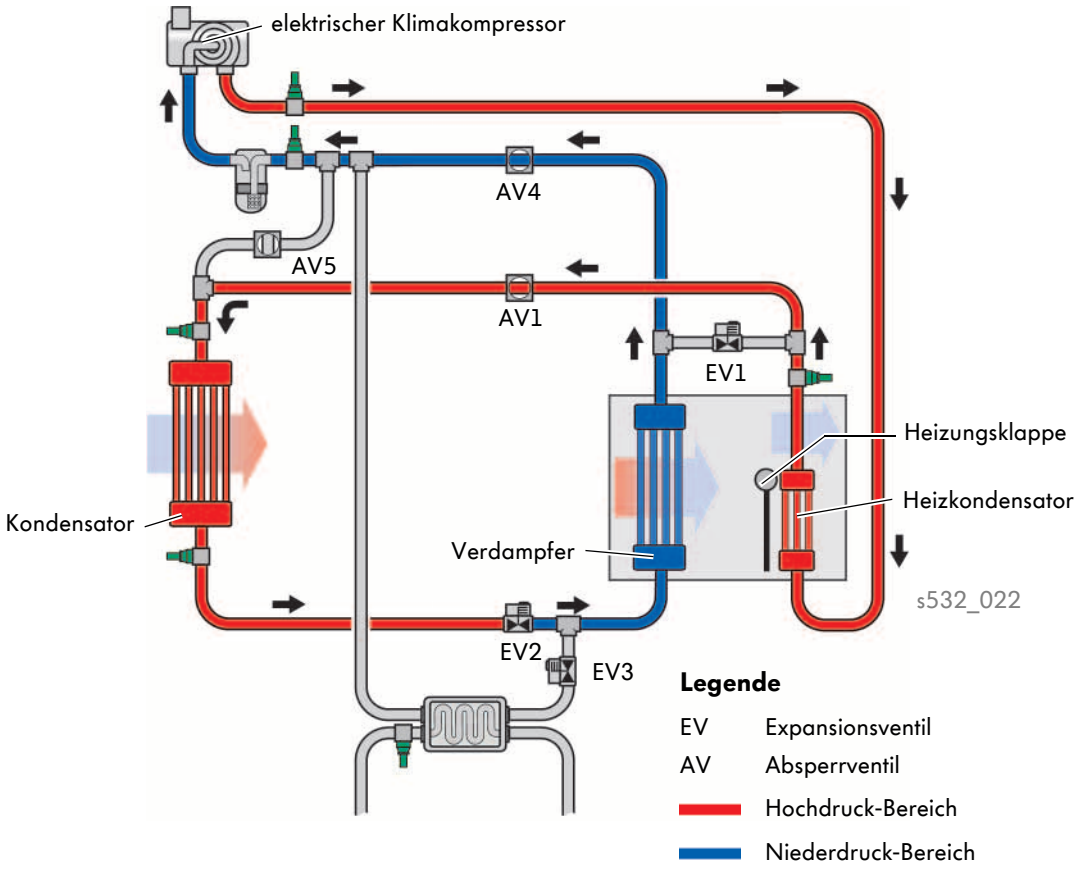
Die Funktion Heizen im kombinierten Luft- und Kühlmittelbetrieb



Diese Funktion ist eine Kombination von den beiden zuvor beschriebenen Funktionen. Hier wird gleichzeitig die Wärme der Außenluft und die Wärme des Kühlmittels zum Heizen des Fahrzeuginnenraums genutzt.
1. - 4. Der Ablauf von der Verdichtung im elektrischen Klimakompressor bis zur kompletten Kondensation im Verdampfer ist identisch der Funktion Heizen im Luftbetrieb.

5. Über die Expansionsventile 2 und 3 wird durch eine Druckentspannung der Druck und die Temperatur des flüssigen Kältemittels abgesenkt. Die Temperatur des Kältemittels liegt nach der Expansion unterhalb der Umgebungstemperatur. Wieviel Kältemittel jeweils durch die beiden Expansionsventile strömt, wird vom Wärmepumpensteuergerät gesteuert.
6. Das unter Umgebungstemperatur kalte Kältemittel verdampft im Kondensator. Die dazu notwendige Verdampfungswärme wird der wärmeren Außenluft entzogen, die sich dabei abkühlt. Das gasförmige Kältemittel tritt aus dem Verdampfer aus und strömt durch das offene Absperrventil 5 in Richtung Klimakompressor.
7. Im Wärmetauscher für Heizkondensator wird durch Wärmezufuhr das Kältemittel verdampft. Die dazu notwendige Verdampfungswärme wird dem wärmeren Kühlmittel entzogen. Das gasförmige Kältemittel tritt aus dem Wärmetauscher für Heizkondensator aus und strömt in Richtung Klimakompressor.

