

Kühlmodul mit neuer Verdunstungskühlung für Brennstoffzellen-Nutzfahrzeuge

Die **optimale Temperatur** innerhalb der Brennstoffzelle ist sehr wichtig für deren **Wirkungsgrad** und **Langlebigkeit**. Bei **circa 70 °C** fühlt sich der Brennstoffzellenantrieb am wohlsten. Aufgrund des im Vergleich zum deutlich heißeren Verbrennungsmotor geringeren Temperaturunterschieds zur Außentemperatur steht das Kühlsystem eines Brennstoffzellenfahrzeugs damit vor einer größeren Herausforderung.

MAHLE betrachtet das Thermomanagement ganzheitlich im System. Die neue **Verdunstungskühlung** von MAHLE nutzt den kühlenden Effekt verdunstenden Wassers, indem Wasser über ein Gitter auf den Kühlmittelkühler gesprüht wird. Das ist so effektiv, dass dadurch **bis zu 50 kW** mehr Kühlleistung im gleichen Bauraum angeboten werden können.

Infolgedessen ist es möglich, die Lüfterleistung zu reduzieren und damit den **Wasserstoffverbrauch um bis zu 1,5 Prozent zu senken**.



Weltneuheit! Bionischer Lüfter

Auf der IAA Transportation 2024 in Hannover präsentiert MAHLE erstmals einen **extrem leisen, bionisch optimierten Hochleistungslüfter**.

Die Ingenieure von MAHLE haben sich bei der Entwicklung dieser Weltneuheit von **Eulenschwingen** inspirieren lassen und lösen damit eine weitere Herausforderung der E-Mobilität: **laute Lüftergeräusche**, die unter **Vollast und auch beim Laden des Fahrzeugs** in der Nacht in Wohngebieten oder an Rasthöfen stören können.

Die Kanten der Lüfterblätter sind den Federn von Greifvögeln nachempfunden, die bekanntlich kaum hörbar unterwegs sind. Damit ist der bionische Lüfter von MAHLE **bis zu 4dB(A) leiser als vergleichbare Lüfter**, das entspricht mehr als einer Halbierung der Schalleistung. Gleichzeitig hat das Gerät einen um **10 Prozent verbesserten Wirkungsgrad** und ein um **10 Prozent reduziertes Gewicht**.



Kühlmittel-zu-Kühlmittel-Kühler für Brennstoffzellensysteme

Die Brennstoffzelle ist **das Herzstück des Brennstoffzellenantriebs**. Sie muss ständig gekühlt werden. Das Kühlmittel darf jedoch **nicht elektrisch leitend** sein, ansonsten wird die Brennstoffzelle irreparabel geschädigt.

Im **Kühlmittel-zu-Kühlmittel-Kühler** von **MAHLE** wird deshalb **die Wärme vom Kühlmittel der Brennstoffzelle auf das Kühlmittel des Antriebsstrangs übertragen**, ohne dass es zu einer Durchmischung kommt, die das Kühlmittel leitfähig machen würde. So kann auch das Volumen des Brennstoffzellenkreislaufs möglichst klein gehalten werden.



Indirekte Wärmeübertrager

Steigender Komfort im Fahrraum und die **Entwicklung neuer Antriebe** führen zu stetig wachsenden Ansprüchen an das Thermomanagement. Gleichzeitig bleibt der dafür **notwendige Bauraum** im Fahrzeug begrenzt.

Die **indirekten Wärmeübertrager von MAHLE** können **bauraumoptimiert** dort installiert werden, wo sie benötigt werden, nämlich an der Stelle, an der sich zwei voneinander entkoppelte Kälte- oder Kühlmittelkreisläufe kreuzen.

