

**MAHLE**

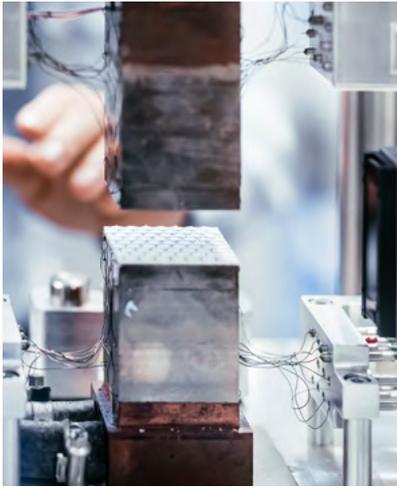


We shape  
future mobility

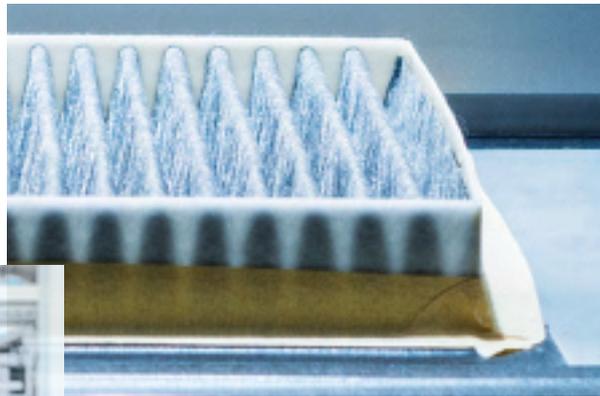




1.



2.



3.



4.



5.



6.

# Inhalt

Die Mobilität der Zukunft	4
MAHLE vor Ort	6
MAHLE Produktportfolio	8
Kompetenz mit System	10

## 1. E-Mobilität

Elektrisierende Vielfalt	12
Die Spannung steigt	15
Produkthighlights: Unter Strom	17
Haltbares Multitalent	18
Wichtige Winzlinge – Aktuatoren fürs Auto	20
chargeBIG – die MAHLE Lösung für intelligente Ladeinfrastruktur	21

## 2. Thermomanagement

Idealtemperatur	22
Produkthighlights: Die Temperaturregler von MAHLE	25

## 3. Filtration

Reinste Luft	28
Filter gegen die Pandemie	31
OzonePRO	31

## 4. Konventionelle Antriebe

„E-Fuel ready“	32
Produkthighlights: Leicht und vielseitig	35
Nachhaltig in die Zukunft	36
Schicht um Schicht ins Dreidimensionale	37

## 5. Brennstoffzelle

Ein Element, viele Möglichkeiten	38
Härteprobe	41
Die Peripherie entscheidet	42

## 6. Urbane Mobilität

Wie smart ist das denn?	44
Alles im Rahmen	46
Voll vernetzt	47
Produkthighlights: Fahrräder mit E-Antrieb	48
Auffällig unauffällig	50
Scooter und Utility Vehicles	51

Entwicklungsexperten – MAHLE Powertrain	52
MAHLE Motorsport	54
Roadmap Zero CO <sub>2</sub>	56
Nachhaltigkeit bei MAHLE	58

MAHLE ist ein international führender Entwicklungspartner und Zulieferer der Automobilindustrie. Der Technologiekonzern ist heute in den Bereichen Antriebstechnologie und Thermomanagement mit einem klaren Fokus auf die Zukunftsthemen der Mobilität breit aufgestellt. Im Rahmen seiner dualen Strategie arbeitet MAHLE sowohl am intelligenten Verbrennungsmotor unter Verwendung von Wasserstoff und anderen nichtfossilen Kraftstoffen als auch an Technologien, die der Brennstoffzelle und der Elektromobilität zu einer breiten Akzeptanz in den Märkten verhelfen. Das Produktportfolio des 1920 gegründeten Unternehmens deckt alle wichtigen Bereiche entlang des Antriebsstrangs und der Klimatechnik ab. Jedes zweite Fahrzeug weltweit ist heute mit MAHLE Komponenten ausgestattet. #weshapefuturemobility

MAHLE hat im Jahr 2020 einen Umsatz von rund 9,8 Milliarden Euro erwirtschaftet und ist mit mehr als 72.000 Beschäftigten an 160 Produktionsstandorten und zwölf großen Forschungs- und Entwicklungszentren in mehr als 30 Ländern vertreten (Stand: 31.12.2020).



**Michael Frick**

Vorsitzender der Konzern-  
Geschäftsführung (ad interim)

## Liebe Leserinnen und Leser,

in einer Zeit, in der die Welt stillstand, haben wir erfahren, wie wichtig Mobilität für uns ist. Es gehört zu den Grundfesten unserer weltoffenen Gesellschaft, Menschen zusammenzubringen und Waren zu transportieren. Zugleich sind die Themen Nachhaltigkeit, Klimaschutz, soziale Verantwortung und Diversität noch stärker ins Blickfeld gerückt. Die Mobilitäts- und Transportwelt von morgen wird vielfältig und klimafreundlich sein.

MAHLE ist seit Jahrzehnten verlässlicher Entwicklungs- und Technologiepartner der Automobilindustrie und hat mit zahlreichen Innovationen die Mobilität im Pkw- und Nutzfahrzeugsektor in allen großen Märkten maßgeblich mitgestaltet. In jedem zweiten Fahrzeug weltweit sind heute MAHLE Komponenten verbaut. Gerade mit Blick auf die Ziele des Pariser Klimaabkommens, zu denen wir uns uneingeschränkt bekennen, nimmt unser Konzern eine wichtige Rolle ein. Klimaschutz ist unser Anspruch. MAHLE Technologien sind Schlüsselkomponenten für die weltweit effizientesten, saubersten und sparsamsten Antriebe. Wir gehören hier zu den Weltmarktführern, wie auch in Sachen Thermomanagement und Filtertechnologie. Unsere Bike-Antriebe sind effizient vernetzt und so schlank, dass sie ein E-Bike aussehen lassen wie ein herkömmliches Fahrrad. Inzwischen rüsten wir weltweit mehr als 40 E-Bike-Hersteller aus.

Mehr als 60 Prozent des Umsatzes erzielt MAHLE heute mit Produkten, die unabhängig vom Pkw-Verbrenner sind. Tendenz weiter steigend. Der Fokus liegt dabei auf einem Dreiklang nachhaltiger Antriebe aus E-Motor, Brennstoffzelle und Verbrennern, die mit nichtfossilen Kraftstoffen betrieben werden. Unser Anspruch gilt nicht nur für unsere Produkte, sondern auch für uns als Konzern. Bis 2040 wollen wir überall auf der Welt klimaneutral sein. Noch im Jahr 2021 wird MAHLE seine Produktionsstandorte in Deutschland auf CO<sub>2</sub>-Neutralität umstellen.

Den Pioniergeist der Gebrüder Mahle, die MAHLE vor über 100 Jahren gründeten, haben wir uns erhalten. Er leitet uns bei der Entwicklung wegweisender Ideen für eine umweltgerechte, klimaneutrale Mobilität. Einige davon haben wir Ihnen in dieser Broschüre zusammengestellt. Ich wünsche eine anregende Lektüre!

Michael Frick

# Die Mobilität der Zukunft

*Wie werden wir uns morgen bewegen? Auf welche Weise werden wir Güter transportieren? Klar ist: Unsere zukünftige Mobilitäts- und Transportwelt wird CO<sub>2</sub>-neutral sein. Diskutiert wird allerdings, welche Wege dorthin führen. Im Interview bezieht Dr. Martin Berger Stellung. Der Leiter der MAHLE Konzernforschung und Vorausentwicklung ist davon überzeugt: Es gibt nicht den einen Weg, sondern wir brauchen eine Vielfalt an technischen Lösungen – weil es eine Vielfalt an Bedürfnissen gibt.*

**Herr Dr. Berger, derzeit sorgt MAHLE mit einem neuartigen magnetfreien Elektromotor für Aufsehen, der ohne Seltene Erden auskommt. Setzt MAHLE jetzt alles auf die E-Mobilität?**

Elektromotoren werden ein entscheidender Baustein in einer CO<sub>2</sub>-neutralen Mobilitätswelt der Zukunft sein. Denn mithilfe elektrischer Traktionsmotoren lassen sich sowohl rein batterieelektrische Fahrzeuge als auch Personenkraftwagen, Busse oder Trucks mit Wasserstoff und Brennstoffzelle antreiben. Deswegen richten wir unser Augenmerk zu einem großen Teil auf dieses Technologiefeld. Zugleich sind wir aber auch der Ansicht, dass die Fokussierung auf den E-Antrieb alleine nicht alle Herausforderungen lösen wird, die vor uns liegen.

**Wie genau meinen Sie das?**

Zum einen gibt es eine Vielzahl an Technikbereichen, die unabhängig von der Antriebsart weiterentwickelt werden müssen. Nehmen wir zum Beispiel das Thermomanagement: Das ist nicht nur für Verbrennungsmotoren wichtig, sondern auch für das Schnellladen von Elektrofahrzeugen. Man muss dazu wissen: Für den Erfolg der E-Mobilität ist das Schnellladen entscheidend, weil damit auch kleinere Akkugrößen

alltagstauglicher werden. Aber beim Schnellladen entsteht auch viel Wärme. Um diese Wärme aus dem System herauszubekommen, arbeitet MAHLE an der sogenannten Immersionskühlung. Das ist eine Tauchkühlung, bei der die Batteriezellen direkt in einem nicht leitfähigen Liquid gelagert



werden. Das ist aber nur ein Beispiel. Wir entwickeln auch neue Lösungen in der Aktuatorik, im Bereich der Filtration und im Leichtbau. Gleichzeitig setzen wir unser Know-how für neue Mobilitätsformen ein, etwa für die smarte Mobilität in urbanen Räumen. Und nicht zuletzt entwickeln wir auch den Verbrennungsmotor weiter.

#### **Warum spielt der weiterhin eine wichtige Rolle?**

Weil kein Weg an synthetischen Kraftstoffen vorbeiführt, wenn wir es mit den Klimazielen im Verkehrssektor ernst meinen. Auch wenn es Nachteile beim Wirkungsgrad gibt: Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor sind eben auch klimaneutral, wenn sie mit aus erneuerbarem Strom hergestellten E-Kraftstoffen betrieben werden. Der zeitlich gesehen größte Vorteil von synthetisch hergestellten Otto- oder Dieselmotoren besteht darin, dass wir sie direkt dem bestehenden Kraftstoffsystem beimischen können. Mit dem klimafreundlichen Kraftstoff kommen wir in diesem Fall sozusagen rückwärts in die Bestandsflotten. Damit können wir übrigens sofort anfangen und erreichen unmittelbar nahezu den gesamten Fahrzeugbestand weltweit – mit entsprechend hoher Hebelwirkung, was die Klimabilanz angeht.

#### **Kommen wir zurück zum bereits angesprochenen magnetfreien Elektromotor. Warum ist dieser ein Meilenstein für MAHLE?**

Man kann unseren magnetfreien Traktionsmotor durchaus als Durchbruch bezeichnen, denn er verbindet gleich mehrere Vorteile, die bislang nicht in einem Produkt dieser Art zusammengebracht werden konnten. Zum einen kommt er ohne Seltene Erden aus – das macht die Herstellung nicht nur umweltverträglicher, sondern bringt auch Vorteile bei Kosten und Rohstoffsicherheit. Zum anderen ermöglicht die neue E-Maschine die induktive und damit kontaktlose Übertragung der elektrischen Ströme zwischen den rotierenden und stehenden Teilen im Inneren des Motors. Auf diese Weise arbeitet der Motor verschleißfrei und speziell bei hohen Drehzahlen besonders effizient.



Wir setzen unser Know-how für neue Mobilitätsformen ein, etwa für die smarte Mobilität in urbanen Räumen.

**Dr. Martin Berger**

Leiter der MAHLE Konzernforschung und Voraufwicklung

#### **Können Sie das auch in Zahlen ausdrücken?**

Der Wirkungsgrad beträgt in den meistgenutzten Fahrzeugzuständen des Antriebssystems mehr als 95 Prozent. Das ist ein Wert, wie ihn bislang nur Formel-E-Rennwagen erreichen. Mit dem neuen magnetfreien Motor ist es uns gelungen, die Stärken verschiedener E-Motoren-Konzepte in einem Produkt zu vereinen. Hinzu kommt: Die Neuentwicklung ist einfach skalierbar und kann daher vom Kleinwagen bis zum Nutzfahrzeug eingesetzt werden.

#### **Apropos Nutzfahrzeug: Hier bietet sich die mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzelle als Alternative zur Batterie an, vor allem auf Langstrecken. Wie steht MAHLE zu dieser Technologie?**

Der Brennstoffzellenantrieb ist ein weiterer wichtiger Technologiepfad auf dem Weg in eine CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilitäts- und Transportwelt. Mit unserem Projekthaus Wasserstoff wollen wir auch diesem Zukunftsantrieb zum Durchbruch verhelfen. Für MAHLE steht dabei die Systemperipherie rund um den eigentlichen Brennstoffzellen-Stack im Vordergrund, vom Thermomanagement bis hin zu Filtration und Befeuchtung. Mit dem Aufbau einer Wasserstoff-Testinfrastruktur in Stuttgart bieten wir uns zudem als Entwicklungspartner an – übrigens auch, wenn es um die direkte Verbrennung von Wasserstoff im Lkw-Motor geht.

# MAHLE vor Ort

*Rund 160 Produktionsstandorte  
12 große Forschungs- und Entwicklungszentren  
Mehr als 72.000 Beschäftigte\**

## Große Forschungs- und Entwicklungszentren

### Europa

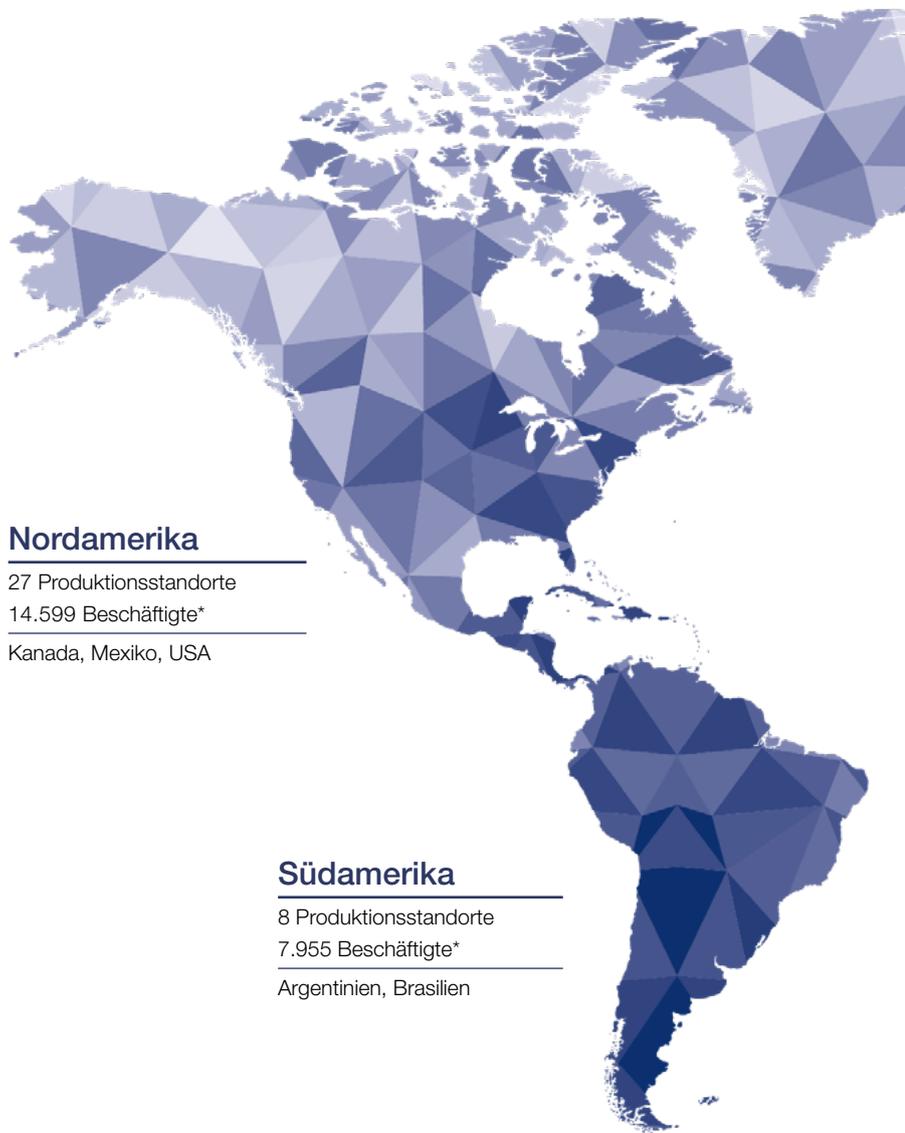
Northampton/Großbritannien  
Šempeter pri Gorici/Slowenien  
Stuttgart – Bad Cannstatt/Deutschland  
Stuttgart – Feuerbach/Deutschland  
Valencia/Spanien