Die Funktion Kühlen



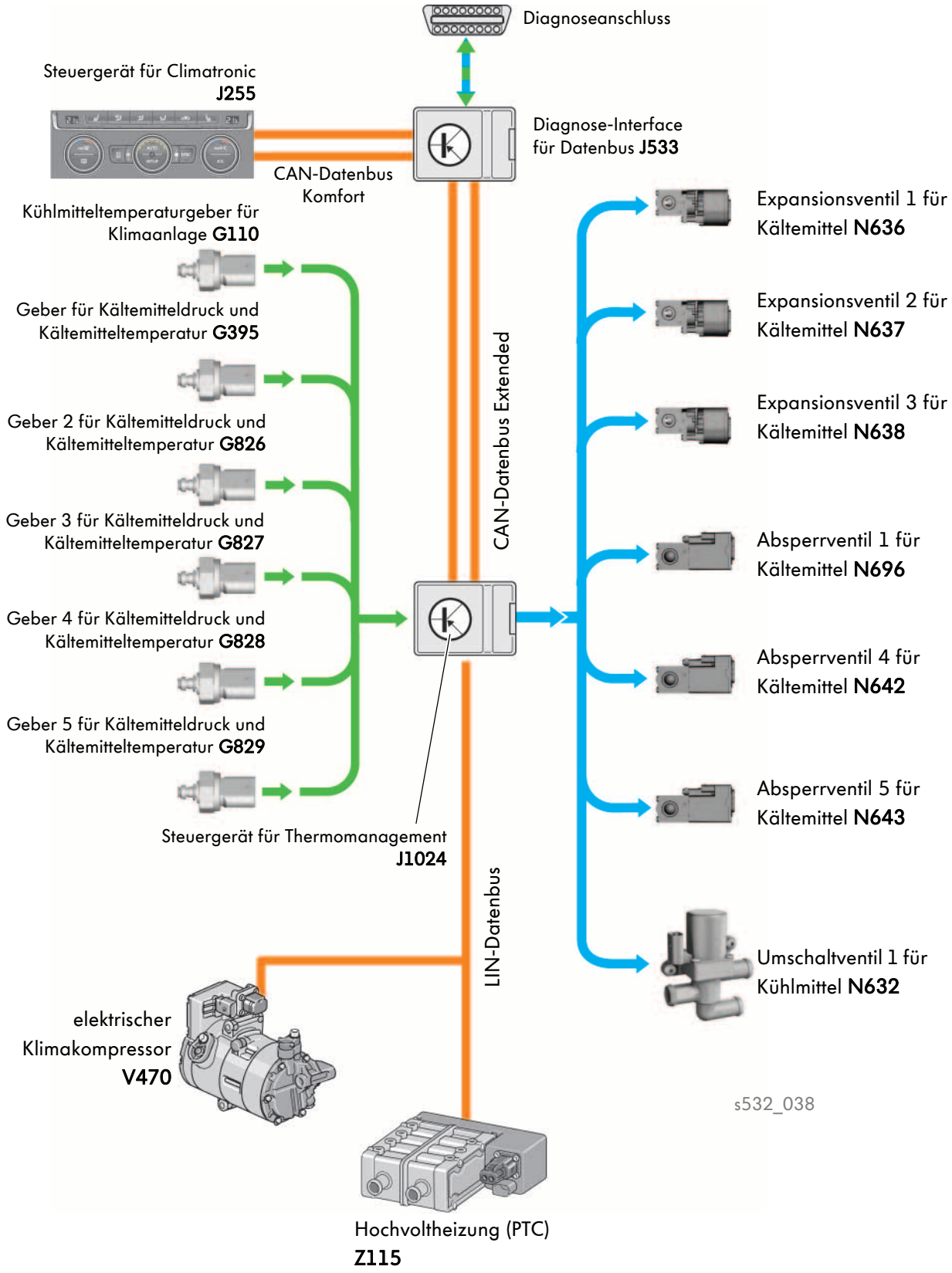
Bei dieser Funktion wird Kälte zum Kühlen des Fahrzeuginnenraums durch den Wärmepumpen-Kreislauf erzeugt.