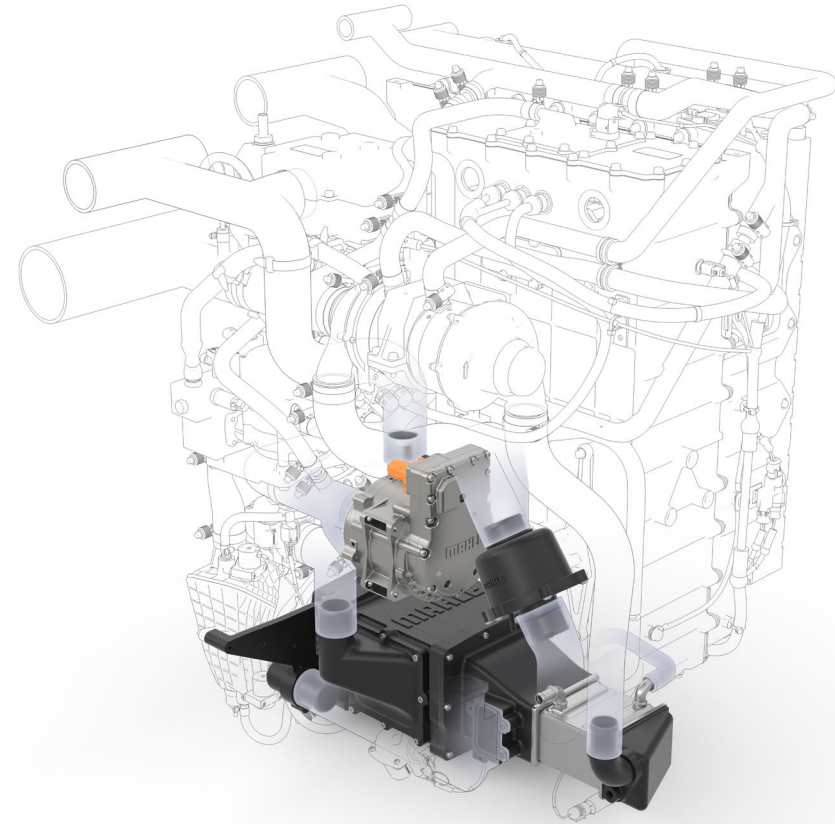
Die **Kühlung erfolgt über die Kühlmittelkühler im Kühlmodul**. Ein weiterer direkter Wärmeübertrager im Modul ist somit nicht mehr nötig. Die Länge der Kühlmittleitungen können so kurz wie möglich und damit die **Menge an Kälte- oder Kühlmittel so gering wie nötig gehalten werden**.



Brennstoffzelle mit MAHLE Peripherie

Die **Brennstoffzelle** ist ein wirksamer Hebel zur **Dekarbonisierung des Nutzfahrzeugverkehrs**. Der Antrieb stellt allerdings höchste technische Anforderungen, insbesondere an dessen Peripherie.

Die Peripherie von MAHLE, bestehend aus **Ladeluftkühler, Flachmembranbefeuchter, Wasserabscheider und Hochvolt-Pumpe**, erhöht die **Effizienz**, schützt die Zelle vor vorzeitiger Alterung und ermöglicht eine höhere Betriebstemperatur. Das Ergebnis: mehr Leistung und ein **verbesserter Wirkungsgrad** – maßgeblich ermöglicht durch einen um 50% reduzierten Druckverlust im Luftpfad der Brennstoffzelle.

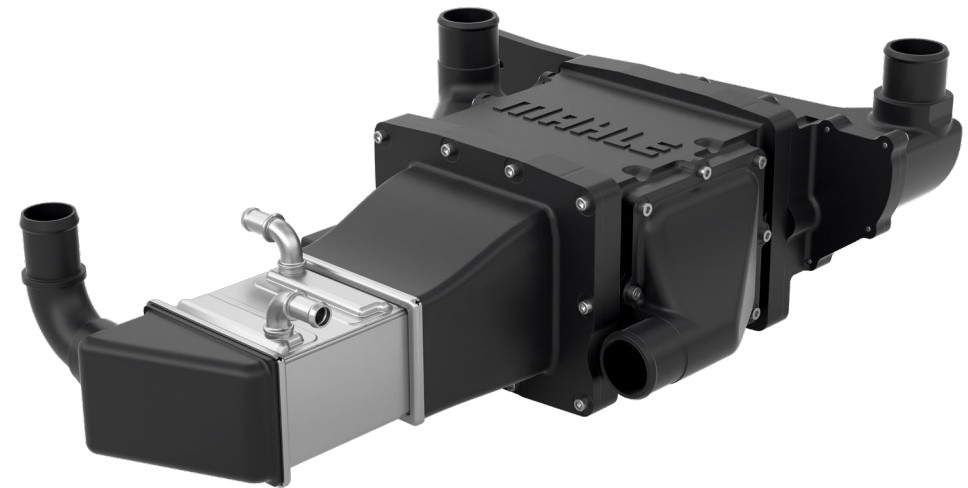


Kathodenmodul für Brennstoffzellen

Brennstoffzellen sind technisch komplex und äußerst empfindlich. Um optimal arbeiten zu können, benötigen sie gleichbleibend exakt temperierte und befeuchtete Luft über die gesamte Lebensdauer.