### Nord-/Südamerika

Buffalo/USA (Amherst, Lockport)  
Detroit/USA (Farmington Hills, Troy)  
São Paulo – Jundiá/Brasilien

### Asien/Pazifik

Pune/Indien  
Shanghai/China  
Numazu/Japan  
Tokio/Japan (Okegawa, Kawagoe)



### Nordamerika

27 Produktionsstandorte  
14.599 Beschäftigte\*  
Kanada, Mexiko, USA

### Südamerika

8 Produktionsstandorte  
7.955 Beschäftigte\*  
Argentinien, Brasilien

## Europa

---

65 Produktionsstandorte

33.009 Beschäftigte\*

---

Belarus, Bosnien und Herzegowina,  
Deutschland, Frankreich, Großbritannien,  
Italien, Österreich, Polen, Portugal,  
Rumänien, Slowakei, Slowenien, Spanien,  
Tschechien, Türkei, Ungarn

## Asien/Pazifik

---

59 Produktionsstandorte

15.694 Beschäftigte\*

---

China, Indien, Indonesien, Japan,  
Philippinen, Singapur, Südkorea,  
Thailand

## Afrika

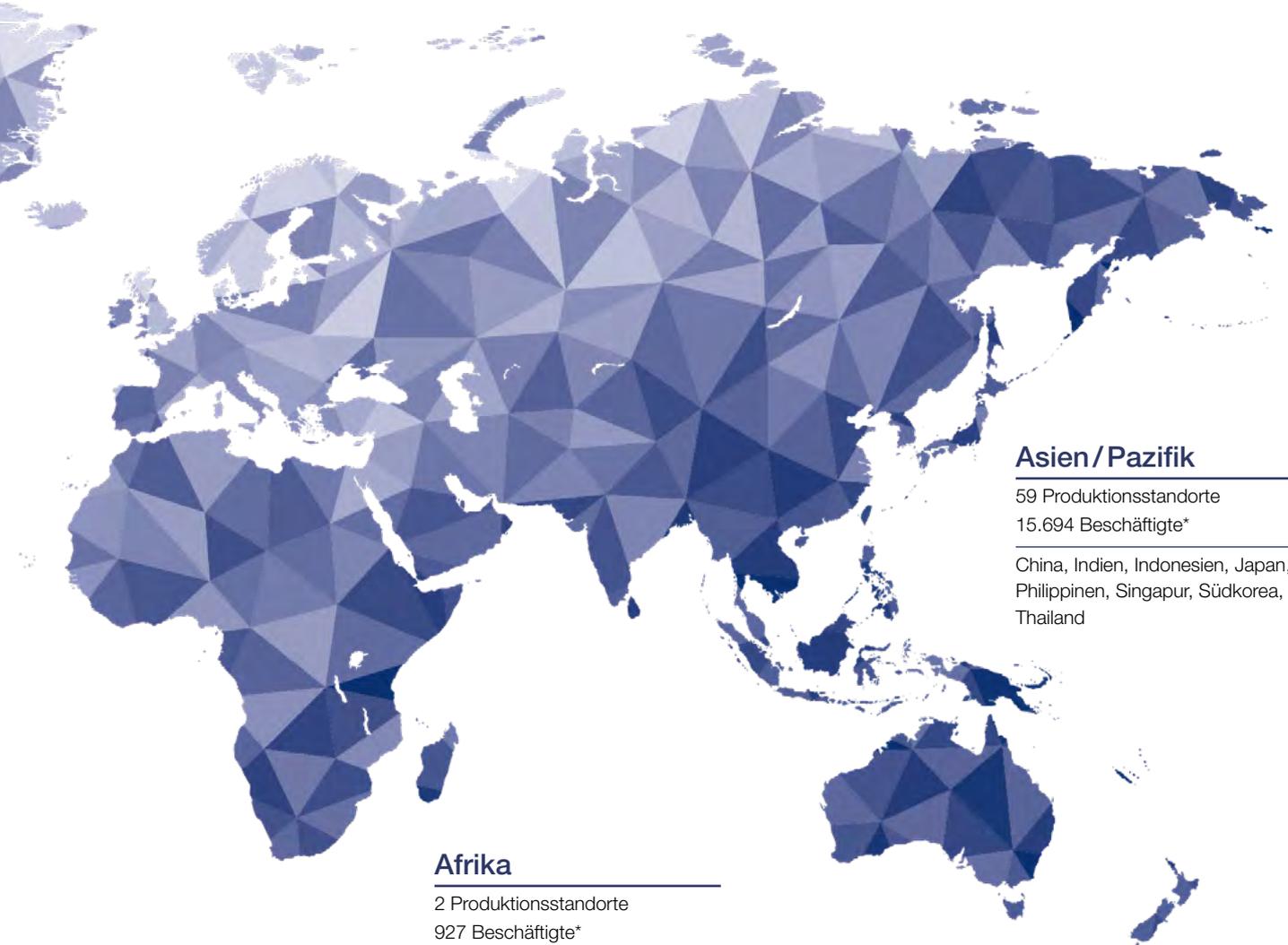
---

2 Produktionsstandorte

927 Beschäftigte\*

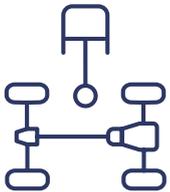
---

Südafrika



# MAHLE

## Produktportfolio



### Motorsysteme und -komponenten

Als Weltmarktführer in den für uns relevanten Marktsegmenten können wir auf jahrzehntelanger System- und Entwicklungskompetenz sowie umfassender Produktionserfahrung aufbauen. Die Entwicklung von Kolbensystemen und Zylinder- sowie Ventiltriebkomponenten zählt schon von Anfang an zu den Kernkompetenzen von MAHLE. Wir verstehen das Zusammenspiel aller Motorkomponenten und können unseren Kunden daher optimale Lösungen anbieten. Unsere Produkte kommen weltweit in Zweirädern, Pkw, Nutzfahrzeugen und Großmotoren zum Einsatz. Heute konzentriert sich unsere Entwicklung auf die Verbrennung von Wasserstoff und weiteren nichtfossilen Kraftstoffen, um auch mit dem Verbrennungsmotor eine CO<sub>2</sub>-neutrale Mobilität abzubilden.



### Thermomanagement

Im Thermomanagement des gesamten Fahrzeugantriebsstrangs ist angesichts der zunehmenden Elektrifizierung der Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie hohe Innovationskraft gefordert. Erst die innovativen Produkte aus dem Bereich Thermomanagement für Batterien, Brennstoffzellen, Leistungselektronik und elektrische Antriebe ermöglichen große Reichweiten, hohe Effizienz sowie eine lange Lebensdauer der Komponenten und gestalten so den Weg hin zu emissionsfreien Antrieben maßgeblich mit. Auch für die Weiterentwicklung des Verbrennungsmotors ist das Thermomanagement essenziell. So treiben leistungsstärkere und effizientere Kühlsysteme die Senkung des Energieverbrauchs wesentlich voran. Innovationen bei Klimageräten erlauben neuartige Gestaltungskonzepte im Innenraum und tragen zu einem hohen Klimakomfort im Fahrzeug sowie zur Steigerung der Effizienz bei.



## Filtration und Motorperipherie

MAHLE hat eine lange Tradition in den Bereichen Kraftstoff-, Öl- und Luftmanagement und profitiert in der Transformation heute stark von der Expertise dieses Geschäftsbereichs. Ob Fluidmanagement, Materialkompetenz oder komplexe Filtrationsaufgaben: All das wird bei neuen Antriebsformen benötigt. Unsere jahrzehntelange Erfahrung mit hochkomplexen und sicheren Kunststoffbauteilen nutzen wir heute zum Beispiel, um Batteriegehäuse mit integrierten Funktionen zu entwickeln. Die Filtration von Luft und Öl wird beim batterieelektrischen Antrieb weiterhin benötigt, bei der Brennstoffzelle macht sie den sicheren Betrieb erst möglich.



## Elektronik und Mechatronik

Um die Effizienz im Antriebsstrang zu steigern und die Elektromobilität weiterzuentwickeln, spielen elektronische und mechatronische Komponenten eine entscheidende Rolle. MAHLE bietet hier mit den Produktbereichen Elektrische Antriebssysteme, Aktuatoren und Nebenaggregate sowie Steuerungs- und Leistungselektronik die passenden Lösungen. Die Grundlage für diese Aktivitäten bildet unsere Entwicklungs- und Fertigungskompetenz für Elektromotoren, Elektronik- und Mechatroniksysteme. Obwohl diese in vielen verschiedenen Anwendungen zum Einsatz kommen, sind sie technisch eng miteinander verzahnt. Auf diese Weise können Skalen- und Synergieeffekte erzielt werden, was in der Automobilindustrie ein ausschlaggebender Erfolgsfaktor ist.



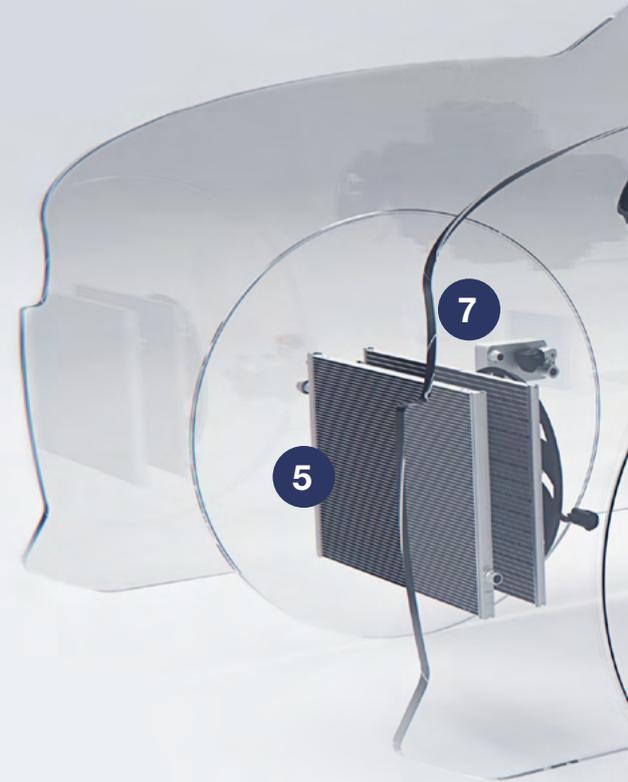
## Aftermarket

Der Geschäftsbereich Aftermarket beliefert Großhandel, Automobilwerkstätten und elektronische Handelsplattformen weltweit. Zum Angebot zählen Ersatzteile in Erstausrüstungsqualität sowie Servicegeräte und verschiedene Dienstleistungen. Neben klassischen Ersatzteilen wie Motorenteilen, Filtern, Turboladern und Mechatronikkomponenten bietet MAHLE auch Thermoprodukte an, zum Beispiel Thermostate oder Kühlmittel- und Ladeluftkühler. Zum neueren Leistungsangebot des Geschäftsbereichs zählen auch Diagnosegeräte, Geräte zur Kalibrierung von Fahrassistenzsystemen, Klima- und Getriebeölservicegeräte und Lösungen zur hygienischen Reinigung von Fahrzeuginnenräumen. Komplettiert wird das Portfolio durch den technischen Support über das weltweite MAHLE Netzwerk, Kundens Schulungen und Serviceinformationen.

# Kompetenz mit System

Die Elektromobilität wird langfristig ein Schlüsselbaustein eines CO<sub>2</sub>-neutralen Individualverkehrs sein. MAHLE hat sich zum Ziel gesetzt, mit seinen Systemlösungen auch auf diesem Feld zu den Innovationstreibern zu gehören und das Fundament für die breite Akzeptanz und flächendeckende Einführung der Elektromobilität zu legen.

Hocheffizient: MAHLE ist Experte für Systeme und Leistungselektronik in elektrischen Antriebssträngen. Dank seines breiten Know-hows für elektrische sowie elektronische Komponenten entwickelt das Unternehmen als international führender Entwicklungspartner und Zulieferer der Automobilindustrie integrierte Systemlösungen auch für die Elektromobilität. Ein Schwerpunkt ist dabei das Thermomanagement. Leistungsfähigkeit, Reichweite und Lebensdauer eines E-Fahrzeugs hängen auch davon ab, dass anfallende Wärmeströme ausgeklügelt gemanagt werden. MAHLE entwickelt dafür ganzheitliche Lösungen für Elektrofahrzeuge, sowohl für den Fahrzeuginnenraum als auch für den Antriebsstrang und die peripheren Systeme. Kompetenz und Technik von MAHLE stecken heute weltweit in mindestens jedem zweiten Fahrzeug. Welche Komponenten MAHLE für die Zukunft der Mobilität entwickelt, zeigt dieses Schaubild eines Elektroautos.



## 1 Hochvolt-Batteriemodul

Die Immersionskühlung macht Schnellladen erst möglich und sorgt dafür, dass Batterien kleiner und E-Fahrzeuge günstiger, leichter und ressourcenschonender werden. > **Mehr auf S. 17**

## 2 Fluid-Management-Modul für E-Fahrzeuge

Für die Versorgung des Antriebs mit gereinigtem und bedarfsangepasst temperiertem Fluid, für mehr Reichweite und eine lange Lebensdauer des Antriebs.

## 3 Innenraumfilter

Konventionelle Innenraumfilter mit und ohne Aktivkohle befreien die Luft für Passagiere von Schmutzpartikeln, Gasmolekülen und Viren.