1. Der elektrische Klimakompressor verdichtet das Kältemittel. Das gasförmige Kältemittel steht unter hohem Druck bei hoher Temperatur.
2. Durch die geschlossene Heizungsklappe wird der Heizkondensator nicht mit kühler Luft durchströmt. Das Kältemittel kondensiert hier nicht und gibt somit auch keine Wärme ab.
3. Das Expansionsventil 1 verschließt den Zugang zum Verdampfer. Durch das geöffnete Absperrventil 1 strömt das Kältemittel zum Kondensator.
4. Der Kondensator wird vom Fahrtwind durchströmt. Das Kältemittel gibt Wärme an die Luft ab und kondensiert. Die Temperatur des Kältemittels sinkt, der Druck bleibt gleich.
5. Über das Expansionsventil 2 wird der Druck und die Temperatur des flüssigen Kältemittels abgesenkt. Die Temperatur des Kältemittels liegt nach der Expansion unterhalb der Umgebungstemperatur.
6. Im Verdampfer verdampft das Kältemittel komplett. Die dazu notwendige Verdampfungswärme wird der Außenluft entzogen, die sich dabei abkühlt. Die gekühlte Luft strömt in den Fahrzeuginnenraum.
7. Das gasförmige Kältemittel tritt aus dem Verdampfer aus und strömt durch das offene Absperrventil 4 in Richtung Klimakompressor.

Systemübersicht

Sensoren

Aktoren



Service

Das Wärmepumpensystem ist wartungsfrei. Beim Entleeren und Befüllen des Systems ist unbedingt dem Reparaturleitfaden zu folgen. Es gibt keine Spezialwerkzeuge.

Nur Personen mit dem Sachkundenachweis für Klimaanlagen dürfen Arbeiten am Wärmepumpensystem vornehmen.
Bei Servicearbeiten am Wärmepumpensystem beachten Sie bitte die Service-Literatur, in welchen Fällen eine Spannungsfreischaltung durch einen Hochvolttechniker (HVT) notwendig ist.

Prüfen Sie Ihr Wissen!

Welche Antwort ist richtig?

Bei den vorgegebenen Antworten können eine oder auch mehrere Antworten richtig sein.

1. Welche Aussage zum Kältemittelkreislauf der Wärmepumpe ist richtig?

❒ a) Ein Auffangbehälter ist nicht verbaut.

❒ b) Der Auffangbehälter ist im Niederdruckkreislauf verbaut.

❒ c) Der Auffangbehälter ist im Hochdruckkreislauf verbaut.

❒ d) Der Auffangbehälter wird nur in der Funktion „Kühlen" benötigt.

❒ e) Der Auffangbehälter befindet sich im Kältemittelkreislauf vor dem elektrischen Klimakompressor.

2. Welches Bauteil ersetzt den Wärmetauscher?

❒ a) der Heizkondensator im Heiz- und Klimagerät

❒ b) der Wärmetauscher vor Heizkondensator

❒ c) die Hochvoltheizung (PTC)

❒ d) die kraftstoffbetriebene Zusatzheizung

3. Die Geber für Kältemitteldruck und Kältemitteltemperatur...

❒ a) sind über eine analoge Datenleitung mit dem Steuergerät für Climatronic J255 verbunden.

❒ b) messen nur den Kältemitteldruck. Die Kältemitteltemperatur wird über den Vergleich in der Dampfdrucktabelle für R134a bestimmt.

❒ c) sind ohne Ventil in den Kältemittelkreislauf eingeschraubt. Zum Wechseln des Gebers muss das Kältemittel abgesaugt werden.

❒ d) werden ausschließlich bei Fahrzeugen verbaut, bei denen eine Wärmepumpe nachgerüstet wurde.

4. Um den Aggregatzustand einer Flüssigkeit von flüssig zu dampfförmig zu ändern, muss ...

❒ a) die Flüssigkeit Wärme aufnehmen.

❒ b) die Flüssigkeit Wärme abgeben.

❒ c) der Druck in der Flüssigkeit erhöht werden.

❒ d) die Flüssigkeit kondensieren.