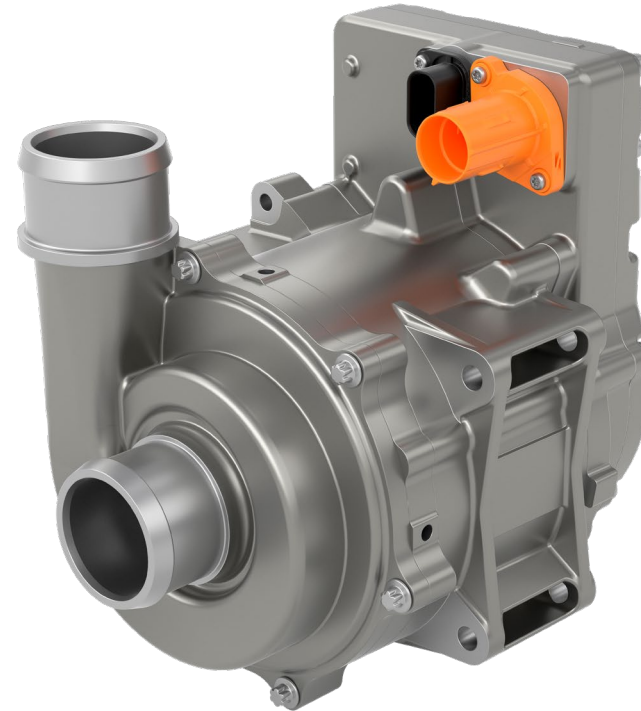
Dafür sorgen Flachmembranbefeuchter, Filter und Ladeluftkühlung. Die MAHLE Entwickler haben alle Akteure in einem **Kathodenmodul** zusammengeführt. Dabei handelt es sich um eine hochintegrierte, systemische Komponente. Das Kathodenmodul ist ein **Paradebeispiel für die Systemkompetenz von MAHLE**. Dieser systemische Ansatz reduziert zudem die Kosten.

Die **Flachmembranbefeuchter** leisten einen besonders wichtigen Beitrag. Eine **zuverlässige Befeuchtung** ist sehr wichtig für den **Wirkungsgrad und gut für die Lebensdauer** einer Brennstoffzelle. Flachmembranbefeuchter **erhöhen damit die Effizienz und schützen die Zelle vor Beschädigungen**. MAHLE entwickelt den Flachmembranbefeuchter gemeinsam mit weiteren Partnern. Das Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.



Hochleistungs-Kühlmittelpumpe für Brennstoffzellenanwendungen

Die Brennstoffzelle **bedarf einer hohen Kühlleistung**. Die 800 V Hochleistungs-Kühlmittelpumpe von MAHLE schafft **bis zu 2,5 kW Leistung und kann mit 2,5 bar 300 Liter Kühlmittel in der Minute** fördern. Vereinfacht gesagt: Die Pumpe könnte zwei in 25 Meter Höhe befindliche Badewannen in einer Minute füllen. Die **5 kW Variante sogar bis 500 Liter in der Minute**. Dabei darf es nicht mit Ionen verunreinigt werden, um eine unerwünschte elektrische Leitfähigkeit des Kühlmittels zu verhindern.



Wasserabscheider

Der **Luftverdichter** im Brennstoffzellensystem muss vor Tropfenschlag aus der Brennstoffzellenabluft **geschützt werden**. Vor dem Expander muss die Abluft der Brennstoffzelle, also Luft und das entstandene Wasser, deshalb effektiv von Tröpfchen befreit werden.

