

Auch in Zukunft einen kühlen Kopf bewahren

Mit alternativen Antriebskonzepten für heutige und zukünftige Automobile ändern sich die Rahmenbedingungen für die Fahrzeugklimatisierung. Porsche Engineering gewährleistet hierfür ein systemübergreifendes Thermomanagement.



Thermischer Innenraumkomfort

In heutigen Kraftfahrzeugen wird vom Kunden ein angenehmes Temperaturempfinden im Fahrzeuginnenraum erwartet – unabhängig von den Umgebungsbedingungen. Mehrzonige Klimaanlage im Front- und Fondbereich bieten die Möglichkeit einer individuellen, personenbezogenen Klimatisierung und sind, wie etwa beim Porsche Panamera mit der optionalen 4-Zonen-Klimaautomatik, Stand der Technik.

Thermischer Innenraumkomfort beziehungsweise „Behaglichkeit“ lässt sich im Wesentlichen auf das „Fehlen störender Einflüsse“ reduzieren. Diese Einflüsse können subjektiver Natur sein, der Physik unterliegen oder physiologische Aspekte berücksichtigen.

Neben der Erzeugung und Aufrechterhaltung eines behaglichen Fahrzeuginnenraumkomforts durch Kühlen und/oder Heizen hat die Klimatisierung auch gesetzliche und sicherheitsrelevante An-

forderungen zu erfüllen. Dazu zählen die Scheibenenteisung in einer definierten Zeit (zum Beispiel bei einem Kaltstart im Winter) und die Beschlagsfreiheit der Scheiben.

Weiterhin bleibt festzuhalten, dass sich das Reaktions- und Konzentrationsvermögen des Fahrers in schwierigen Situationen verbessert, je höher sein Wohlbefinden ist. Dazu gehören die richtige Temperaturverteilung von Kopf bis Fuß (die sogenannte Schichtung: „kühler Kopf und war-

me Füße“), die Verteilung der Luft, sowie die Luftreinigung und Luftentfeuchtung.

Funktionsweise einer konventionellen Fahrzeugklimaanlage

Im Wesentlichen treten drei Betriebszustände bei der Klimatisierung eines Fahrzeuges auf:

- **Reiner Heizbetrieb:** schnelles Aufheizen des kalten Innenraums im Winter und Scheibenenteisung bei niedrigen Umgebungstemperaturen.
- **Mischbetrieb:** eingeregelter Zustand im Automatikbetrieb („Auto 22 Grad Celsius“). Die zugeführte Frischluft wird erst entfeuchtet und danach wieder temperiert, um beispielsweise die Beschlagsfreiheit der Scheiben gewährleisten zu können. Dieser Mischbetrieb ist in Mitteleuropa aufgrund der vorherrschenden klimatischen Bedingungen der häufigste Betriebszustand einer Klimaanlage.
- **Reiner Kühlbetrieb:** schnelles Herunterkühlen des aufgeheizten Innenraums im Sommer bei höheren Umgebungstemperaturen.

Ein konventionelles Fahrzeugklimatisierungskonzept besteht neben der eigentlichen Klimaanlage aus folgenden zusätzlichen Bestandteilen: einem Kältekreislauf („Kältebereitstellung“) und einem Kühlkreislauf („Wärmebereitstellung“), den Luftführungen mit den Austrittsdüsen, dem Klimabediengerät und der Klimaregelung (mit den entsprechenden elektrischen Bestandteilen wie zum Beispiel Kabelstrang und Sensoren).



Die optionale 4-Zonen-Klimaautomatik des Porsche Panamera ermöglicht eine individuelle, personenbezogene Klimatisierung

Die Klimaregelung ermittelt aus den Umgebungsbedingungen, den Soll-Anforderungen und den Ist-Werten aus dem Fahrzeuginnenraum eine bedarfsgerechte Steuerung der Klimaanlage im Rahmen der drei bereits beschriebenen Betriebszustände. So kann ein individueller Klimakomfort im Fahrzeug erreicht werden, wie dies zum Beispiel bei der 2-Zonen-Klimaautomatik des neuen Porsche 911 möglich ist.

Dieser Ausgangszustand markiert die Kundenanforderungen für zukünftige Klimatisierungskonzepte, unabhängig vom Antriebskonzept des Fahrzeuges.

Einflussfaktoren für Fahrzeugklimatisierungskonzepte

Die Fahrzeugklimatisierung wird von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst. Dazu gehören die Größe des Fahrgastraumes, die Gestaltung der Instrumententafel, die Scheibengröße und der Scheibenwinkel, die zu klimatisierenden thermischen Massen, die Außenaerodynamik oder das Thermomanagement.

All diese Faktoren werden im Fahrzeugentwicklungsprozess bereits vor der Erstellung des Klimatisierungskonzeptes berücksichtigt und überprüft, da ihre jeweiligen Auswirkungen je nach Fahrzeug unterschiedlich groß sein können.