## 4 Klimatisierung (HVAC)

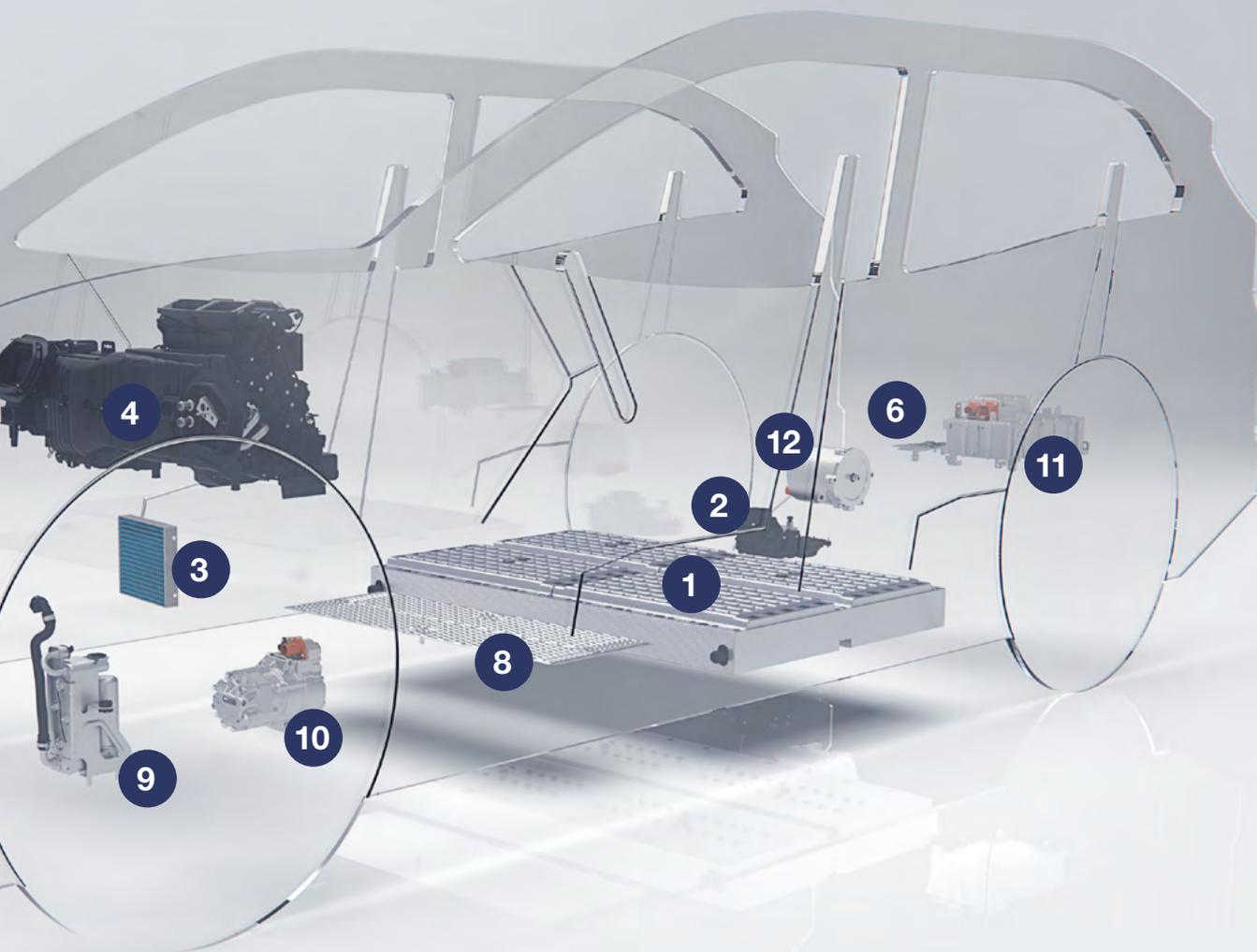
Zwei- und dreizonige Temperaturregelung und Luftverteilung mit variabel regelbarer Fußraumtemperatur und Best-in-Class-Akustik. > **Mehr auf S. 35**

## 5 Kühlmodul für BEV

Hocheffizient und kompakt – MAHLE Kühlmodule sorgen im E-Fahrzeug für perfekte Temperaturen. > **Mehr auf S. 27**

## 6 Elektronik Kühlplatte

Wird Leistungselektronik für Systeme mit hoher Leistung näher am Bauteil gekühlt, erhöht sich auch die Lebensdauer der elektrischen Komponenten und Schnittstellen. > **Mehr auf S. 26**



#### 7 Chiller mit MAHLE EXV

Der Chiller mit dem neuen elektrischen Expansionsventil (EXV) von MAHLE überträgt Kälte zwischen verschiedenen Kühlkreisläufen. > **Mehr auf S. 25**

#### 8 Batteriekühlplatte

Die Temperierung hält die Batterietemperatur konstant unter 40° Celsius und erhöht die Lebensdauer der Batterie. > **Mehr auf S. 27**

#### 9 Indirekter Kondensator

Ein indirekter Kondensator wird im Klimatisierungsbetrieb mit Wasser gekühlt und erwärmt umgekehrt im Wärmepumpenbetrieb Kühlmittel für Heizzwecke. > **Mehr auf S. 25**

#### 10 Elektrischer Kompressor

Das Herzstück des Klima- und Kältemittelkreislaufs: Klimakompressoren für alle relevanten Spannungsbereiche und Fahrzeugklassen. > **Mehr auf S. 17**

#### 11 OBC

Das On-Board-Ladesystem sorgt für einen sicheren und effizienten Ladevorgang bei kontinuierlicher Überwachung der Temperaturen.

#### 12 Hochvolt-Antriebsmotor

Lösung mit 800 Volt für batterieelektrische Antriebe mit Hairpin-Wicklung. Hervorragende Motordynamik kombiniert mit hoher Leistungsdichte in einem kleinen Gehäuse. > **Mehr auf S. 17**

## E-MOBILITÄT

# Elektrifizierende Vielfalt

*Die Zahl der elektrischen Fahrzeuge auf unseren Straßen wächst rasant. Autohersteller weltweit verbessern die dafür notwendige Technik noch weiter. MAHLE unterstützt sie dabei – dank jahrzehntelanger Erfahrung mit elektrischen, elektronischen und mechanischen Komponenten aus ganz unterschiedlichen Bereichen.*

Ob Pkw, Nutzfahrzeug, E-Bike oder Gabelstapler – elektrische Antriebe jeder Größe sind aus der Welt der Mobilität nicht mehr wegzudenken. Deshalb stehen E-Antriebe bei MAHLE bereits heute für einen zentralen Teil des Geschäfts. Das gilt für rein batteriebetriebene Fahrzeuge, aber auch für Hybridfahrzeuge aller Leistungsstufen.





Traktionsmotor und Batterie sind die bekanntesten elektrischen Komponenten eines E-Autos, aber bei weitem nicht die einzigen. Eine wichtige Rolle spielen auch Nebenaggregate und deren Komponenten rund um Assistenzsysteme, Thermomanagement und Ölmanagement. Sie sorgen dafür, dass Batterie und Motor immer die richtige Temperatur haben. Das ist wichtig, weil es den Verschleiß mindert und eine höhere Performance ermöglicht. Gerade in E-Autos erfüllen Nebenaggregate deshalb besonders wichtige Funktionen.

Eine weitere Gruppe der bei MAHLE entwickelten elektrischen Helfer sind Aktuatoren. Dabei handelt es sich meist um Elektromotoren, teils auch um elektromagnetische Ventile, die in der Antriebssteuerung und in Komfortsystemen zum Einsatz kommen. Sie sind dafür zuständig, die Signale des Steuergerätes in eine Aktion umzusetzen. Aktuatoren finden unter anderem in der Servolenkung oder im Parklock-System Anwendung und bilden einen wichtigen Teil der elektronischen Regelsysteme.

Viele mechatronische Bauteile muss MAHLE gar nicht neu erfinden. Denn sie befinden sich in ähnlicher Form schon in Autos mit Verbrennungsmotor – ein Feld, auf dem MAHLE jahrzehntelange Erfahrung besitzt. Mit diesem Wissensvorsprung lassen sich Komponenten für E-Autos schneller und sicherer an immer neue Bedürfnisse anpassen.



# Die Spannung steigt

*In einem Automobil kommen viele Dutzend elektrischer Geräte zum Einsatz. Das Problem: Sie arbeiten auf ganz unterschiedlichen Spannungsebenen. MAHLE bietet deshalb maßgeschneiderte Produkte für jede Spannung.*

Die Batterie eines rein elektrisch betriebenen Autos muss stark sein. Heute sind die meisten E-Fahrzeuge mit einem 400-Volt-Akku ausgerüstet, und die nächste Generation ist schon bereit. Im Einsatz ist sie schon bei Herstellern von elektrischen Sportwagen, die gerne einen draufsetzen – und in ihre Fahrzeuge Antriebsbatterien mit 800 Volt einbauen.

Für den Antrieb der Fahrzeuge gut geeignet sind hunderte von Volt aber zu viel, um kleinere Motoren für Fensterheber, Lenkhilfe oder Zentralverriegelung anzutreiben. Diese Geräte arbeiten in der Regel mit einer Spannung von 12 Volt. In Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor erhalten sie den nötigen Strom über den Generator, der eine entsprechende Spannung bereitstellt.

## Die passende Spannung für jedes Fahrzeug

Die Entwickler von MAHLE arbeiten bereits am Bordnetz der Zukunft. Denn das 12-Volt-Netz im Auto wird schrittweise durch ein Versorgungssystem abgelöst, das mit einer Spannungsebene von 48 Volt arbeitet. Wichtigster Grund dafür: Im Auto befinden sich stromhungrige Systeme, die das konventionelle 12-Volt-Netz an seine Grenzen bringen. Künftig wird es daher Fahrzeuge mit zwei oder teilweise sogar drei Teilbordnetzen verschiedener Spannung geben.



Der Erfolg von Hybrid-Fahrzeugen verstärkt diesen Trend. Ihre Hilfsmotoren arbeiten ohnehin meist mit 48 Volt und werden aus einer Batterie mit der gleichen Spannung gespeist. MAHLE bietet E-Motoren für Mild-Hybrid-Autos mit 48-Volt-Technik und Lösungen für Hochvoltnetze von Plug-in-Hybridfahrzeugen an.

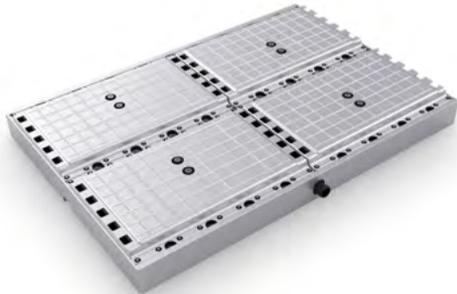
Wieder andere Spannungsebenen sind für elektrische Fahrräder nötig. Die darin enthaltenen Batterien und Motoren arbeiten in der Regel mit 36 Volt. Auch hier bietet MAHLE für jeden Einsatzzweck die passende Technik.



# Unter Strom

## HV-Batteriemodul mit integrierter Immersionskühlung

Das Batteriegehäuse aus leichtem, faserverstärktem Kunststoff von MAHLE setzt neue Maßstäbe – denn die darin eingebauten Akkuzellen werden von einer Spezialflüssigkeit umspült. Dank dieser sogenannten Immersionskühlung bleibt der Energiespeicher noch besser vor Überhitzen geschützt, was wiederum schnelles Laden ermöglicht. Ein weiterer großer Vorteil: Durch die gleichmäßige Temperaturverteilung erhöht sich die Lebensdauer der Batterie.



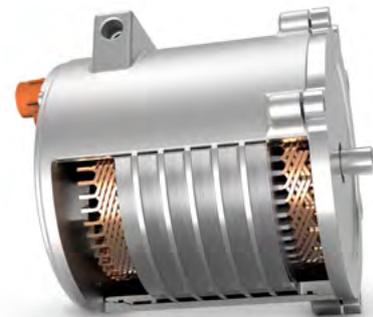
## Ölmanagement-Modul

Zahlreiche Hersteller von E-Autos setzen Öl ein, um elektrische Antriebsmotoren oder Getriebe zu kühlen. Batterien werden zunehmend mit einem Fluid gekühlt (Immersionskühlung). Das heißt, andere Funktionen wie die Filterung und der Öltransport müssen zusammen mit der Kühlung bei der Entwicklung der Antriebseinheit oder einer immersionsgekühlten Batterie berücksichtigt werden. MAHLE ist es gelungen, Filter, Ölpumpe und Thermostat in einer kompakten Einheit zu verbinden. Diese Lösung ist somit leistungs- und druckabfalloptimiert. Konstruktion, Fertigung und Schnittstellen werden dadurch einfacher.



## Elektrischer Kompressor

Der E-Kompressor von MAHLE ist das Herzstück des Klima- und Kältemittelkreislaufs in Elektrofahrzeugen. Er übernimmt zum einen die zentrale Aufgabe der Klimatisierung des Fahrzeuginnenraums, zum anderen hilft er mit bei der Temperierung der wichtigsten Komponenten im Antriebsstrang von Elektrofahrzeugen, beispielsweise Batterie und E-Motor. Der Kompressor ist Teil des MAHLE Direct Thermal System.



## Hochvolt-Antriebsmotor

Unsere Synchronmotoren wurden gezielt für den Einsatz in elektrischen Fahrzeugen mit reinem Batterieantrieb entwickelt. Hohe Leistungsdichte, Effizienz und ein kompaktes Design zeichnen den Antrieb aus.

# Haltbares Multitalent

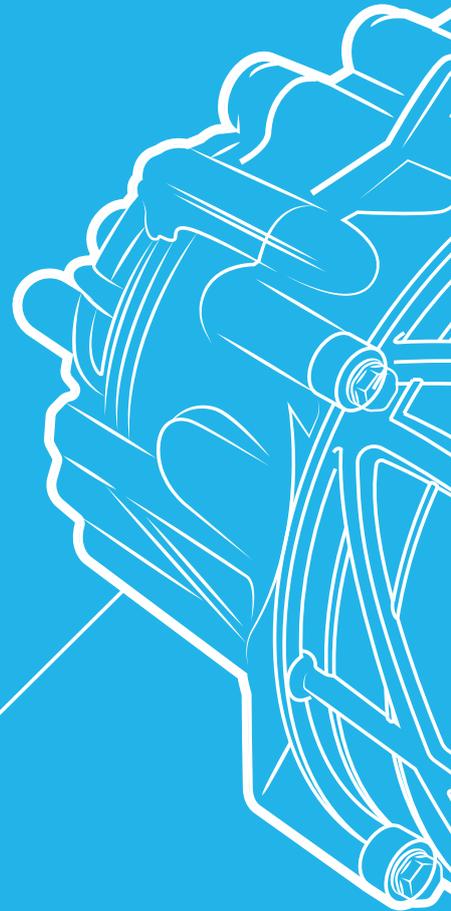
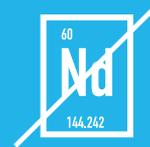
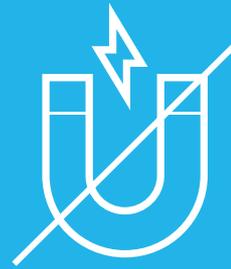
*Der magnetfreie Hochvoltantrieb von MAHLE ist verschleißfrei, hocheffizient und schont die Umwelt. Sein zentrales Merkmal ist die kontaktlose Übertragung der elektrischen Ströme, die zwischen den rotierenden und den stehenden Teilen im Inneren des Motors fließen. Damit kommt die E-Maschine auf einen Wirkungsgrad von über 95 Prozent.*

Klar ist: Ohne Elektromobilität lassen sich die ambitionierten Ziele zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung nicht erreichen. Doch die dafür notwendigen Motoren herzustellen, ist nicht immer nachhaltig. Beispiel Magnete: Sie sind ein zentraler Bestandteil von E-Antrieben. Um sie herzustellen, werden Seltene Erden benötigt – deren Abbau aber oft Menschen und Umwelt belastet.