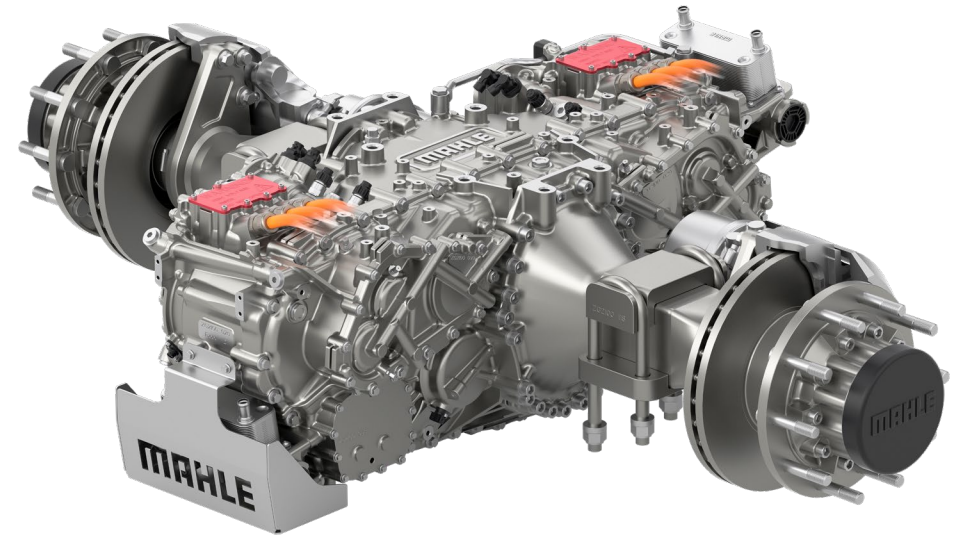
Der Wasserabscheider von MAHLE nutzt hierfür deren Trägheit: Die Luft wird in einem Rotor beschleunigt und das Wasser über die Fliehkräfte abgetrennt.



MAHLE E-Achse für Schwerlastanwendungen

Die E-Achse von MAHLE ist ein Technologie-Demonstrator, mit dem MAHLE seine Systemkompetenz für die Elektrifizierung von Schwerlastnutzfahrzeugen zeigt. In die E-Achse integriert sind zwei MAHLE **SCT E-Motoren** mit insgesamt **520 kW Spitzenleistung und 480 kW Dauerleistung** sowie das dazu gehörige **Liquid Management**. Es arbeitet höchst effizient und mit geringstem Druckverlust.

Sowohl die SCT E-Motoren als auch das SCT Liquid Management Modul sind **serienreif** entwickelt.



SCT E-Motor – Der Dauerläufer von MAHLE

Mit dem SCT E-Motor (Super Continuous Torque) stellte MAHLE 2022 eine **echte Weltneuheit** vor. Der am Markt einzigartige Traktionsmotor kann **unbegrenzt lange mit hoher Leistung arbeiten** und stellt erstmals eine **vollwertige Alternative** zum Verbrennungsmotor dar. Seine **hohe Dauerleistung und Wirkungsgrade** machen ihn zum idealen elektrischen Antrieb für den Schwerlastverkehr in rein elektrischen Trucks und in Brennstoffzellenanwendungen.

Möglich machte diesen Technologiesprung ein **neues Kühlkonzept**. Der neue E-Motor ist unerreicht **klein, leicht und effizient** und kann auf Kundenwunsch auch **ohne den Einsatz Seltener Erden** gebaut werden.

Der SCT E-Motor ist für Pkw, Nutzfahrzeuge, Baumaschinen und Traktoren geeignet.

Das SCT-Prinzip kann zudem mit dem Prinzip des MCT E-Motors (Magnet-free Contactless Transmitter) kombiniert werden:
Ein perfekter Match!



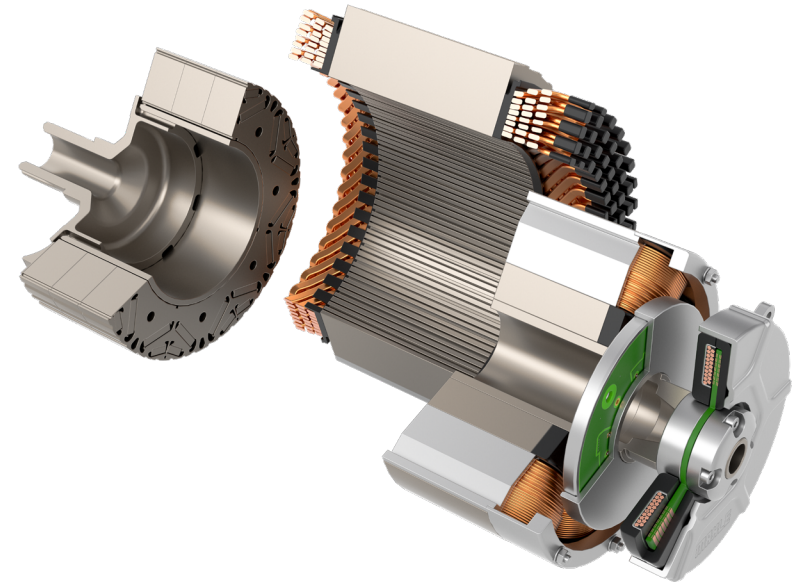
Technologiebaukasten für E-Motor – Der perfekte E-Motor