Funktionsweise eines konventionellen Kältekreislaufes

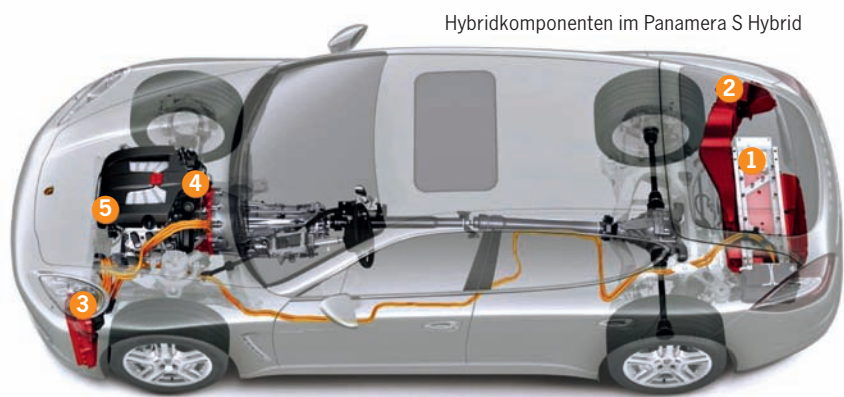
Zu den wesentlichen Bestandteilen einer Klimaanlage gehören der Kälte- und Kühlkreislauf. Während der Kältekreislauf die Energie zum Kühlen bereitstellt, sorgt der Kühlkreislauf des Verbrennungsmotors für die Energie zum Heizen des Fahrzeuginnenraums.

Im Kältekreislauf zirkuliert das Kältemittel, das vom Kompressor angesaugt wird. Dieser Kreislauf wird in zwei Bereiche aufgeteilt: einen Hochdruck- und einen Niederdruckbereich. Im Kompressor wird das gasförmige Kältemittel durch Verdichtung erhitzt und unter Hochdruck durch den Kondensator geleitet. Hier wird dem gasförmig-heißen Kältemittel Wärme entzogen, wodurch es sich verflüssigt.

Im Anschluss gelangt das Kältemittel in den Trockner/Sammler. Um die Kältekreislaufkomponenten vor Beschädigungen zu schützen, werden im Trockner Verunreinigungen und Wasser abgeschieden. Vom Trockner gelangt das Kältemittel zum Expansionsventil und tritt überwiegend flüssig in den Verdampfer ein. Dort verdampft es, weil Wärme aufgenommen wird. Durch den Wärmeentzug der Umgebung findet eine Abkühlung und Entfeuchtung der Luft statt. Das beim Entfeuchten der Luft anfallende Kondensat wird über Schläuche abgeführt. An Tagen mit hoher Luftfeuchtigkeit kann dieses Kondensat in Form einer Pfütze unter dem Fahrzeug sichtbar sein. Über die Niederdruckseite wird das gasförmige Kältemittel zurück zum Kompressor gesaugt und der Kreislauf beginnt erneut.

Herausforderungen der Zukunft

Bei konventionellen Antriebskonzepten steht durch den Verbrennungsmotor quasi „kostenlos“ ausreichend Energie in Form von „Abwärme“ zur Innenraumtemperierung zur Verfügung. Bei alternativen Antriebskonzepten wie zum Beispiel bei Elektrofahrzeugen muss diese Wärmeenergie jedoch zusätzlich erzeugt werden. Der Wirkungsgrad der elektrischen Einzelkomponenten ist bei elektrischen Fahrzeugen deutlich höher als bei einem Verbrennungsmotor. Die bei elektrischen Fahrzeugantrieben fehlende Wärmeenergie muss daher zusätzlich elektrisch erzeugt werden, was wiederum die für die Fortbewegung zur Verfügung stehende Energie reduziert. Die Herausforderung besteht nun darin, den Fahrzeuginnenraum mit möglichst wenig Energieaufwand zu temperieren, um die



1. Hochvolt-Nickel-Metallhydrid-Batterie
2. Zuluftkanal
3. Leistungselektronik
4. Hybridmodul
5. 3,0-Liter-V6-Kompressormotor

Fahrzeugsreichweite so wenig wie möglich zu beeinträchtigen.

Hybridisierung

Bei einem Hybridantrieb wird ein konventioneller Verbrennungsmotor von einer E-Maschine unterstützt. Die elektrische Energie wird in einer Batterie gespeichert, die zusätzlich gekühlt werden muss. Beim Panamera S Hybrid wird die Hochvolt-Nickel-Metallhydrid-Batterie luftseitig gekühlt. Die Herausforderung beim Klimatisierungsmanagement eines Fahrzeuges mit Hybridantrieb liegt in der zusätzlichen Kühlung der Elektrikkomponenten wie zum Beispiel Batterie, Leistungselektronik und E-Maschine. Da Hybridantriebe meist auch über eine Start-Stopp-Funktion verfügen und auch eine gewisse Strecke rein elektrisch zurücklegen können, muss das Klimatisierungskonzept auch auf den Betrieb ohne Verbrennungsmotor ausgelegt werden.