## Kontaktlose Leistungsübertragung für maximale Effizienz

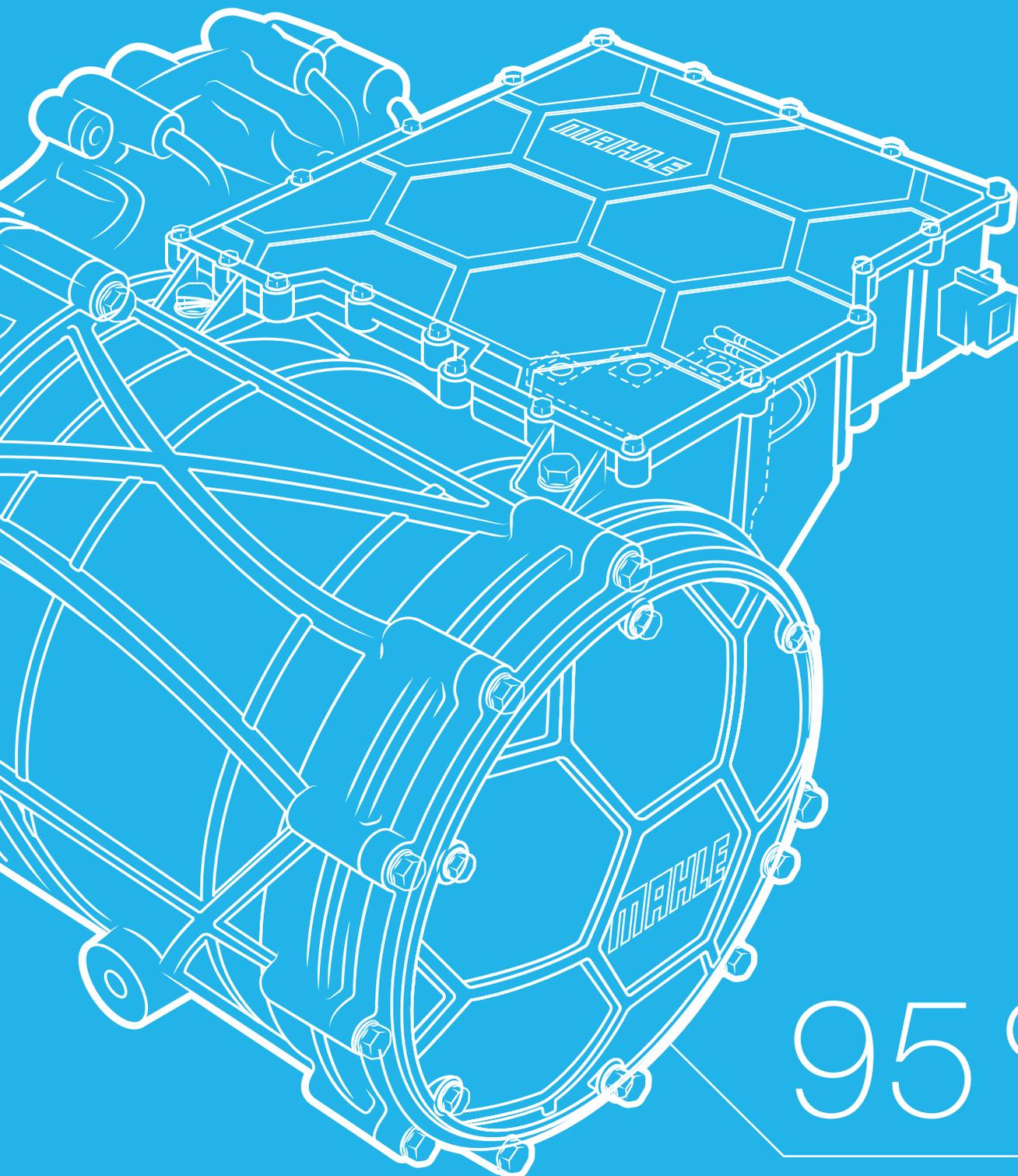
MAHLE hat einen E-Motor entwickelt, der ohne Seltene Erden auskommt. Statt Magneten arbeiten auf dem Rotor Elektromagneten. Zentrales Merkmal des Motors ist die induktive und damit kontaktlose Leistungsübertragung zu eben diesen Spulen. Durch sie arbeitet der Motor über alle Drehzahlen hinweg besonders effizient. Der Wirkungsgrad des Antriebs beträgt dabei mehr als 95 Prozent – das erreichen bisher nur Rennwagen in der Formel E.

Der Strom überträgt sich zwischen den drehenden und stehenden Teilen des Motors, ohne dass diese sich berühren. Dadurch ist der Antrieb verschleißfrei, kommt ohne Wartung aus und lässt sich vielfältig einsetzen. „Man kann von einem



Durchbruch sprechen, denn der hocheffiziente Motor vereint Vorteile, die bisher nicht in einem Produkt zusammengebracht werden konnten“, sagt Dr. Martin Berger, Leiter Konzernforschung und Vorausentwicklung bei MAHLE.

Die Neuentwicklung gelang in besonders kurzer Zeit. Dazu setzten die Entwickler auf ein Simulationsverfahren, mit dem sie verschiedene Varianten virtuell testeten. Ergebnis ist ein Motor, der nicht nur hocheffizient arbeitet, sondern auch die Kosten im Rahmen hält. Mit dem neuen Antrieb leistet MAHLE einen wichtigen Beitrag zum Erfolg der Elektromobilität.



95%

Wirkungsgrad – das erreichen bisher  
nur Rennwagen in der Formel E.

# Wichtige Winzlinge – Aktuatoren fürs Auto

*Wenn sich im Automobil etwas bewegt oder leuchtet, dann sind oft mechatronische Stellelemente – sogenannte Aktuatoren – daran beteiligt. Aktuatoren setzen Signale eines Steuergeräts in eine Aktion um und wandeln dazu elektrische Energie in mechanische Bewegung. Sie befinden sich in großer Zahl in Antriebs- und Komfortbereich, steuern Klappen und Ventile, regeln Kühlmittelflüsse oder heben Fenster. Mit einer Jahresproduktion von 2,5 Millionen Einheiten zählt MAHLE heute zu den drei weltweit größten Herstellern von Aktuatoren für den Einsatz im Automotive-Bereich. Zwei Beispiele aus der konventionellen und der zukünftigen Mobilitätswelt.*

## **Parklock-System**

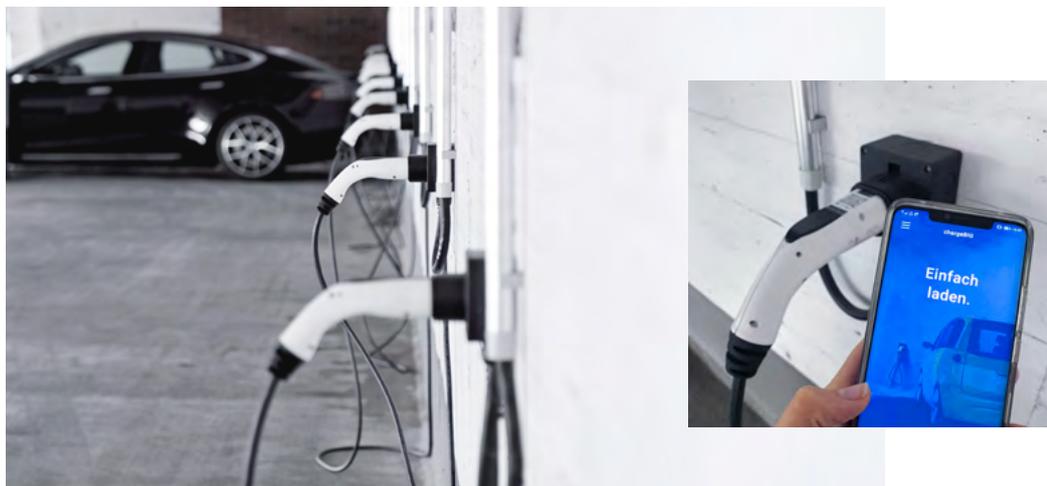
Steht der Schalthebel eines E-Autos auf der Funktion „Parken“, dann darf das Fahrzeug nicht mehr rollen. Dafür sorgt eine Parklock-Funktion, die mit einem elektrischen Aktuator ausgerüstet ist. Dieser verriegelt das Getriebe, wenn das Fahrzeug abgestellt wird. Der Aktuator ist vielseitig einsetzbar – nicht nur in Elektrofahrzeugen.



## **Elektrischer Wastegate-Steller (EWG)**

MAHLE entwickelt seit langem Aktuatoren, um Verbrennungsmotoren zu optimieren. Zum Beispiel beim Downsizing, wo kleinere Hubräume bei gleichbleibender Leistung den Treibstoffverbrauch senken. Den dazu nötigen Ausgleich stellt ein Turbolader sicher. Der elektrische Wastegate-Steller von MAHLE sorgt dafür, dass Turbolader und Motor perfekt interagieren.





## chargeBIG – die MAHLE Lösung für intelligente Ladeinfrastruktur

chargeBIG ist ein intelligentes Lademanagementsystem für Dauerparker, das sich kostengünstig und ohne langwierige Umbauten in die vorhandene Infrastruktur integrieren lässt. Das System verfolgt dabei einen neuen Ansatz: Es geht nicht darum, so schnell wie möglich zu laden, sondern so schnell wie nötig. Und das für möglichst viele Teilnehmer, auf die die Strommenge intelligent verteilt wird. Das chargeBIG-System ist eine ideale Lösung für Parkflächen, auf denen E-Fahrzeuge eine längere Standzeit haben, etwa in Firmenparkhäusern, an Flughäfen, für Flottenbetreiber oder in Tiefgaragen großer Wohnkomplexe.

Das chargeBIG-Ladekonzept besteht aus einer zentralen Steuereinheit inklusive fest angeschlagener Kabel mit Steckern anstelle von Ladesäulen am Parkplatz. Durch das intelligente Ladesystem und den Design-to-Cost-Ansatz sind keine Investitionen in die

Erweiterung der Netzanbindung erforderlich: Kosten und Zeit werden dadurch im Aufbau der Ladeinfrastruktur eingespart.

Über ein dynamisches, phasenindividuelles Lastmanagement wird die verfügbare Ladeleistung durch eine zentrale Steuereinheit auf die parkenden Fahrzeuge verteilt. So werden Schieflasten im Stromnetz vermieden. chargeBIG reagiert dabei flexibel auf andere Verbraucher im Netz und nutzt die Elektrofahrzeuge als regelbare Last – somit wird das verfügbare Stromnetz optimal genutzt. Zudem ist die Lösung von chargeBIG bei Installation und Wartung günstiger als alternative Systeme, da die Ladepunkte durch die zentrale Elektronik sehr einfach gehalten werden können. Ein weiterer Vorteil betrifft die Sicherheit, denn die Ladepunkte sind stromlos, wenn nicht geladen wird. chargeBIG bietet neben der intelligenten Ladehardware auch die Installation, die

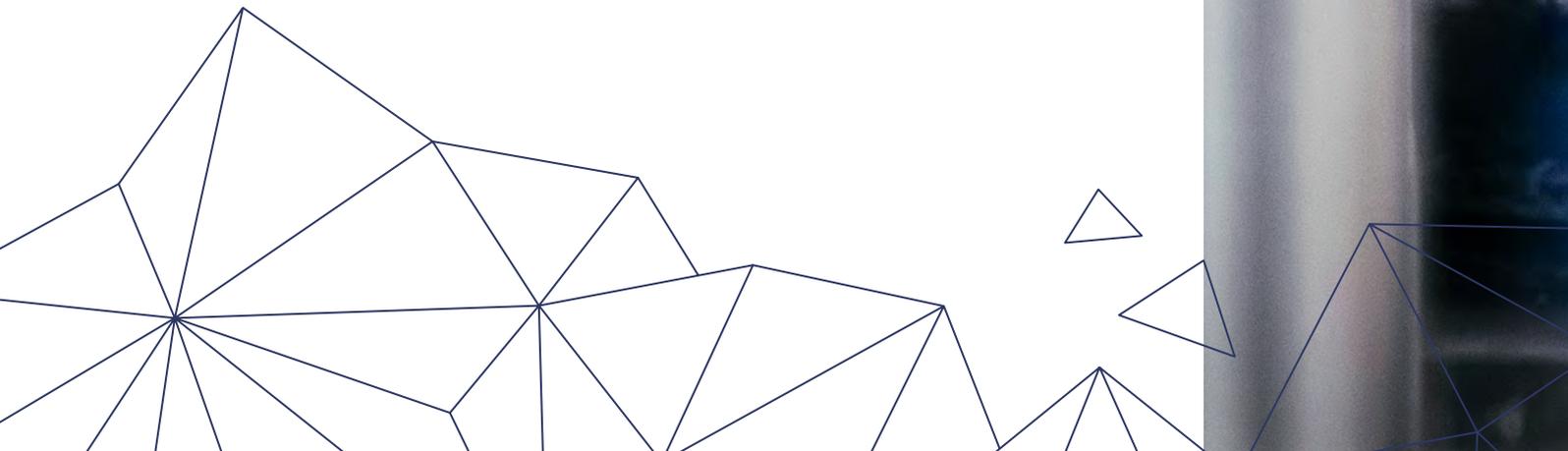
Wartung, den Service, den Betrieb sowie die Abrechnung von Ladevorgängen an. Nach erfolgreichem Durchlaufen des Zertifizierungsverfahren beim VDE ist chargeBIG zudem erster Anbieter einer eichrechtskonformen Zählerfortschrittsanzeige auf dem Smartphone. Über die chargeBIG-App für iOS und Android oder über die universelle Webapp können entsprechend vorgerüstete chargeBIG-Ladepunkte via QR-Code-Scan oder Near Field Client (NFC) freigeschaltet werden. Ladevorgänge werden über gängige Zahlungsmittel wie Kreditkarte oder PayPal ad-hoc abgerechnet. Die App bietet dem wiederkehrenden Nutzer die Möglichkeit, ein Nutzerkonto zu erstellen und Zahlungsmittel zu hinterlegen. Dadurch kann der Ladevorgang mit wenigen Klicks gestartet werden. Für Flottenkunden, einmalige Besucher oder das Laden von Dienstwagen beim Arbeitgeber bietet chargeBIG auch Zugangscodes zur Freischaltung und Kostenstellenverrechnung an.

## THERMOMANAGEMENT

# Idealtemperatur

*Wenn Strom fließt, kann es heiß werden – das gilt auch für E-Autos. Ein leistungsfähiges Thermomanagement ist deshalb entscheidend für Reichweite und Lebensdauer eines strombetriebenen Fahrzeugs.*

Die Batterien eines E-Autos dürfen weder zu heiß noch zu kalt sein. Dasselbe gilt für Motor und Leistungselektronik. Und auch im Innenraum wollen die Mitfahrer weder schwitzen noch frieren. Deshalb gibt es zahlreiche Geräte und Steuereinheiten, die für die richtige Temperatur in den verschiedenen Bereichen des Fahrzeugs sorgen. Die Herausforderung: Sie alle beziehen ihren Strom aus der Antriebsbatterie – was auf Kosten der Reichweite geht. Ein ausgeklügeltes Thermomanagement muss deshalb dafür sorgen, dass der Kühl- und Kältekreislauf so effizient wie möglich arbeitet.





Das Thermomanagement beginnt bereits an der Stromtankstelle. Vor allem beim schnellen Laden mit hoher Leistung entsteht Wärme, was Kabel und Batterie belastet. Nur eine wirksame Kühlung schützt die Technik vor Schäden. Diese Aufgabe übernehmen Temperierungssysteme, indem sie ein Kältemittel auf den gewünschten Druck verdichten und so die benötigte Temperatur erzeugen.

### Mehr Reichweite durch Wärmepumpe

MAHLE bietet ein leistungsfähiges Thermomanagement für das gesamte Fahrzeug. Neben Kompressoren, Kondensatoren, Verdampfern und Kühlplatten zählen dazu innovative Heizsysteme für den Innenraum. Sie nutzen die Abwärme von E-Motor oder Leistungselektronik. Dabei kommt eine neu entwickelte Wärmepumpe zum Einsatz. Das schont die Batterien und erhöht die Reichweite des Fahrzeugs um bis zu 20 Prozent.

Für Autos mit Brennstoffzelle ist Thermomanagement ebenfalls wichtig. Neben dem Stromerzeuger verfügen sie über eine Pufferbatterie und einen Elektromotor. Hierfür entwickelt MAHLE ebenfalls die passenden Komponenten.



## Thermomanagement

ist eine zentrale Voraussetzung für den zuverlässigen Betrieb von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen. Es beeinflusst die Effizienz signifikant und unterstützt so die CO<sub>2</sub>-Minderung.



# Für alle Antriebsarten – die Temperaturregler von MAHLE

## Chiller mit MAHLE EXV

Vor allem bei heißem Wetter reicht der Batteriekühler allein nicht immer aus, um die Temperatur zu regeln. Daher nimmt das Kühlmittel einen Umweg und durchströmt einen sogenannten Chiller, in dem Kältemittel aus der Klimaanlage verdampft. Folge: Der Batteriekühler wird entlastet. Bei diesem Vorgang spielen Ventile eine wichtige Rolle. Im Chiller kommt das neue elektrische Expansionsventil (EXV) von MAHLE zum Einsatz. Es unterstützt das Thermomanagement von Fahrzeugen aller Antriebsarten.

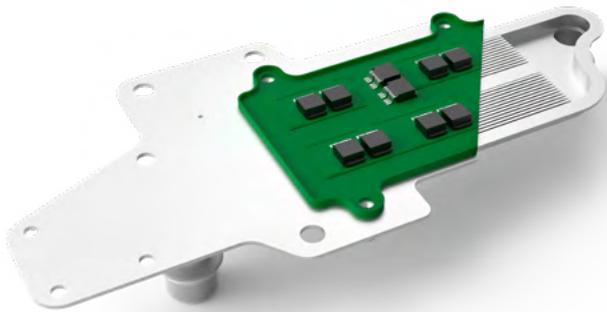


## Indirekter Kondensator

Ein Kondensator ist integraler Bestandteil jeder Fahrzeugklimaanlage: Heißes, komprimiertes und gasförmiges Kältemittel wird gekühlt bis es kondensiert, um wieder für einen kühlenden Verdampfungsprozess zur Verfügung zu stehen. Der Kondensator kann zudem mit einem Sammler/Trockner versehen werden. Dieser fungiert als Ausgleichsbehälter im Kältekreis und enthält zusätzliches Kältemittel, um schleichende Verluste über die Betriebszeit auszugleichen. Der Sammler enthält auch Trocknungsmittel, um Wasser aus dem Kältemittel zu binden, das sonst zu Verstopfungen durch Eisbildung und Korrosion führen würde.