MAHLE ist es gelungen, in den vergangenen zwei Jahren **zwei Benchmark-Technologien für E-Motoren** zu entwickeln.

Erstmals ist jetzt die Kombination der MCT- (Magnet-free Contactless Transmitter) und SCT- (Superior Continuous Torque) Technologien möglich.

Das Ergebnis: ein **einzigartiger Baukasten für E-Motoren**, der maßgeschneiderte Lösungen für unsere Kunden ermöglicht.

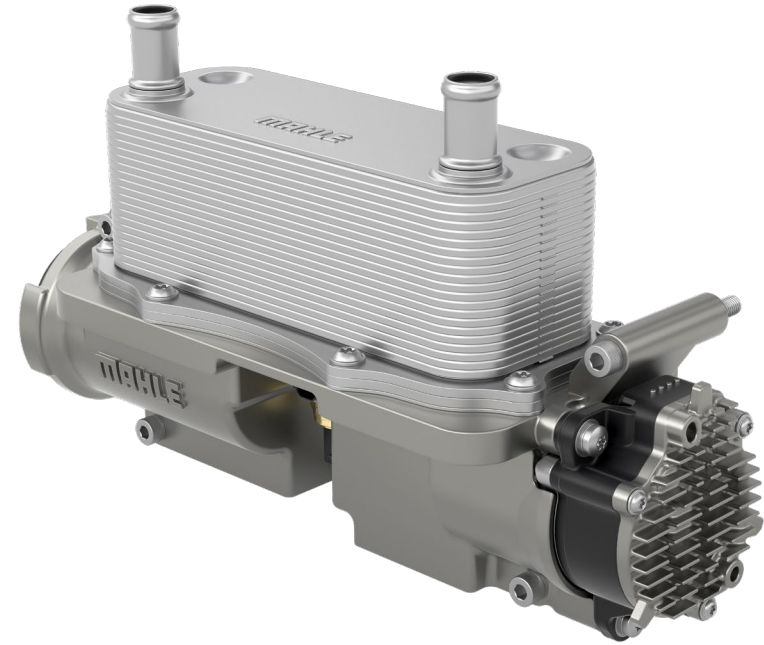
Der perfekte E-Motor mit den kombinierten Technologien vereint **dauerhaft hohe Spitzenleistung** mit einer **kontaktlosen, verschleißfreien Kraftübertragung**. Er **verzichtet auf Seltene Erden** und zeigt **höchste Effizienz** in allen Betriebspunkten.



Liquid Management Modul

Die E-Motoren sind die eigentlichen Kraftpakete im Fahrzeug. Sie müssen vor Überhitzung geschützt werden. Das **Liquid Management Modul** von MAHLE ist eine **hochintegrierte, äußerst kompakte Komponente** für genau diese wichtige Aufgabe.

In einem Wärmeübertrager wird die Wärme vom Öl auf den Kühlmittelkreislauf übertragen. Der Ölfilter und die Ölpumpe sind im Modul bereits **integriert**.



Elektrische Ölpumpen-Familie

Egal ob rein batterieelektrische Antriebe, hybride Antriebsformen oder Brennstoffzellenantriebe: MAHLE bietet für jede Anwendung die passende elektrische Ölpumpe.

Die **Ölpumpen-Familie von MAHLE** ist in der Leistung wie auch in der **Anzahl der Saug- und Druckstufen skalierbar**: So sind Leistungen von bis zu 250 Watt möglich. MAHLE bietet wahlweise **12V- und 24V-Systeme** (48V auf Anfrage) an.

Über LIN- oder CAN-Schnittstelle angesteuert, **deckt die Produktfamilie alle typischen Anforderungen von E-Antriebsachsen** ab und bietet darüber hinaus neue Funktionen wie die Messung der Medientemperatur oder die Berechnung von Volumenstrom und Druck an. Die Pumpe lässt sich bei Bedarf individuell an die jeweiligen Kundenwünsche anpassen.