Dies bedeutet, dass Komponenten des Kälte- und Kühlkreislaufes, wie zum Beispiel der Kompressor, elektrisch angetrieben werden müssen und nicht mehr

Hybridkomponenten im Panamera S Hybrid

mechanisch an den Verbrennungsmotor gekoppelt werden können, um die Klimatisierung beispielsweise auch während eines Ampelstopps sicherstellen zu können.

Möglich wird dies durch spezielle Verdampfer, welche die Kälteenergie für gewisse Zeit speichern (Speicherverdampfer), und durch Hochvolt-PTCs zum elektrischen Heizen. Zusätzlich zählt die schnelle Aufwärmung des Antriebsstrangs zur Reduzierung von Kraftstoffverbrauch und Emissionen zu einer wesentlichen Herausforderung des Klima- und Thermomanagements.

Elektrofahrzeuge

Elektrofahrzeuge – wie das Forschungsfahrzeug Porsche Boxster E – verwenden im Antriebsstrang Batterien, die ein Temperaturfenster von circa 20 bis 30 Grad Celsius benötigen. Nur dann kann eine optimale Funktion gewährleistet und ein frühzeitiger „Alterungsprozess“ vermieden werden. Hierfür müssen die Akkus jedoch nicht nur gekühlt, sondern je nach Umgebungstemperatur auch beheizt werden.

Die bei Hybridantrieben meist verwendete Luftkühlung reicht für diese Anforderungen nicht mehr aus und muss durch Flüssigkühlungen mit entsprechendem Kälte- oder Kühlmittel ersetzt werden. Das Klima- und Thermomanagement wird dadurch komplexer und führt zu neuen Konzepten.

Ziel bei den Überlegungen zu neuen Konzepten ist es, den im Fahrzeug benötigten Heizleistungsbedarf zu reduzieren. Potential bieten dabei verbesserte Isolierungen und damit die Verringerung der thermischen Verluste über Karosserie und Fenster sowie eine Reduzierung der aufzuheizenden Massen im Fahrzeuginnenraum.

Innovative Lösungen

Als Option für neue Klimatisierungskonzepte wird bei Porsche Engineering intensiv über die Verwendung von Zuheizsystemen (wie zum Beispiel Wärmepumpen, elektrische Zuheizler, Brennstoffzuheizler) und eine bedarfsgerechte Klimatisierung in Abhängigkeit von der Sitzplatzbelegung nachgedacht. Weitere Untersuchungsschwerpunkte sind die Verwendung von thermischen Speichersystemen, die Vorkonditionierung des Fahrzeuginnenraums während des Ladevorgangs an einer Steckdose oder die Verwendung von Direkt- und Flächenheizung bei Sitz- und Lenkradheizungen.

Bereits in der Konzeptphase wird entschieden, mit welchem Kühlmedium und auf welche Art und Weise gekühlt und beheizt werden soll. Hierzu hat Porsche Engineering eigens ein Thermal-Simulationstool entwickelt und durch Versuche



Batterien wie im Forschungsfahrzeug Boxster E müssen nicht nur gekühlt, sondern je nach Umgebungstemperatur auch beheizt werden

validiert. Damit kann bei vorgegebenen Leistungsdaten, Kühl- und Wärmebedarfen und Fahrprofilanforderungen bereits in einem frühen Stadium der Fahrzeugentwicklung das optimale Klimatisierungs- und Thermomanagementkonzept erarbeitet und festgelegt werden.

Fazit: Herausforderungen und Lösungen

Das Thermo- und Klimatisierungsmanagement spielt bei der Auslegung von Hybrid- und Elektrofahrzeugen eine bedeutende Rolle, weil die zur Verfügung stehenden Wärmequellen mit zunehmender Elektrifizierung des Antriebsstrangs stetig abnehmen. Das erschwert oder verhindert die heute übliche (kostenlose) Zweitverwertung der Motorabwärme.

Auch eine effektivere Nutzung der erwärmten oder abgekühlten Luft im Innenraum, eine bessere Isolierung und weitere fahrzeugseitige Maßnahmen tragen dazu bei, den Energieverbrauch beim Heizen

und Kühlen des Innenraums zu senken. Vergleichbares gilt für die Einbindung der neuen Komponenten in Klimatisierungs- und Thermomanagementkonzepte. Neben dem Kühlen der Batterie zur Verlängerung der Lebensdauer gewinnt die Batterieheizung stark an Bedeutung.

Durch umfassende Erfahrungen im Bereich Elektromobilität aus Eigen- und Fremdentwicklungen sowie durch die Thermomanagementkompetenz aus dem klassischen Sportwagenbau entwickelt Porsche Engineering Lösungen für diese Herausforderungen. Unter Berücksichtigung sämtlicher Entwicklungswerkzeuge, von der Simulation und Berechnung über den Komponentenversuch am Prüfstand bis hin zum Gesamtfahrzeugversuch im Klimawindkanal und auf der Teststrecke, wird bei Porsche Engineering an den Klimatisierungs- und Thermomanagementkonzepten von morgen gearbeitet.

Sebastian Ost, Michael Müller, Patrik Gisch