### Elektronikkühlplatte

Die Elektronik für Systeme mit hoher Leistung, wie beispielsweise der Inverter für E-Motoren, erwärmt sich unter hoher Last stark. Die MAHLE Kühlplatte sorgt jederzeit dafür, dass das System weiter betrieben werden kann, indem sie die elektronischen Bauteile effizient entwärmt. Damit ist eine hohe Lebensdauer gewährleistet. Gleichzeitig stellt die dauerhafte Kühlung die Lebensdauer der elektrischen Komponenten und der Schnittstellen sicher.



### Hochvolt-PTC-Heizer

Elektrische Heizer sind eine unverzichtbare Wärmequelle für die dauerhafte Beheizung des Innenraums von E-Fahrzeugen. Die Neuentwicklung von MAHLE verzichtet auf Temperatursensoren und setzt stattdessen auf eine intelligente Hard- und Software, die die Heizelemente umfasst und alle Funktionen integriert. Die eingebaute Elektronik analysiert fortlaufend den elektrischen Widerstand der PTC-Elemente (Positive Temperature Coefficient) im Heizer, erkennt so ihre Temperatur und regelt sie ein.



### Niedertemperatur-Radiator

Die Niedertemperatur-Radiatoren sind in Kerntiefen von 16, 21 und künftig auch von 28 Millimetern verfügbar. Um verschiedenen Kundenanforderungen gerecht zu werden, gibt es ein breites Angebot an Rippen-Rohr-Kombinationen. Alle Radiatoren haben ein geringes Gewicht und zeichnen sich durch kompakte Maße mit einem seitlichen Überstand von nur 2,4 Millimetern aus. Sie haben ein geringes Kühlmittelvolumen und sind leicht zu recyceln.

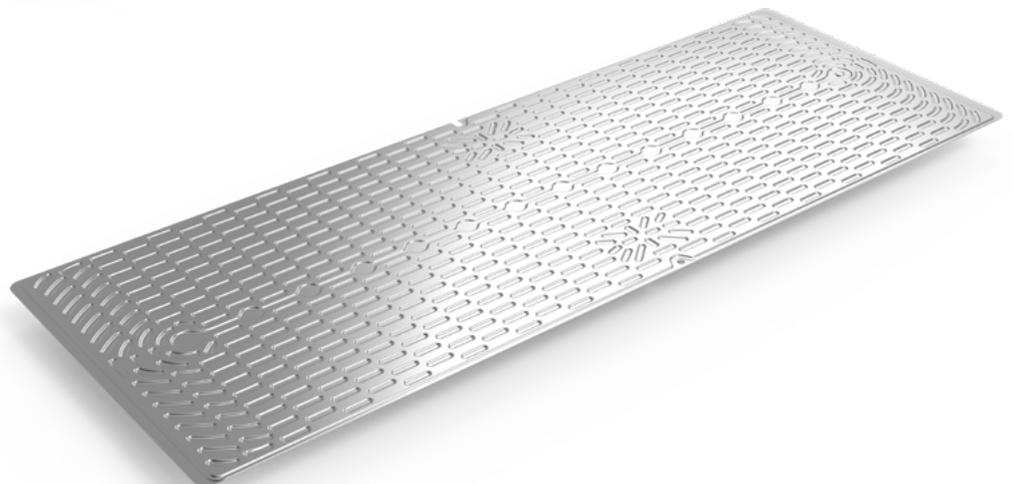


# < 40° C

ist die optimale Betriebstemperatur für Li-Ionen-Batterien in Hybrid- und E-Fahrzeugen.

### Batteriekühlplatte

Die Elektrifizierung von Fahrzeugen stellt neue Herausforderungen an das Thermomanagement. Für die Kühlung der Li-Ionen-Batterie in Hybrid- und E-Fahrzeugen müssen Temperaturen von unter 40° Celsius realisiert werden. Die Batteriepacks erwärmen sich beim Laden und bei extremer Last im Fahrbetrieb stark. Die MAHLE Batteriekühlplatte hält die Temperatur der Zellen innerhalb eines definierten Bereichs und erhöht dadurch auch die Lebensdauer der Batterie.



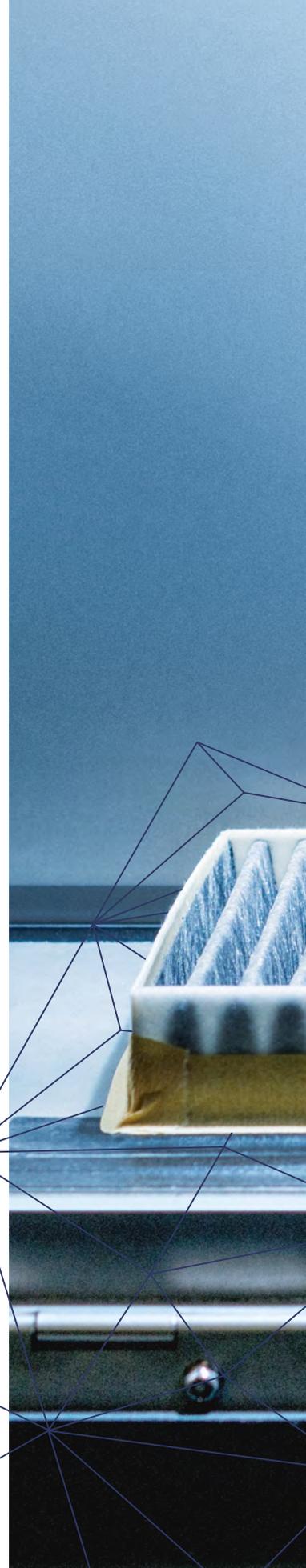
## FILTRATION

# Reinste Luft

*Sie ist unsichtbar und unverzichtbar: saubere Luft. In der Brennstoffzelle schont sie die sensiblen Stacks, im Fahrzeuginnenraum lässt sie die Menschen frei durchatmen. Luftmanagement und Filter-Know-how sind auch in Zukunft gefragt. Mehr denn je. Bei allen Antriebsarten.*

Während der Fahrt werden mehr als 100.000 Liter Außenluft pro Stunde in den Fahrzeuginnenraum geleitet. Darin schweben feine Partikel, Staub, Viren oder allergieauslösende Pollen. Die einzige Barriere: der Innenraumfilter im Lüftungssystem. MAHLE Lüftungssysteme versorgen die Menschen im Fahrzeug zuverlässig mit gereinigter Luft. Sie verringern dazu noch die Staubbelastung im Innenraum.

Genau wie beim Menschen, steigert sauber gefilterte Luft auch das Wohlbefinden der Komponenten im Verbrennungsmotor. So sind etwa gute Motorleistung, hohes Drehmoment, geringer Verbrauch und minimale Emissionen nur mit reiner Zuluft garantiert. Gerade in modernen Aggregaten von Pkw und Nutzfahrzeugen verlangen immer kleinere Bauräume immer höhere Filtrationsleistungen. Hochleistungsfiltermedien, eine optimierte Auslegung der Strömungsführung sowie neue Filterelemente von MAHLE sind dafür die Lösung. Dank plastifizierter Filtersysteme können die MAHLE Ingenieure mit verschiedensten Bauformen jede Anforderung erfüllen.





Ein Thema, das in Zukunft vor allem bei Nutzfahrzeugen wichtig wird, ist das Luftmanagement von Brennstoffzellen. Neben Partikeln müssen Gase wie Schwefeldioxid, Ozon, Stickstoffoxide oder Ammoniak zuverlässig abgeschieden werden, um Schäden an der Brennstoffzelle zu vermeiden. MAHLE entwickelt hierzu ein hocheffektives Filtermedium, das aus mehreren Schichten aufgebaut ist. Der MAHLE Kathodenluftküh-

ler vermeidet dank der passivierten Oberflächen einen Ionenaustrag und reduziert so die Lufttemperatur hinter dem Verdichter. Zusätzlich versorgen Membranbefeuchter den Brennstoffzellen-Stack mit ideal befeuchteter Luft und vermeiden somit ein Austrocknen. Am Ende des Brennstoffzellenkreislaufs verringert ein spezieller Abluftpfad in Kunststoffbauweise das Gewicht um rund 70 Prozent gegenüber Stahlkonstruktionen und reduziert gleichzeitig den Geräuschpegel.



Luftfiltersystem



Membranbefeuchter



Kathodenluftkühler



Abgassystem



## Gemeinsam für saubere Luft

Zusammen mit führenden Unternehmen aus Baden-Württemberg leistet MAHLE einen Beitrag zur Luftreinhaltung. Als aktiver Teil des „Bündnis für Luftreinhaltung“ engagiert sich MAHLE vor allem in der Region Stuttgart für eine schadstofffreie Luft. Zentrales Instrument von MAHLE sind die Anschaffung einer E-Auto-Flotte für Fahrten zwischen den Standorten im Großraum Stuttgart sowie die Einrichtung von 100 E-Ladepunkten des Startups chargeBIG im firmeneigenen MAHLE Parkhaus in Bad Cannstatt, die seit Sommer 2019 in Betrieb sind. Außerdem verbessert MAHLE die Infrastruktur für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die mit dem Fahrrad zur Arbeit kommen, um Anreize für emissionsfreies Pendeln zu schaffen.



## Filter gegen die Pandemie

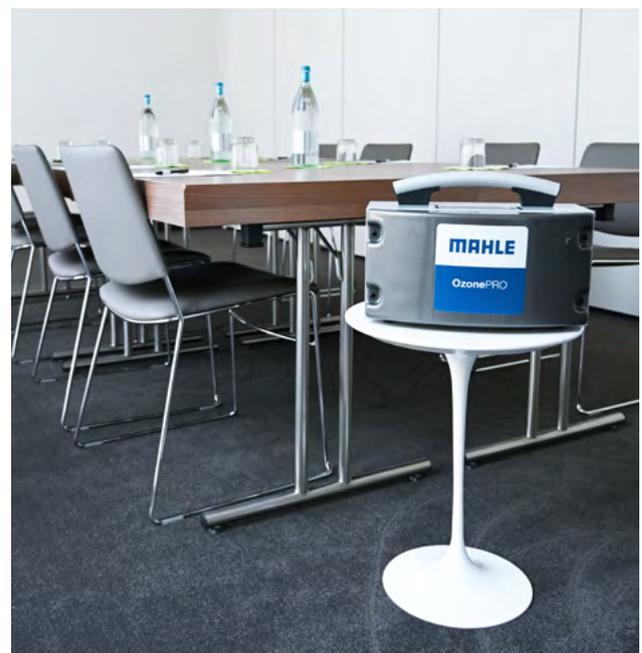
Filtermaterial von MAHLE kann die Gesundheit von Menschen auch ganz unmittelbar schützen, wie der Einsatz in Mund-Nasen-Masken beweist. Gleich zu Beginn der Pandemie in 2020 kooperierte MAHLE mit dem Unterwäschehersteller Triumph bei der Herstellung von Atemschutzmasken. Zudem produziert eine eigene Fertigungslinie am österreichischen Standort St. Michael hochqualitative FFP2-Modelle.

## OzonePRO

Infektionsschutz aus dem Hause MAHLE: Mit dem Ozongerät OzonePRO stellt MAHLE Autovermietungen, Flottenbetreibern, Behörden, aber auch Eigentümern von Privat- und Gewerbeimmobilien eine Lösung zur Verfügung, die Innenräume in Fahrzeugen und Gebäuden gleichermaßen wirksam vor Covid-Viren schützt. Das tragbare Gerät im Handgepäckformat reinigt die Luft in Innenräumen mithilfe von Ozon. Fahrzeuge oder Zimmer müssen dafür verschlossen sein. Die Sensoren des OzonePRO messen während des Reinigungsvorgangs kontinuierlich die Konzentration des erzeugten Ozons in der Umgebung und passen diese an, bis der ideale Wert erreicht ist. Das Gerät arbeitet vollautomatisch und informiert den Benutzer, sobald die Luft gereinigt wurde. Die Wirksamkeit der Methode bestätigte das zertifizierte Labor Eurofins Biolab Srl. Den Testergebnissen zufolge reduziert OzonePRO die Zahl aktiver Covid-Viren um rund 99,7 Prozent. In rund 30 Minuten sind Innenräume so wirksam gereinigt. Praktisches Feature: Mit der dazugehörigen O3-Easy-App ist der Luftreiniger von außen steuerbar und der gesamte Prozess lässt sich überwachen.

# 99,7 %

der aktiven Corona-Viren in einem Raum werden durch OzonePRO unschädlich gemacht.



## KONVENTIONELLE ANTRIEBE

# „E-Fuel ready“

*In einer rein batterieelektrischen Mobilitätswelt wären klassische Motoren und Kraftstoffe überflüssig. Doch lässt sich der Energiebedarf des gesamten Verkehrssektors allein mit grünem Strom decken? MAHLE verfolgt einen technologieoffenen Ansatz. Dabei geht es zum einen um die Weiterentwicklung des Verbrennungsmotors – auch, um ihn mit grünem Wasserstoff zu betreiben. Zum anderen geht es um die Defossilisierung der Kraftstoffe.*

Welche Antriebstechnologie bringt Menschen und Waren in Zukunft zuverlässig, effizient und sauber ans Ziel? Keine triviale Frage. Sie sorgfältig zu beantworten, führt in eine hohe technische Komplexität. Prognosen zeigen, dass der Anteil von E-Fahrzeugen in vielen Regionen der Welt stetig ansteigen wird. Gleichzeitig werden Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor weiterhin viele Menschen, Güter und Waren zuverlässig und effizient ans Ziel bringen. MAHLE widmet sich konventionellen und alternativen Antrieben gleichermaßen. Denn nur mit einem technologieoffenen Ansatz, der auf wissenschaftlichen Fakten basiert, lassen sich alle Möglichkeiten ausschöpfen, um Emissionen im Straßenverkehr schnell und effektiv zu senken.





### Neue Kraftstoffe

MAHLE ist weiterhin vom Potenzial der Verbrennungsmotoren überzeugt und schöpft es weiter aus. Eine wichtige Zukunftstechnologie sind in diesem Zusammenhang die CO<sub>2</sub>-neutralen E-Fuels, also synthetisch aus Ökostrom hergestellter Otto- und Dieselmotorkraftstoff sowie grüner Wasserstoff. Die getesteten MAHLE Motorkomponenten und Filter funktionieren auch dann noch einwandfrei, wenn konventionellen Kraftstoffen bis zu 20 Prozent synthetische Kraftstoffe beigemischt werden. Das haben umfassende Tests auf Motorenprüfständen und ein gemeinsamer Feldversuch mit einem deutschen Premiumhersteller gezeigt. Damit ist technisch heute schon mehr möglich, als es die Kraftstoffnorm zulässt. MAHLE ist „E-Fuel ready“. Auch das Verbrennen von grünem Wasserstoff ist in Motoren, die mit Komponenten von MAHLE ausgerüstet sind, mit relativ geringen Anpassungen möglich. Das ist eine gute Nachricht für das Klima, für alle Autofahrer und die globalen Automobilstandorte.



### Modularer Hybridantrieb

Hybridautos kombinieren den klassischen Verbrennungsmotor mit einem Elektromotor in einem Fahrzeug und helfen so, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken. Für diese wichtige Zukunftstechnologie hat MAHLE eine eigene innovative Lösung entwickelt: den MAHLE Modular Hybrid Powertrain (MMHP). Er kombiniert Verbrennungsmotor, Generator, Traktionsmotor, Getriebe und Leistungselektronik in einer geschlossenen, kompakten und leichten Baugruppe. Gleichzeitig sorgt das Vorkammer-Zündverfahren MAHLE Jet Ignition für einen extrem mageren Betrieb. So wird das System effizienter, kleiner, leichter, kostengünstiger und für unterschiedliche Fahrzeuggrößen skalierbar. Mit dem MMHP verkleinert MAHLE die Lücke zwischen klassischen und rein elektrischen Antrieben – und leistet einen schnellen und damit sehr wertvollen Beitrag für eine effizientere Mobilität.