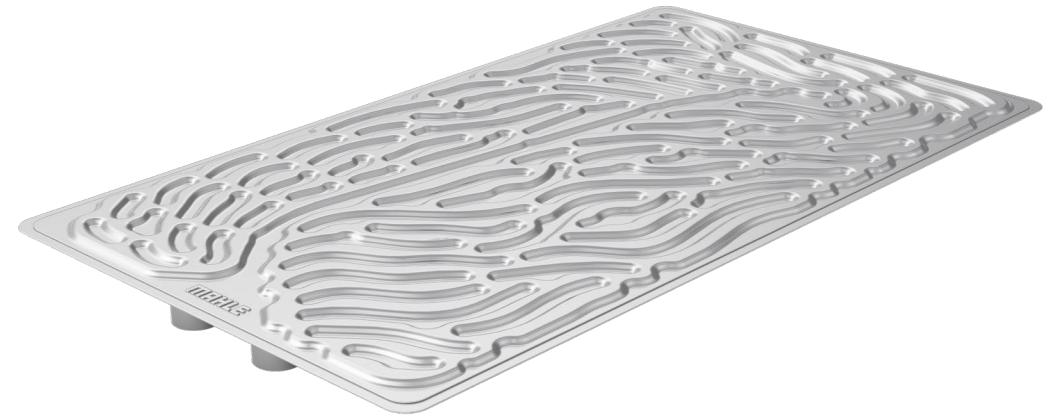


Bionische Batteriekühlplatte

Seit weit über einem Jahrzehnt entwickelt MAHLE Systeme für die Kühlung von Lithium-Ionen-Batterien und ist damit einer der Pioniere in diesem Technologiefeld.

Die bionische **Batteriekühlplatte von MAHLE** hält die **Lithium-Ionen-Batterie jederzeit im optimalen Temperaturfenster** zwischen 10 bis maximal 40 °C. Innerhalb der Kühlplatte fließt das Kühlmittel in Fluid-Kanälen.

Bei dieser Innovation, die MAHLE 2023 erstmals präsentiert hat, imitiert das Kanaldesign **Strömungsmuster, wie** man sie **in der Natur** findet. Das **reduziert den Druckverlust** um bis zu 20 Prozent und **erhöht gleichzeitig die Kühlleistung** um 10 Prozent. Zudem ermöglicht sie schnelleres Laden der Batterie und hilft, die Lebensdauer der Batterie zu verlängern.



800-Volt-PTC-Heizer

Bei batterieelektrischen Fahrzeugen fehlt die Wärme des Verbrennungsmotors für die Innenraumheizung in der kalten Jahreszeit.

Oft kann hier eine hocheffiziente Wärmepumpe für einen angenehmen Innenraumkomfort sorgen. Doch hin und wieder muss auch elektrisch zugeheizt werden.

Der **800-Volt-PTC-Heizer von MAHLE** erwärmt direkt die **Innenraumluft**. Das geht **schnell** und **hocheffizient**, mit bis zu **acht Kilowatt Heizleistung**.



