



Mit E-Mobilität in die Zukunft

ZF-Produkte für Hybrid- und Elektrofahrzeuge



01

Elektrische Mobilität

04 Elektrische Mobilität –
Megatrend mit Potenzial

03

Produkte

- 09 48V-Hybridsystem
- 10 Elektrische Maschine
- 11 Hybridmodul
- 12 Hybridgetriebe
- 13 Leistungselektronik
- 14 Elektrischer Achsantrieb
- 15 Modulares elektrisches
Hinterachskonzept

02

Antriebsformen

- 06 Vielfalt der Effizienz:
Elektrifizierung des
Antriebsstrangs
- 08 Neue Features dank
E-Mobilität



Innovativ und Zukunftsfähig.

Mit Pkw-Antriebstechnik von ZF fahren Millionen Menschen auf der ganzen Welt – heute und in Zukunft. Die Produkte sind auf Effizienz ausgerichtet und setzen zugleich Maßstäbe bei Komfort und Fahrdynamik. Fahrzeugen mit ZF-Technik an Bord gelingt so der anspruchsvolle Spagat zwischen den Zielen, die Individualmobilität zu gestalten und Umwelt & Ressourcen möglichst zu schonen.

ZF-Antriebstechnik ist auch aus den Automobilen der Zukunft nicht wegzudenken, denn ZF stellt mit seinen modernen und zuverlässigen Komponenten ebenso die Weichen für viele Trends – etwa die Elektrifizierung des Antriebsstrangs. Diese Innovationskultur wie auch die Fähigkeit, in höchster Qualität zu produzieren, macht ZF zu einem wertvollen Partner für die internationale Automobilindustrie.

Elektrische Mobilität – Megatrend mit Potenzial

Elektrische Antriebe sind ein wichtiges Element, um nachhaltige Mobilitätskonzepte zu ermöglichen. ZF steuert dazu innovative Systeme und Komponenten bei.



Schon vor mehr als 100 Jahren experimentierten Ingenieure mit elektrischen Antrieben für die frühen Automobile. Dass sich dann bis heute ein Antriebskonzept durchgesetzt hat, das auf Flüssigkraftstoff, gewonnen aus fossilen Energieträgern, basiert, könnte sich schon bald nur als eine Phase der Automobilgeschichte erweisen. Denn die vergangenen Jahrzehnte haben die Grenzen der fossilen Energieträger aufgezeigt: Die weltweiten Ölreserven sind nicht unendlich verfügbar, verkehrsbedingte Emissionen schaden Klima und Umwelt. Vor diesem Hintergrund ist die noch immer rasant steigende Nachfrage nach Individualmobilität, insbesondere in aufstrebenden Industrienationen, den „Emerging Markets“, auf der Basis der verbrennungsmotorischen Antriebskonzepte kaum erfüllbar. Immer stärker bringen sich auch die Gesetzgeber ein: Weltweit ist die Automobilindustrie gefordert, zunehmend strengere Flottenverbrauchs- und Emissionsgrenzwerte einzuhalten. Aus all diesen Gründen sind alternative Antriebskonzepte für Pkw jetzt und in Zukunft gefragt – und bei vielen von ihnen spielt Elektrizität als Kraftquelle eine wichtige Rolle:

Reine Elektrofahrzeuge sind bereits lokal emissionsfrei unterwegs – und sobald ihre Batterien mit Ökostrom aufgeladen werden, verbessert sich ihre CO₂-Gesamtbilanz nochmals erheblich. Brennstoffzellenfahrzeuge fahren

ebenfalls ausschließlich elektrisch. Reichweitenvorteile ergeben sich dabei durch die unterwegs aus in Tanks gespeichertem Wasserstoff oder Methanol erzeugte notwendige Energie.

ZF: Lösungen aus einer Hand

Bei diesem Megatrend der Elektrifizierung können sich die Automobilhersteller auf den Technologiekonzern ZF verlassen. Denn ZF entwickelt bereits seit über 25 Jahren elektrische Antriebe für Fahrzeuge. 2008 startete das Unternehmen die erste industrielle Fertigung von elektrischen Maschinen für Hybridfahrzeuge in Europa.