“

E-Fuels und grüner Wasserstoff sind die größten Hebel, um auch in der Bestandsflotte CO<sub>2</sub> einzusparen. Sie sind eine wichtige Ergänzung zur E-Mobilität, um die CO<sub>2</sub>-Ziele im Verkehrssektor zu erreichen.

**Dr. Peter Wieske**

MAHLE Vorausentwicklung Stuttgart, Deutschland

# Leicht und vielseitig

## Nockenwellenmodul aus Duroplast

MAHLE hat mit seinem Know-how im Bereich Kunststoffe ein neuartiges Nockenwellenmodul entwickelt. Das gemeinsam mit einem deutschen Premiumhersteller und dem Fraunhofer Institut für Chemische Technologie entwickelte Bauteil besteht aus hochfesten, faserverstärkten Duromeren. Dieser Spezialkunststoff macht das Modul leichter, günstiger und haltbarer als vergleichbare Aluminiumkomponenten – bei gleicher Belastbarkeit.



## Klimatisierungsmodul (HVAC)

Über alle Antriebsarten hinweg eine gefragte Innovation: Die Verteilung von Heizung, Lüftung und Klimatisierung in der neuesten MAHLE Lösung funktioniert über eine zwei- und dreizonige Temperaturregelung und Luftverteilung mit variabel regelbarer Fußraumtemperatur. Dank einer besonderen Konstruktion auch in Best-in-Class-Akustik.



# Nachhaltig in die Zukunft

*Innovationen für die E-Mobilität. CO<sub>2</sub>-neutrale Standorte. Und ein technologieoffener Ansatz. Martin Wellhöffer (MW) und Rolf Berkemann (RB) über die Chancen nachhaltiger Mobilität bei MAHLE.*



Martin Wellhöffer, Corporate Executive Vice President  
OE-Automotive Sales and Application Engineering



Rolf Berkemann, Vice President Sales and  
Application Engineering S1/SE

**Effizient, wirtschaftlich, sozial und ökologisch:**

**So sieht die Mobilität der Zukunft aus. Welche Rolle spielt MAHLE auf diesem Weg?**

**RB:** Mit unseren Kunden gestalten wir den Wandel als Systemanbieter für neue Mobilität. Gemeinsam wollen wir die Pariser Klimaziele erreichen. Das schaffen wir am schnellsten mit einem technologieoffenen Ansatz für den jeweiligen Markt. Global werden uns bewährte Konzepte noch lange begleiten. Gleichzeitig wird Mobilität sich stetig weiterentwickeln.

**Auf welche Technologien setzt MAHLE?**

**MW:** Unsere Komponenten für E-Fahrzeuge reduzieren entscheidend den CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Dazu steigern wir Alltagstauglichkeit zum Beispiel mit unseren Batteriemodulen oder Ladelösungen. Im Bereich Brennstoffzellenantrieb optimieren wir die Peripherie, um den Antrieb industriell zu etablieren. Schon heute erwirtschaften wir über 60 Prozent unseres Umsatzes in diesen neuen Technologiefeldern. Und der Wert wird steigen. Außerdem entwickeln wir Komponenten für moderne Verbrennungsmotoren weiter, um CO<sub>2</sub> einzusparen.

**Was erwarten Sie von künftigen Mobilitätstrends?**

**MW:** Mobilität ändert sich durch gesellschaftliche Trends und Erwartungen. Für uns heißt das, noch nachhaltiger zu werden: Wir wollen die Klimaneutralität vor 2040 erreichen. Für die deutschen Standorte gilt das schon 2021. Zusammen mit unseren F&E-Investitionen in neue Technologien haben wir so die Chance mit unseren Kunden die neue Mobilität nachhaltig weiterzuentwickeln.

**Wie schätzen Sie die Marktsituation mit steigenden Rohmaterialpreisen und Lieferengpässen ein?**

**RB:** Beides sind außergewöhnliche Herausforderungen – für die gesamte Branche. Trotz zeitweiser Lieferengpässe haben wir die Situation gemeistert. Und zur Kompensation der gestiegenen Rohmaterialpreise werden wir in partnerschaftlicher, enger Abstimmung mit unseren Kunden Lösungen finden.

# Schicht um Schicht ins Dreidimensionale

*MAHLE gelingt es erstmals, einen Hochleistungskolben aus Aluminium mittels 3D-Druck zu fertigen. Im Test zeigt sich: Das spezielle Bauteil steigert Motorleistung und Effizienz.*

MAHLE schlägt ein neues Kapitel in Konstruktion und Fertigung auf. Im Fokus: die additive Fertigung von hochbelasteten Antriebsbauteilen. Sie bietet die Möglichkeit, Funktionsintegration sowie bionisches Design in einer MAHLE Komponente umzusetzen. Dabei wird bei der Produktion von Hochleistungskolben ganz nach dem Vorbild der Natur nur an belasteten Stellen mehr Material eingesetzt. So passt sich die Struktur des Kolbens an die Belastung an. Das spart Material und macht den Kolben aus dem 3D-Drucker im Vergleich zum konventionell gefertigten Pendant um bis zu 20 Prozent leichter – bei gleichzeitig höherer Steifigkeit. Dazu haben die Entwickler von MAHLE einen optimal platzierten und speziell geformten Kühlkanal in der Nähe der Kolbenringe eingebracht. Dieser sorgt für niedrigere Temperaturen an den am stärksten beanspruchten Stellen.

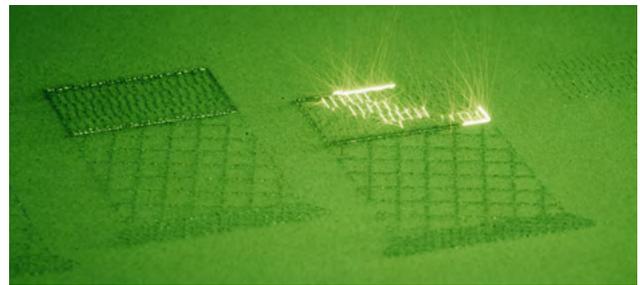
Die Grundlage für den neuen Fertigungsprozess bildet eine spezielle Aluminiumlegierung von MAHLE. Per Laserstrahl wurde das Aluminiumpulver in einer bestimmten Schichtstärke aufgeschmolzen und so der Kolben Schicht für Schicht aufgebaut. In rund 12 Stunden und zirka 1.200 Schichten konnten so die Kolbenrohlinge entstehen.

## Hohe Qualität in hartem Testlauf bestätigt

Im Anschluss wurde der Kolbenrohling bei MAHLE endbearbeitet, vermessen und getestet, wobei er dieselben strengen Standards wie ein konventionell gefertigtes Teil erfüllen musste. Für die praktische Erprobung wurden sechs Kolben im Motor eines Porsche 911 GT2 RS verbaut. Auf dem Prüfstand absolvierte das Triebwerk erfolgreich 200 Stunden Dauerlauf unter härtesten Bedingungen. Das Ergebnis der aufwändigen Tests: Die Qualität des gedruckten Kolbens entspricht der gewohnt hohen Qualität eines konventionell gefertigten Serienkolbens.

## Neues 3D-Druck-Center

MAHLE sieht in der additiven Fertigung die Zukunft. Vor allem für die schnellere Entwicklung und sogar die Serienfertigung von Komponenten im Bereich E-Fahrzeuge und alternative Antriebe. Dafür wurde in Stuttgart ein neues 3D-Druck-Center eröffnet.



# 22 kW

mehr kann der Motor des Porsche 911 GT2 RS dank des speziellen Kolbens leisten.

## WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLE

# Ein Element, viele Möglichkeiten

*Grüner Wasserstoff gilt vielen als Energiespeicher von morgen. Er kann Ökostrom speichern und nachhaltige Energie auch in die Schwerindustrie oder die Wärmeversorgung bringen. Als Energieträger kann er in Brennstoffzellen zum zentralen Baustein für die Mobilität der Zukunft werden.*

Das Verfahren ist bereits über 200 Jahre alt: Mittels Strom wird Wasser in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff aufgespalten. So produziert man Wasserstoff – einen Energieträger, bei dessen Verbrennung als „Abgas“ lediglich Wasserdampf entsteht. Stammt der Strom für die Aufspaltung aus erneuerbaren Quellen, zum Beispiel von Windrädern oder Solaranlagen, dann gilt der Wasserstoff als grün und ist komplett klimaneutral.

Immer mehr Länder setzen im Kampf gegen den Klimawandel auf solch grünen Wasserstoff. Gigantische Investitionsprogramme sollen in den nächsten Jahrzehnten eine weltweite Wasserstoffwirtschaft entstehen lassen. Was die Einsatzmöglichkeiten angeht, ist das Element potenziell ein Multitalent: Wasserstoff kann überschüssigen Wind- oder Solarstrom speichern und somit die volatile Verfügbarkeit von Wind und Sonne ausgleichen, in Stahlöfen Kohle ersetzen und sogar Raketentriebwerke antreiben. Auch bei der Verkehrswende soll er eine wichtige Rolle spielen: In Brennstoffzellen kann grüner Wasserstoff solche Nutzfahrzeuge emissionsfrei antreiben, für die Batterien keine ideale Lösung wären.





### Brennstoffzellen für Lkw

Der Bereich Nutzfahrzeuge hat einen erheblichen Anteil an den CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs. Aufgrund der oft langen und häufig auch internationalen Strecken sind jedoch Batterie- oder Hybridlösungen hier weniger geeignet. Die Brennstoffzellentechnologie bietet große Reichweite, schnelles Betanken und Routenflexibilität bei gleichbleibend hoher Nutzlast. All das sind entscheidende Kriterien in Transport und Logistik.

MAHLE ist schon lange in diesem vielversprechenden Technologiesegment aktiv. Seit mehr als einer Dekade liefert das

Unternehmen Komponenten für Serienanwendungen der Brennstoffzelle an viele internationale Hersteller und arbeitet aktuell an Kundenprojekten für die nächste Antriebsgeneration.

Dabei kommt auch der neue Prüfstand im Stuttgarter Werk zum Einsatz, mit dem das Gesamtsystem besser getestet werden kann. „Die Auslegungskriterien der Bauteile verändern sich, sobald man den Fokus von der einzelnen Komponente auf das System verlagert“, sagt Philipp Sommer, Leiter Projekthaus Brennstoffzelle. Sein Team arbeitet daran, das Antriebssystem deutlich robuster und günstiger zu machen.

“

Wir wollen ambitionierte Ziele verfolgen, vor allem mit Blick auf die Kosten und die Leistungsfähigkeit unserer Komponenten.

**Philipp Sommer**  
Leiter Projekthaus Brennstoffzelle



# Härteprobe

*Bei MAHLE steht Wasserstoff auf dem Prüfstand, und das im ganz wörtlichen Sinn. Im neuen Prüfzentrum in Stuttgart werden Komponenten für Brennstoffzellen und Motoren, die CO<sub>2</sub>-frei mit Wasserstoff laufen, intensiv auf ihre Alltagstauglichkeit in schweren Nutzfahrzeugen getestet.*

Wer von einem Motorenprüfstand Lärm erwartet, der könnte vom neuen Testzentrum von MAHLE enttäuscht sein – zumindest, wenn gerade Brennstoffzellenantriebe laufen. Inmitten von Kabeln, Schläuchen und Ketten verrichten sie ihre Arbeit fast geräuschlos, selbst die Klimaanlage ist lauter als das leise Summen der Zellen.

MAHLE erprobt in seinem neuen Prüfzentrum in Stuttgart Brennstoffzellen und klassische Verbrennungsmotoren, die aber mit Wasserstoff statt Benzin oder Diesel laufen. Bei den Tests geht es um das reibungslose Zusammenspiel aller Komponenten – die sogenannte Systemlösung muss funktionieren.

Bei einer Brennstoffzelle bedeutet das zum Beispiel, dass im Antriebssystem auch Temperaturen, Drücke oder Spannungen gemanagt werden müssen. Nur dann kann aus Wasserstoff und Umgebungsluft Strom entstehen, der ein Fahrzeug antreibt.

„Wir wollen Systemlösungen finden, die wirtschaftlich und robust sind“, so Peter von Kietzell, der das Prüfzentrum leitet. Kietzell und sein Team aus rund 100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern testen die Wasserstoffantriebe auf einer Fläche von 1.400 Quadratmetern. Wo heute die Motoren leise vor sich hin summen, standen bis vor kurzem noch Prüfstände für konventionelle Verbrenner. „Unser neues Wasserstoffprüfzentrum ist ein bedeutender Schritt und ein weiteres Beispiel



für ein gelungenes Transformationsprojekt von MAHLE“, sagt dazu Dr. Martin Berger, Leiter Konzernforschung und Vorentwicklung bei MAHLE.

MAHLE ist bereits seit mehr als zehn Jahren Zulieferer für Brennstoffzellenfahrzeuge. Mit dem neuen Prüfzentrum baut der Automobilzulieferer seine Forschung und Entwicklung in diesem Bereich weiter aus. Dafür haben die Stuttgarter an ihrem Stammsitz bereits zwei Millionen Euro in die moderne Anlage investiert. Bleiben soll es dabei aber nicht: Der weitere Ausbau der Prüfstände ist bereits geplant.

# Die Peripherie entscheidet

Wie wird aus Wasserstoff Strom, der dann Lkw antreibt? Wie effizient die Stacks in einer Brennstoffzelle Energie für den Elektromotor erzeugen, hängt zu einem großen Teil von der Peripherie ab: Im Antriebssystem müssen zunächst gefilterte Umgebungsluft sowie Wasserstoff in die Brennstoffzelle geleitet werden. Im Herzstück der Einheit, den Stacks, reagieren Sauerstoff und Wasserstoff und es entsteht elektrischer Strom, der dann wieder aus der Zelle herausgeführt werden muss.

Für den gesamten Prozess wird ein ausgeklügeltes Luft- und Filtersystem benötigt. Temperaturen und Drücke müssen reguliert werden, und eine intelligente Steuerung vernetzt alles miteinander. MAHLE bietet ein komplettes Portfolio dieser Komponenten als Systemlösung an.

## Thermomanagement



### Ventilator

Elektronisch geregelte Lüfter kennen alle für die Kühlung und Klimatisierung relevanten Temperaturen und regeln exakt die erforderliche Lüfterdrehzahl ein.



### Kühlmittelpumpe

Gebaut im modularen Design befördert sie deionisiertes, kaum elektrisch leitfähiges Kühlmittel durch die Brennstoffzellenperipherie.



## Luftmanagement



### Luftfiltersystem

Filter vermeiden das Eindringen von Schadgasen und Partikeln, die die Zelle beschädigen oder vorzeitig altern lassen.



### Kathodenluftkühler

Beim Verdichten erwärmt sich die Luft, die für die kalte Verbrennung in den Zellen wieder heruntergekühlt werden muss.



### Membranbefeuchter

Brennstoffzellen müssen zuverlässig befeuchtet werden. Befeuchter von MAHLE übertragen Feuchtigkeit von der Abluft hin zur zunächst trockenen Zuluft.

## Wasserstoffheizung



### Wasserstoffheizung

Der Wasserstoff muss vor allem im Winter vor der Reaktion in den Stacks noch auf Idealtemperatur gebracht werden.



## URBANE MOBILITÄT

# Wie smart ist das denn?

*Leicht, sportlich und vernetzt – diese Eigenschaften zeichnen die E-Bike-Systeme von MAHLE aus. Mehr als 40 Hersteller rüsten mit der Technik des Technologiekonzerns elektrische Räder aus. Für Stadt, Landstraße und Gelände.*

Die Zahl der E-Bikes auf dem europäischen Markt wächst schnell. Zugleich stellen die Kunden höhere Ansprüche. Sie wollen elegantes Design, einen starken Motor mit hoher Reichweite sowie smarte Technik – außerdem ein Fahrgefühl wie auf herkömmlichen Rädern. MAHLE hat es geschafft, diese Anforderungen zu vereinen.