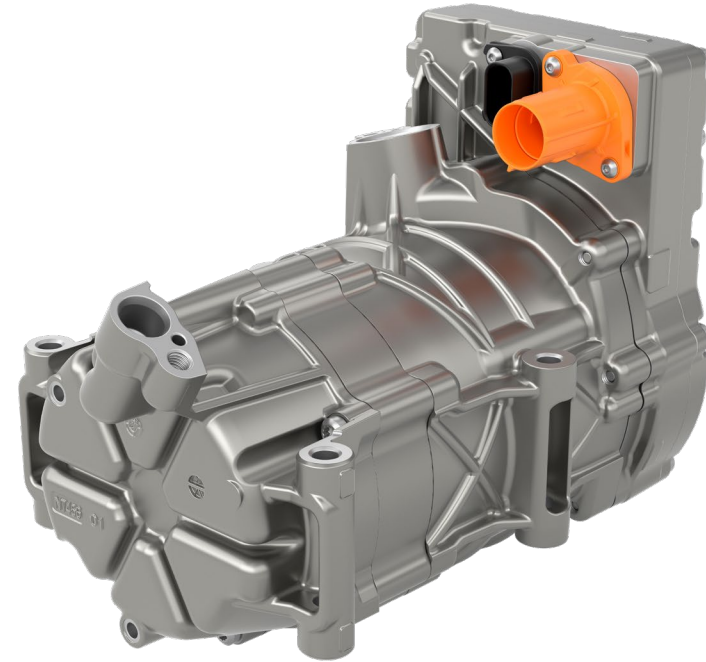
800-Volt-E-Kompressor

Der **E-Kompressor** ist wichtig für die Temperierung des E-Antriebs und damit **entscheidend für die Lebensdauer, hohe Ladegeschwindigkeit und Reichweite der Batterie.**

Darüber hinaus sorgt er für einen **hohen Innenraumkomfort** und eine **angenehme Innenraumakustik.**

MAHLE bietet seinen **extrem kompakten Hochvolt-Kompressor** aktuell in **800 V Spannungslagen, Hubräumen bis zu 57 Kubikzentimetern und Leistungen bis zu 18 Kilowatt** an.

Durch sein kompaktes Design, verbunden mit seiner hohen Leistung, ist er damit **in allen Fahrzeugklassen einsetzbar – vom Pkw bis hin zu schweren Nutzfahrzeugen.**

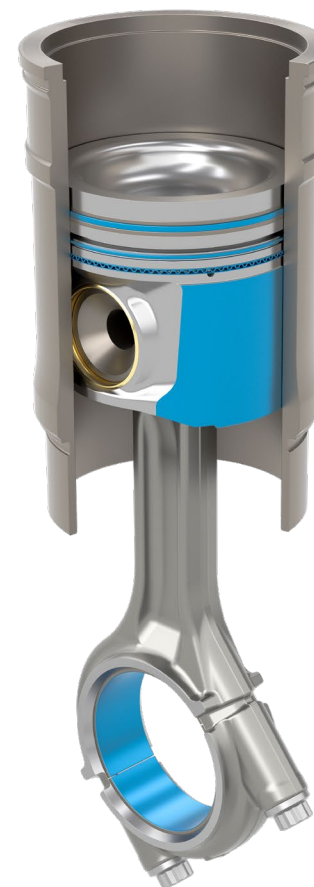


Wasserstoff-Powercell-Unit

Seine **Expertise für Verbrennungsmotoren** nutzt MAHLE dafür, die Komponenten für diese klassische Antriebsform **fit für den Einsatz von Wasserstoff** und damit für einen klimaneutralen Betrieb zu machen.

Über 100 Jahre Erfahrung fließen bei MAHLE in die Entwicklung und Serienfertigung seiner **Wasserstoffmotorkomponenten**, um diesen kohlenstofffreien Kraftstoff **hocheffizient** und mit einer **langen Lebensdauer** nutzen zu können.

Die Powercell-Unit **reduziert den Ölverbrauch** und den so genannten **Blow-By**, also die geringfügige Leckage von Wasserstoff ins Kurbelgehäuse, auf ein Minimum. Sie garantiert damit einen **robusten und störungsfreien Betrieb**.



Hochdruck-Impaktor

Während der Verbrennung im Zylinder gelangt immer ein kleiner Teil der Verbrennungsgase in das Kurbelgehäuse, das so genannte Blow-By-Gas.

Der **Hochdruck-Impaktor spült das Kurbelgehäuse aktiv mit Luft** und verhindert so, dass sich hier alternative Kraftstoffe (z.B. Wasserstoff) zündfähig anreichern können.



Gesinterter Wasserstofffilter

Egal ob der **erneuerbare Kraftstoff Wasserstoff** in Brennstoffzellen oder in Verbrennungsmotoren zum Einsatz kommt: Er muss **frei von Schadpartikeln** sein, bevor er in die kritischen Bereiche des Antriebs gelangt.

Ursache für solche unerwünschten Verschmutzungen kann beispielsweise Restschmutz in den Leitungssystemen oder im H₂-Tank sein. **Der gesinterter Wasserstofffilter aus Edelstahl von MAHLE reinigt** den Kraftstoff zwischen Wasserstofftank und **Motor bzw. Brennstoffzelle** mit einer **sehr hohen Abscheidungsgüte**. Der Sinterprozess erlaubt es dabei, den Filter in nur einem Schritt passgenau für jede Anwendung herzustellen.