5. Welche Aufgabe hat der Wärmetauscher für Heizkondensator?

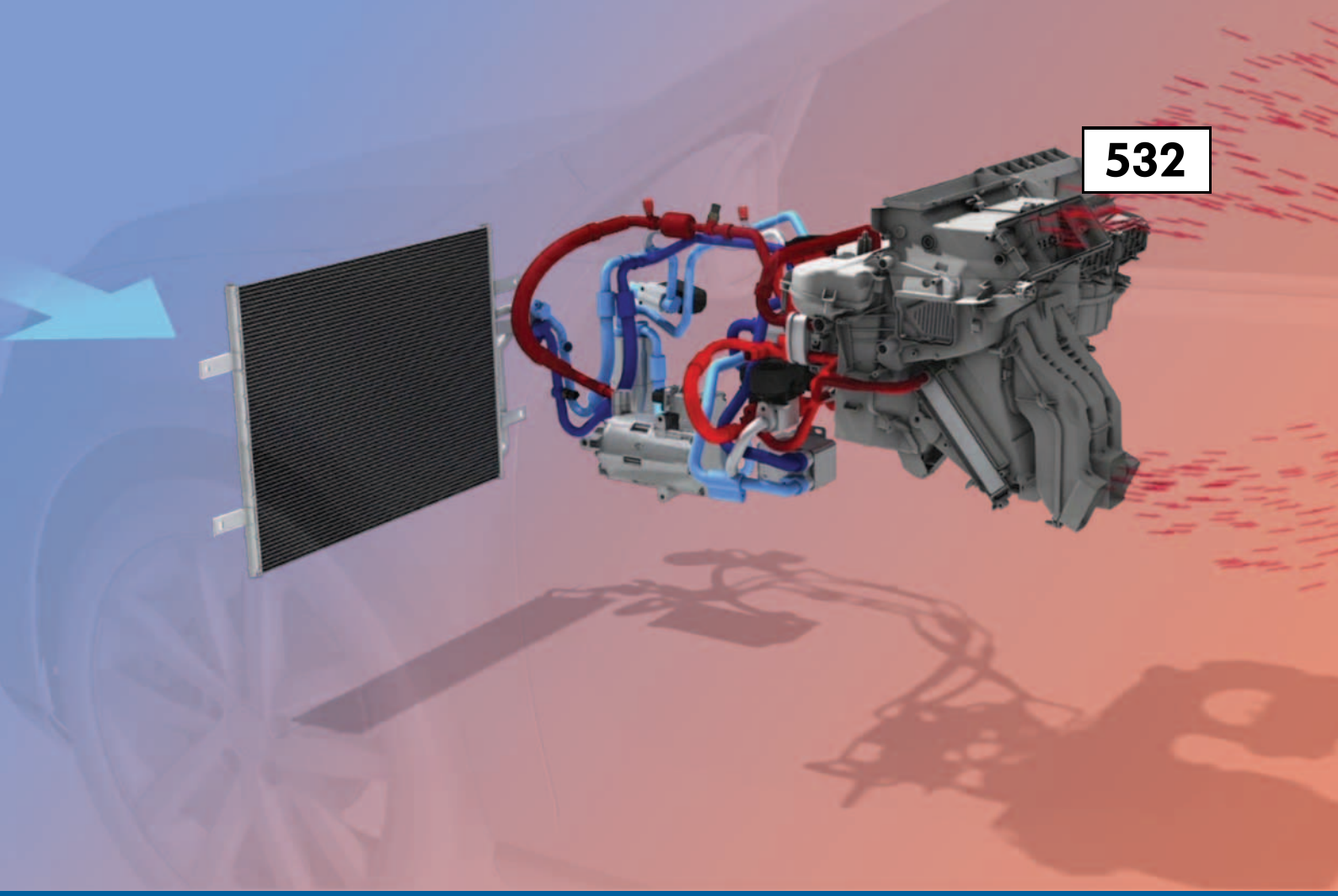
❒ a) Im Wärmetauscher für Heizkondensator nimmt das Kühlmittel Wärme aus dem Kältemittel auf, um damit bei tiefen Außentemperaturen die Leistungs- und Steuerelektronik für Elektroantrieb zu heizen.

❒ b) Im Wärmetauscher für Heizkondensator nimmt das Kältemittel Wärme aus dem Kühlmittel auf, um das Kältemittel zu verdampfen.

❒ c) Im Wärmetauscher für Heizkondensator nimmt das Kältemittel Wärme aus dem Kühlmittel auf, um das Kältemittel zu kondensieren.

❒ d) Der Wärmetauscher für Heizkondensator unterstützt die Fahrzeugheizung bei drohender Beschlagneigung der Frontscheibe, z. B. bei Regen.

Lösung:
1. b), e); 2. a); 3. c); 4. a); 5. b)



© VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg
Alle Rechte sowie technische Änderungen vorbehalten.
000.2812.89.00 Technischer Stand 01/2015

Volkswagen AG
After Sales Qualifizierung
Service Training VSQ-2
Brieffach 1995
D-38436 Wolfsburg

❀ Dieses Papier wurde aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff hergestellt.