MAHLE

# Alles im Rahmen

Die leichtesten E-Bikes mit Antrieb von MAHLE bringen kaum zehn Kilo auf die Waage – und damit extrem wenig. Außerdem müssen alle, die auf die Hilfe des Motors verzichten, nicht wie bisher gegen einen Widerstand antreten. Per Knopfdruck lässt sich auf Wunsch der Antrieb von 250 Watt zuschalten. Der leistungsfähige Radnabenmotor mit gerade einmal zwei Kilogramm Gewicht ist dabei kaum zu erkennen. Ähnlich kompakt fällt die Mittelmotorvariante aus, die am Tretlager sitzt.

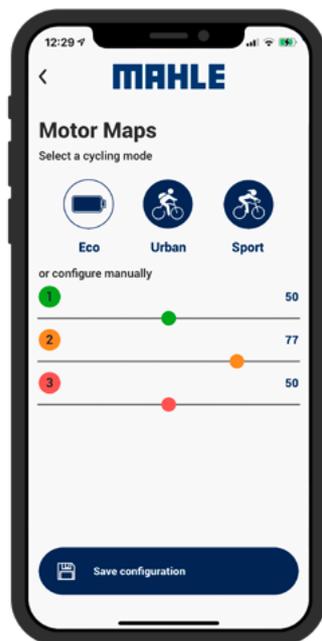
Ebenfalls ein Leichtgewicht ist die schlanke Batterie, die komplett im Rahmen verschwindet. Kein Bauteil stört die sportlichen Formen des Rads. Dabei hat der Akku eine Kapazität von 245 Wattstunden, was angesichts des geringen Gewichts eine ordentliche Reichweite garantiert. An längeren Fahrtagen lässt sich ein Range Extender mit 208 Wattstunden zuschalten.



## 10 kg

wiegen die leichtesten E-Bikes  
mit MAHLE Antriebssystem.





## Voll vernetzt

Ein wichtiger Fokus von MAHLE liegt auf der vollständigen Konnektivität der Antriebssysteme. So erlaubt das smarte System bereits jetzt die Verbindung zu digitalen Endgeräten über zwei Apps. Ein Online-Dashboard ermöglicht es den Nutzern zudem, jederzeit wichtige Fahrdaten oder den allgemeinen Status des Rads abzufragen. Ein Feature, von dem auch der stationäre Fachhandel profitiert, da dem Kunden so zielgerichtet Service angeboten werden kann.

Durch diese neuartige Konnektivität schafft MAHLE eine bisher nicht da gewesene Verbindung zwischen Produkt, Kunden sowie Herstellern und Fachhandel. Mit Blick auf die Zukunft werden unter anderem neue Sicherheitsfeatures möglich: Etwa durch intelligente Sensoren am Bike oder mithilfe künstlicher Intelligenz wird MAHLE das Radfahren im Stadtverkehr auf einen neuen Sicherheitsstandard heben.



# Fahrräder mit E-Antrieb: passende Produkte von MAHLE

## 2 Range Extender

Sollte der Akku leer oder eine längere Tour geplant sein, lässt sich ein weiterer Stromspeicher wie eine Trinkflasche am Rahmen befestigen – und bringt noch einmal eine Kapazität von 208 Wattstunden. Mitführen muss der Nutzer den flexiblen Stromspeicher nur bei Bedarf. Mit 1,45 Kilogramm Gewicht wiegt der Range Extender nicht mehr als eine große Flasche Wasser. Die Ladezeit beträgt drei Stunden.

## 1 X35+ Motor

Ein Antrieb, der sich auf den Nutzer einstellt. Der nahezu geräuschlose MAHLE X35+ Heckmotor mit 250 Watt lässt sich auf Knopfdruck zuschalten. Wird das Rad mit reiner Muskelkraft gefahren, leistet der X35+ keinen Widerstand. Mit einem Gewicht von 2,1 Kilogramm ist er besonders leicht und fügt sich in die sportliche Optik eines Rennrads ein.





### 3 Schlanke Batterie

Klobige Batterien, die das Design des E-Bikes beeinträchtigen, gehören der Vergangenheit an – zumindest bei MAHLE. Der besonders schlanke Stromspeicher verschwindet völlig im Rahmen und wiegt nur gut ein Kilogramm. Mit einer Kapazität von 245 Wattstunden sichert die Batterie eine hohe Reichweite. In vier Stunden ist der Akku an der Steckdose vollständig aufgeladen.

### 4 iWOC

Auf den ersten Blick ein eleganter Ein- und Ausschalter. Auf dem Oberrohr platziert, lässt er sich in jeder Lage schnell und einfach bedienen. Der iWOC dient aber nicht nur dazu, den elektrischen Antrieb zuzuschalten. Der Nutzer kann mit seiner Hilfe auch die Art der Unterstützung wählen. Je nach Stufe leuchtet ein Ring auf dem Schalter in einer bestimmten Farbe. Da alle Leitungen des iWOC im Rahmen verlegt sind, wirkt das Cockpit des E-Bikes besonders aufgeräumt.

### 5 e-Shifter

Bei MAHLE spielt Sicherheit eine wichtige Rolle. Daher haben wir den e-Shifter entwickelt. Der elektrische Schaltknopf kann flexibel überall am Lenker angebracht werden. So ermöglicht er es, die Unterstützung zu regeln, ohne die Hand vom gebogenen Lenker zu nehmen.

### 6 Kabelloses PulsarONE-Display

Das Display von 2,1 Zoll bildet übersichtlich alle Informationen ab, die auf dem E-Bike wichtig sind. Es lässt sich einfach bedienen und kann außerdem zum Wechsel der Assistenzlevel genutzt werden.

# Auffällig unauffällig

*Interview mit dem MAHLE  
E-Bike-Experten Jochen Sommer*

## Jochen, was ist das Besondere am MAHLE E-Bike-Antrieb?

**Jochen Sommer:** Mit unserem Antriebssystem erhalten wir die DNA des Fahrrads. Denn die Elektrifizierung ist kaum zu erkennen. Unser Designkonzept „Light. Sport. Smart.“ beginnt beim Antrieb, der unsichtbar im Hinterrad verbaut ist, und setzt sich bei der sehr kompakten Batterie fort. Sie ist sehr schön im Rahmen integriert. Auch die Bedienelemente wie unser iWOC ONE sind unauffällig und zugleich hochfunktional. Hersteller wie Schindelhauer aus Berlin loben dieses Design, das auf maximale Integration in bestehende Teile des Fahrrads ausgelegt ist. Das heißt, wenn Sie ein klassisches E-Bike neben eines mit unserem Antrieb stellen, erkennen Sie das Rad mit dem MAHLE Antrieb nicht als E-Bike, das andere in der Regel sofort.

## Woher stammt die Antriebstechnik?

Wir nutzen Technologien aus dem Automobilbau. Genauer gesagt, setzen wir auf unser Know-how bei den Lenkhilfemotoren aus unserem Mechatronikbereich. Natürlich haben wir nicht bei Null angefangen, denn was solche elektronischen und mechatronischen Komponenten angeht, verfügen wir bei MAHLE bekanntermaßen über ein lang gewachsenes, umfangreiches Wissen.



## Was ist das Smarte an den MAHLE E-Bike-Komponenten?

In der ersten Generation von E-Bikes war schon einiges digitalisiert, aber noch nicht smart. Heute ist die Konnektivität viel stärker fortgeschritten. Wir verbinden den Antrieb mit einer App. Sie sagt mir: Wo war ich? Wie schnell war ich unterwegs? Ich kann alles auf einer Karte anschauen oder Routen planen. Und im Vergleich zu klassischen Fitness-Apps sehe ich, was ich selbst geleistet habe und was vom Motor kam. Das E-Bike kann so als aktiver Trainingspartner genutzt werden. Natürlich kommen dabei die sozialen Medien nicht zu kurz, wenn ich Fahrten mit Freunden oder der Öffentlichkeit teilen und mich zu gemeinsamen Touren verabreden kann. Ebenfalls smart: Durch unsere Verknüpfung mit dem Antrieb weiß ich, wann wieder eine Wartung fällig ist. Praktisch ist das auch für die Werkstätten oder Hersteller, die ihren Service optimieren können, weil sie per App Diagnose-

daten abrufen können und direkt mit dem Kunden verbunden sind. Nicht zuletzt erhöht die Vernetzung auch die Sicherheit durch Zusatzfunktionen, wie zum Beispiel den Diebstahlschutz per Tracking und Geofencing.

## Was können wir in Zukunft noch erwarten?

Der E-Bike-Markt boomt zu Recht, und wir haben noch jede Menge Ideen. Neben neuen Sicherheitsfeatures, die zum Beispiel sensorgestützt arbeiten und im Verkehr mit anderen Fahrzeugen kommunizieren, geht es künftig um die richtige Ladung und Steuerung von Batterie und Fahrwerk. Und zwar für Strecken, die das System selbst erkennt oder die die Radfaherin oder der Radfahrer ihm nennt. Die Systeme sollen lernfähiger werden und etwa den Weg zur Arbeit automatisch erkennen, um die Antriebssteuerung anzupassen. Sensoren und maschinelles Lernen bringen großes Potenzial mit sich.

# Scooter und Utility Vehicles



## Zweirad-Antriebssysteme für Scooter

E-Scooter sind wendig, leicht und flexibel. Gleichzeitig ist der Bauraum für ihren Antrieb stark begrenzt. MAHLE bietet daher besonders kompakte Antriebslösungen für die motorisierten Zweiräder. Weniger leistungsstarke Modelle arbeiten meist mit luftgekühlten IPM-Motoren (Interior Permanent Magnet Synchronous Motor) und einer äußerst platzsparenden Elektronik. Zur Ausstattung gehört zudem eine Hybridsteuerung. Sie kombiniert für ein dynamisches Fahrerlebnis Drehzahl- und Drehmomentregelung miteinander. Größere und leistungsstärkere Antriebssysteme sind in der Regel flüssigkeitsgekühlt.



MAHLE Niedervoltantriebe für Scooter und Dreiräder mit Leistungen von 6 bis 14 kW

## Induktionsmotoren für Nutzfahrzeuge und Golfcarts

Für elektrische Mikro-Nutzfahrzeuge und Golfcarts sind MAHLE Induktionsmotoren mit den passenden Antriebscontrollern die ideale Lösung. Ein Algorithmus reguliert das Traktionsmoment und passt das Drehmoment reibungslos und präzise an alle Boden- und Lastbedingungen an.

Bei Bedarf können die Controller auch Treiber für Bremswiderstände enthalten. Sie bremsen das Fahrzeug bei vollgeladener Batterie ab.



MAHLE Niedervoltantriebe für Nutzfahrzeuge und Golfcarts mit Leistungen von 10 bis 18 kW



# Entwicklungsexperten – MAHLE Powertrain

*Die nächste Generation von Antrieben wird so vielfältig wie nie. Als erfahrener Spezialist für Antriebsstränge aller Art unterstützt MAHLE Powertrain Automobilhersteller bei ihrem nächsten Schritt nach vorn. Motor, Getriebe, Hybrideinheit, Software oder Betriebsstrategie – hier kommt alles aus einer Hand.*

Wer Engineering- und Beratungsdienstleistungen von Experten sucht, ist bei MAHLE Powertrain genau richtig – und das bei jedem Antriebsystem. Zum breiten Leistungsspektrum zählen Konstruktion, Erprobung, Entwicklung, Kalibrierung und Integration von hybridisierten Verbrennungsmotoren und elektrifizierten Antriebsstrangsystemen. Bei allen Projekten sind echte Innovationen oder das nächste Technologielevel für serientaugliche Lösungen das oberste Ziel. Auf dem Weg dorthin stehen die Expertinnen und Experten den Fahrzeugherstellern als Partner für Spitzenforschung, Entwicklung und Anwendung stets zur Seite.

## Modernes Testen

Um aktuellen Technologietrends immer einen Schritt voraus zu sein, investiert MAHLE Powertrain kontinuierlich in modernste Entwicklungs- und Testinfrastruktur. So auch im eDrive Testzentrum in Fellbach bei Stuttgart. Hier werden E-Achsen und E-Antriebsaggregate für ein breites Spektrum von Elektro- und Hybridfahrzeugen entwickelt und erprobt. Um die Kompatibilität mit allen potenziellen Fahrzeugantriebsanwendungen sicherzustellen, werden Systeme mit Hoch- und mit Niederspannungsbatterien betrieben. Hochspezifische Permanentmagnet-Synchron-Elektromotoren re-

plizieren die von den angetriebenen Rädern aufgebracht Lasten, während ein thermisches Konditionierungssystem es ermöglicht, eDrives in einem breiten Temperaturbereich zu testen.

## Partner für Batterie-Engineering

Hochmoderne Simulation und Erprobung sind nur zwei Stärken von MAHLE Powertrain. Dank des tiefgehenden Know-hows für neue Technologien unterstützen die Experten die internationale Automobilindustrie auch als Entwicklungspartner. Mit Blick auf die steigende Elektrifizierung der Mobilität sind Engineering-Dienstleistungen für neue Batterien immer gefragt. Die Arbeit am neuen 48-Volt-Batteriepaket von MAHLE ist dafür ein Erfolgsbeispiel innerhalb der Unternehmensgruppe. Es wurde mit Unterstützung von MAHLE Powertrain für





wiederholtes Laden und Entladen mit hohen Leistungen konzipiert, um das Potenzial für die Energierückgewinnung bei Verzögerungs- und Bremsvorgängen zu maximieren. Grundlage waren Daten aus der Analyse des Fahrverhaltens eines typischen Mittelklassefahrzeugs.

### International präsent

Als Engineering Services-Tochter unterstützt MAHLE Powertrain Kunden unabhängig vom MAHLE Mutterkonzern bei der Auswahl der am besten geeigneten Technologien oder Komponenten für den jeweiligen Bedarf. MAHLE Powertrain ist international mit acht Standorten in Großbritannien, Deutschland, den USA, China und Brasilien vertreten. Somit können Kunden in den großen Automobilmärkten vor Ort direkt mit unseren Experten arbeiten.



# 3

Millionen Euro hat MAHLE in den Prüfstand für E-Motoren in Fellbach investiert.

# 8

internationale Zentren bieten Kunden Vor-Ort-Expertise in Großbritannien, Deutschland, den USA, China und Brasilien.

# MAHLE Motorsport

*Innovationen aus dem Rennstall direkt auf die Straßen:  
MAHLE sorgt mit seinen Partnern nicht nur für  
Adrenalinschübe bei Rennsportfans, sondern auch für  
Technologiesprünge etwa im Bereich Elektromobilität.*





MAHLE setzt seit vielen Jahrzehnten darauf, Technologien aus dem Rennsport für alle Autofahrer nutzbar zu machen. Ohne das Know-how des Technologiekonzerns wären zahllose Siege und Meistertitel in sämtlichen Motorsportdisziplinen und -serien undenkbar.

Zahlreiche US-Rennsportteams setzen seit Jahren auf die Hochleistungskolben von MAHLE Motorsport. Gleichzeitig treibt MAHLE in Partnerschaften mit dem erfolgsverwöhnten Formel-E-Team DS TECHEETAH und der Scuderia Ferrari in der Formel 1 technologische Innovationen voran – gleich ob bei Fahrzeugen mit E-Antrieb oder Verbrennungsmotor.

Für DS TECHEETAH, aktueller Titelverteidiger der wegweisenden Rennserie ABB FIA Formula E, ist MAHLE seit August 2020 Technologiepartner. Der Entwicklungspartner unterstützt das Rennteam mit seiner langjährigen Expertise in der Elektromobilität und gewinnt dabei gleichzeitig wichtige Erkenntnisse im Hinblick auf nachhaltige Mobilität. Das beste Beispiel dafür ist die Energieeffizienz von 97 Prozent, die die elektrischen Antriebe dort erreichen.

# 97%

der elektrischen Energie setzen Formel-E-Autos in Vortrieb um.

## Esports mit Williams

Das Rennsportfieber hat sich längst auch digital verbreitet. So bringt MAHLE das eigene Simulations- und Test-Know-how gemeinsam mit dem Traditionsrennstall Williams im Rennsport am Simulator ein. Darüber hinaus kommt das Know-how des Technologiekonzerns in Rennfahrzeugen fast aller Serien, Klassen und Marken weltweit erfolgreich zum Einsatz. Und weil das so ist, finden sich die Bauteile von MAHLE nicht nur in den sportlichsten Modellen aller möglichen Automobilhersteller, sondern bringen auch alle anderen Autofahrer energiesparend, effizient und sauber ins Ziel.



# Roadmap Zero CO<sub>2</sub>

Was sind die Energieträger der Zukunft? Welchen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck haben sie? Ein Blick auf die Energiewelt von morgen.



## Legende:

- Elektrischer Strom
- Wasserstoff

### 1 Quelle:

Wind, Solar, Wasserkraft, Biomasse, aber auch Erdgas mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Nuklearenergie. Es gibt viele CO<sub>2</sub>-arme Energiequellen, die im Energiemix der Zukunft eine wichtige Rolle spielen.

### 2 Umwandlung:

Viele Energieformen oder Rohstoffe sind nicht direkt nutzbar, sondern müssen zunächst umgewandelt werden. Zwei Beispiele: Nicht bedarfsgerecht erzeugte elektrische Energie wird über Elektrolyse zu Wasserstoff oder Biomasse zu Biogas.

### 3 Netz/Speicher:

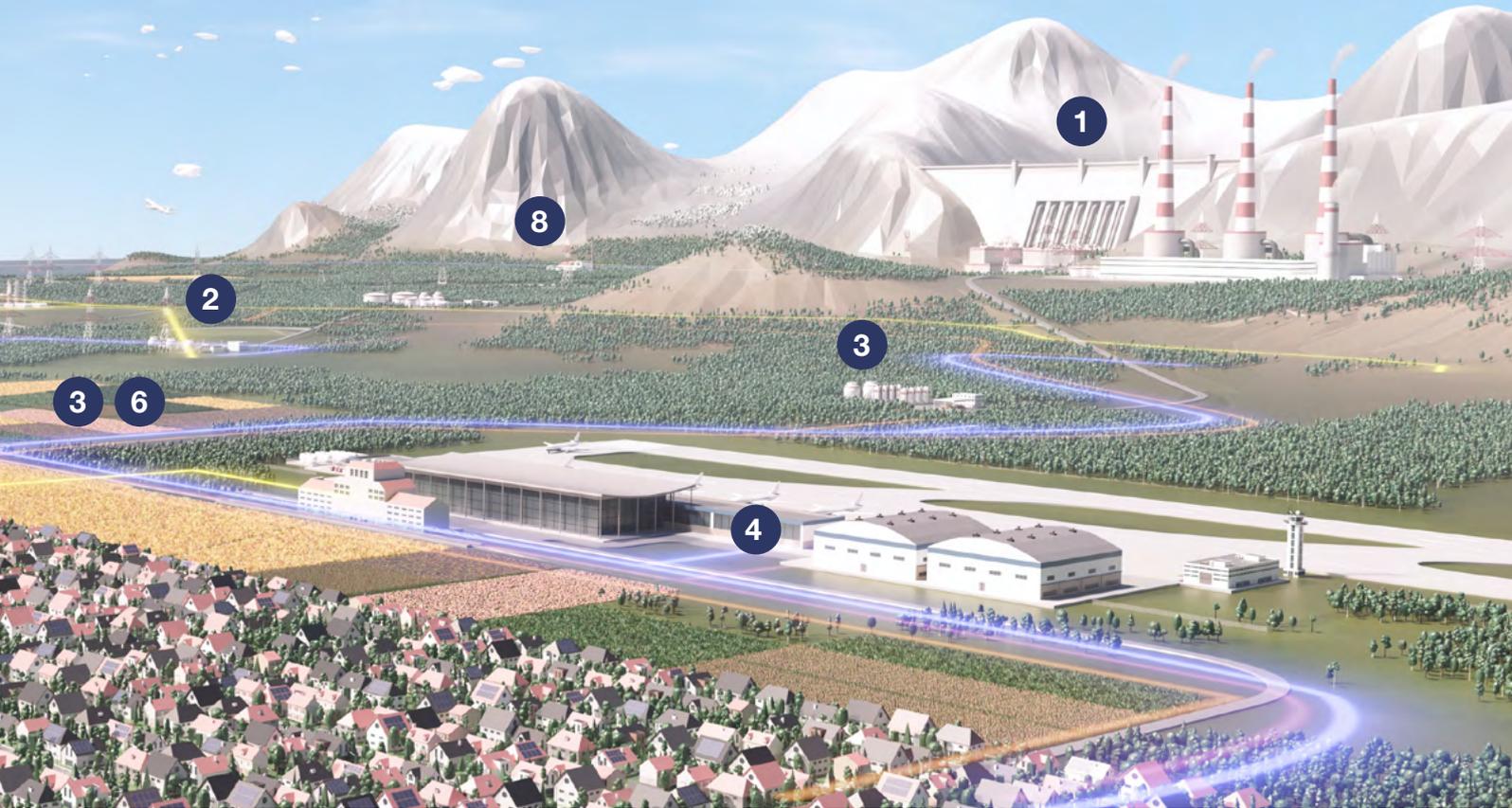
Energie wird häufig zentral in größeren Anlagen bereitgestellt und von dort aus zu den ganz verschiedenen Nutzern transportiert. Bei chemischen Energieträgern wie Wasserstoff oder E-Fuels kann das Netz gleichzeitig Speicher sein. Bei Elektrizität fungiert das Stromnetz ausschließlich als Übertrager.

### 4 Nutzung:

Im Mobilitätssektor werden mittelfristig alle Energieformen eine wichtige Rolle spielen: Strom, Wasserstoff, E-Fuels/Biofuels und Biogas. Alle haben ihre eigenen Vorteile. Egal für welche Anwendung und Mobilitätskonzepte, MAHLE bietet Lösungen für die Mobilität der Zukunft.

### 5 Elektrizität:

CO<sub>2</sub>-neutraler Strom ist der Schlüssel zu Klimaneutralität. Er kann aus Wind, Wasserkraft oder Solarenergie gewonnen werden. Für die Stabilisierung des Netzes ist es jedoch notwendig, Angebot und Nachfrage auszugleichen oder den Strom per Elektrolyse in Wasserstoff zwischenzuspeichern. Im Mobilitätssektor bietet sich die direkte Nutzung mittels batterieelektrischer Antriebe insbesondere für leichtere Fahrzeuge und für kürzere Strecken an.



#### 6 Wasserstoff:

Wasserstoff ist eine Säule im zukünftigen Energiemix. Im Mobilitätssektor kann er direkt in Brennstoffzellen oder Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Dank seiner hohen Energiedichte eignet er sich besonders dort, wo große Reichweiten zählen. In Industriesektoren wie Stahl oder Chemie bietet Wasserstoff großes Potenzial, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren. Er kann zudem zur Speicherung von Strom aus volatilen erneuerbaren Energiequellen oder als Grundstoff für synthetische Kraftstoffe genutzt werden.

#### 7 E-Fuels/ Biofuels:

E-Fuels aus erneuerbaren Energien und Biofuels stellen eine vielversprechende Möglichkeit dar, sowohl die aktuelle Infrastruktur als auch die aktuelle Fahrzeugflotte direkt zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen einzusetzen, beispielsweise über Beimischung.

#### 8 Gas:

Gas aus Biomasse kann in das bestehende Gas- und Speichernetz eingespeist und anschließend in Anlagen und Motoren verwendet werden. Beispielsweise für den Betrieb von Gebäuden oder in großen Schiffsmotoren. Gleichzeitig stellt seine Verstromung in Gaskraftwerken eine Möglichkeit dar, das Stromnetz zu stabilisieren.

# Nachhaltigkeit bei MAHLE

*Nachhaltigkeit ist fest im Selbstverständnis von MAHLE verankert. Mit ressourcenschonenden Technologien sowie mit nachhaltigen Produkten und Produktionsprozessen arbeitet MAHLE tagtäglich daran, Mensch und Umwelt immer weiter zu entlasten. Als innovativer Partner für effiziente, umweltgerechte Mobilitätslösungen begleitet MAHLE seine Kunden auf ihrem Weg in eine nachhaltige Zukunft.*

## Emissionen reduzieren mit MAHLE Know-how

Um die Pariser Klimaziele zu erreichen, müssen die Treibhausgas-Emissionen im Verkehr drastisch sinken. Beim Umstieg auf umweltfreundliche Mobilitätsmodelle ist der Hebel, den MAHLE bedient, groß: In Pkw, Nutzfahrzeugen, Großmotoren und Zweirädern kommen rund um den Globus MAHLE Produkte zum Einsatz. So profitieren Kunden weltweit vom über Jahrzehnte gesammelten Entwicklungs- und System-Know-how eines Weltmarktführers im Bereich Motorsysteme und -komponenten. An der Seite von Kunden und Gesellschaft wird MAHLE aktuellen und künftigen Gesetzgebungen gerecht und hilft, Schadstoffe, Treibhausgase und Lärm immer weiter zu reduzieren.

### **Weiterentwicklung etablierter Technologien**

In einigen Einsatzszenarien und Märkten wird der Verbrennungsmotor voraussichtlich noch einige Zeit eine wichtige Rolle spielen – etwa bei mittleren und schweren Nutzfahrzeugen oder während des Übergangs zur E-Mobilität. Aus diesem Grund arbeitet MAHLE daran, etablierte Technologien weiter zu optimieren. Das Ziel: den Verbrennungsmotor noch sauberer und effizienter zu machen und Energieverbrauch, CO<sub>2</sub>-Ausstoß und andere Emissionen schon heute deutlich zu reduzieren.

# 20 %

leichter ist das neue MAHLE Kunststoff-Nockenwellenmodul im Vergleich zu konventionellen Modulen aus Aluminium.

Großes CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial entsteht vor allem durch den Einsatz von synthetischen Kraftstoffen und grünem Wasserstoff. Auch Aerodynamik, Reibung und Thermomanagement kommen zum Tragen. So erzielen neue Bauteile wie ein innovatives Leichtbau-Nockenwellenmodul eine sofortige Wirkung. Die aus einem Spezialkunststoff gefertigte Komponente reduziert das Gewicht des Verbrennungsmotors und wird gleichzeitig klimaschonender produziert als konventionelle Aluminium-Nockenwellenmodule. Auch die innovativen Kühlsysteme von MAHLE können dabei helfen, den Kraftstoffverbrauch und damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken.

### Innovative Technologie für alternative Antriebsformen

Im urbanen Verkehr, insbesondere bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen, ergänzen zunehmend alternative Antriebsformen die vorhandenen Technologien. MAHLE treibt die Entwicklung entsprechender Systeme verstärkt voran. Dazu zählt neben hybriden und batterieelektrischen Antrieben auch die Brennstoffzelle. Der MAHLE Modular Hybrid Powertrain setzt als vollständig integrierter und modularer Plug-In-Hybridantrieb auf einen besonders effizienten 2- oder 3-Zylinder-Turbo-Benzinmotor und ist so für eine Vielzahl von Fahrzeugarten geeignet. Dank seiner kompakten Bauweise ist er gleichzeitig kostengünstiger und leichter als andere Hybridantriebe. Das innovative MAHLE Batteriemanagementsystem mit integriertem Thermomanagement erhöht die Schnellladefähigkeit von Batterien in E-Fahrzeugen. Der Vorteil: Die schnellere Ladung ermöglicht es, kleinere und leichtere Batterien zu verbauen. Das verbessert den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des E-Fahrzeugs und verringert gleichzeitig den Bedarf an weltweit knapper werdenden Rohstoffen für die Batterieproduktion.

“

Gemeinsam mit unseren Lieferanten setzen wir die Segel, um Klimaschutz und nachhaltiges Wirtschaften zu fördern – und das weltweit.

**Kathrin Apel**

Leitung Zentrale Nachhaltigkeit, Gesundheit, Arbeitssicherheit und Umweltmanagement



## Nachhaltigkeit in der Lieferkette

Als wichtiges Glied der globalen Wertschöpfungskette der Automobilindustrie übernimmt MAHLE nicht nur für die eigenen Aktivitäten Verantwortung, sondern bezieht auch die gesamte vorgelagerte Lieferkette mit ein. Eine Verhaltensrichtlinie für Lieferanten enthält unter anderem strikte Vorgaben zur Einhaltung von Menschenrechten, zu fairen Arbeitsbedingungen und Maßnahmen zur Korruptionsvermeidung sowie zu Umwelt- und Klimaschutz. Bei der Auswahl von Lieferanten berücksichtigt MAHLE, ob sie nach zertifizierten Qualitäts- und Umweltstandards arbeiten.

Strenge Standards gelten auch für die Materialien, die MAHLE einsetzt, und deren Auswirkungen auf Menschen und Natur. Minerale wie Zinn, Wolfram oder Gold etwa stammen häufig aus umkämpften Regionen. Um eine indirekte Unterstützung von Konflikten und damit verbundenen Menschenrechtsverletzungen zu verhindern, müssen die Lieferanten dieser sogenannten Konfliktminerale ihre Herkunft genau überwachen und dokumentieren.



# 83 %

der rund 160 MAHLE Standorte waren 2019 nach den Umweltmanagementsystemen ISO 14001 und/oder EMAS zertifiziert.

## Die CO<sub>2</sub>-Roadmap von MAHLE

Die Produktion in der Automobilbranche erfordert einen hohen Energieeinsatz und verursacht Emissionen in Luft und Wasser – das gilt auch für MAHLE. Um den Einfluss auf Mensch und Umwelt so gering wie möglich zu halten, unterliegen die Produkte, Verbrauchsstoffe, Prozesse und Maschinen von MAHLE über die gesetzlichen Auflagen hinaus einer kontinuierlichen Bewertung und Optimierung.

# -11,7 %

Die absoluten Treibhausgasemissionen des MAHLE Konzerns konnten zwischen 2018 und 2019 deutlich gesenkt werden.



Das MAHLE Filterwerk in St. Michael bezieht seit Werksgründung seinen Strom aus Wasserkraft und anderen erneuerbaren Energiequellen.

In Bezug auf direkt verursachte CO<sub>2</sub>-Emissionen und solche, die mit eingekaufter Energie verbundenen sind, soll der gesamte Konzern bis 2040 CO<sub>2</sub>-neutral sein, die deutschen Standorte bereits ab Ende 2021. Dieses ambitionierte Ziel will MAHLE jährlich durch Reduktion des Energieverbrauchs sowie über CO<sub>2</sub>-Zertifikate und Herkunftsnachweise erreichen. Durch Photovoltaikanlagen erzeugt MAHLE zudem zunehmend eigenen regenerativen Strom oder bezieht verstärkt Grünstrom. CO<sub>2</sub>-Emissionen, die sich auch künftig nicht vermeiden lassen, gleicht MAHLE langfristig mit Kompensationsmaßnahmen aus.

## Nachhaltigkeit ganzheitlich betrachten

Als Stiftungsunternehmen ist Nachhaltigkeit für MAHLE ein Handlungsgrundsatz. Die Aktivitäten zum Umweltschutz erstrecken sich von Forschung und Entwicklung über die Produktion bis hin zum Recycling von MAHLE Produkten. Auch im Bereich des sozialen Engagements und der Arbeitgeberverantwortung ist MAHLE breit aufgestellt: Es gibt zahlreiche Maßnahmen für die Sicherheit und Gesundheit der Menschen, die bei MAHLE arbeiten. Gelebte Vielfalt und Chancengleichheit haben einen hohen Stellenwert, Diskriminierung jedweder Natur stellt sich MAHLE strikt entgegen. Im Umfeld seiner weltweiten Standorte fördert MAHLE zudem seit vielen Jahren zahlreiche Projekte und Initiativen.

Schon die Unternehmensgründer Hermann und Dr. Ernst Mahle verknüpften den Erfolg von MAHLE mit gesellschaftlicher Verantwortung und gründeten 1964 die gemeinnützige MAHLE Stiftung, die bis heute 99,9 Prozent der Anteile am Konzern hält. Sie garantiert die unternehmerische Unabhängigkeit von MAHLE und stellt sicher, dass ein Großteil des er-

wirtschafteten Ertrags wieder in das Unternehmen investiert werden kann. Mit der jährlichen Dividende aus dem Jahresüberschuss fördert sie soziale Projekte in den Bereichen Gesundheit und Pflege, Landwirtschaft und Ernährung, Bildung und Erziehung sowie Kunst und Kultur.



>100

Projekte und Initiativen unterstützte die MAHLE Stiftung weltweit im Jahr 2020.

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

[www.mahle.com](http://www.mahle.com)

00007866E1.8/21