Heute bieten elektrische Antriebskomponenten von ZF Lösungen für nahezu jedes Konzept der Pkw-Hersteller: Das beginnt mit der Entwicklung und Produktion elektrischer Maschinen mit unterschiedlichen Leistungswerten für den Einsatz in Parallelhybridkonzepten. Die Spannbreite reicht dabei von integrierten 48V-Lösungen mit 15 kW, die in einem Mildhybridsystem eingesetzt werden können und bereits über zahlreiche Vorzüge elektrischer Antriebe verfügen, bis hin zu leistungskräftigen elektrischen Maschinen mit bis zu 160 kW für Plug-in-Hybridgetriebe. Sehr attraktiv für Automobilhersteller ist dabei die Kompetenz von ZF, komplette Hybridmodule anzubieten, in denen auf engstem Raum die elektrische

Maschine, eine Trennkupplung sowie Torsionsschwingungsdämpfer zum Ausgleich von Drehungleichförmigkeiten des Verbrennungsmotors integriert sind. In seinen eigenen Systemen, etwa dem Plug-in-Hybridgetriebe auf Basis des 8-Gang-Automatgetriebes, setzt ZF diese Hybridmodule selbst ein.

Für reine Elektrofahrzeuge liefert ZF gewichtssparende und bauraumfreundliche elektrische Achsantriebe. Diese umfassen die elektrische Maschine, ein zweistufiges Stirnradgetriebe sowie die Leistungselektronik in einem Paket. Ein Hochdrehzahlkonzept macht das System besonders effizient.

Kunden, die elektrische Antriebssysteme von ZF beziehen, profitieren von der Gesamtkompetenz des Konzerns. Denn ZF verfügt über wertvolles System-Know-how für den kompletten Antriebsstrang, dazu zählt die funktionale und bauliche Integration ins Automobil. Ebenso wertvoll für ZF-Kunden ist die mechanische Kompetenz des Konzerns aus dessen angestammter Produktwelt in der Antriebstechnik. Sie umfasst so komplexe Themen wie die Torsionsschwingungsdämpfung oder effiziente Drehmomentübertragung.

Vielfalt der Effizienz – Elektrifizierung des Antriebsstrangs

Höhere Wirtschaftlichkeit und geringere oder gar keine Emissionen: So lautet das Ziel, das sich mit nahezu allen elektrifizierten Pkw-Antrieben verknüpft. Es lässt sich auf unterschiedlichen Wegen erreichen.

Bei Hybridfahrzeugen (Hybrid Electric Vehicles – HEV) erhält der konventionelle Verbrennungsmotor Unterstützung von mindestens einer elektrischen Maschine. Deren jeweiliges Leistungsvermögen erlaubt eine erste Einteilung: So kann ein Mikrohybrid den Verbrennungsmotor im Stand abschalten (Start-Stopp) sowie begrenzt Bremsenergie rekuperieren, übernimmt aber keine Antriebsaufgaben. Das gelingt ab dem Mildhybrid, bei dem eine elektrische Maschine den konventionellen Antrieb beispielsweise durch Boosten ergänzt; sie kann das Auto aber nicht alleine antreiben. Letzteres ermöglicht der Vollhybrid, der sich in der sogenannten Plug-in-Variante (Plug in Hybrid Electric Vehicle – PHEV) zudem an jeder Steckdose aufladen lässt. Viele Alltagsanforderungen bewältigt er bereits rein elektrisch: So erreicht ein mit dem Plug-in-Hybridgetriebe von ZF ausgestattetes PHEV Fahrzeug lokal emissionsfrei sogar Tempo 120 km/h beziehungsweise bis zu 50 Kilometer Reichweite.

Alternativ lassen sich Hybridfahrzeuge nach der Art des Zusammenspiels zwischen konventionellem Verbrennungsmotor und elektrischer Maschine kategorisieren: Können beide zeitgleich und direkt auf denselben Strang wirken, wie im Mildhybrid oder PHEV, spricht man von Parallelhybriden. Genau auf diese hat ZF für Pkw seinen Schwerpunkt gelegt. Im Gegensatz dazu sind bei seriellen Hybridantrieben die elektrischen Maschinen anders geschaltet: meist so, dass der Verbrennungsmotor einen

Generator antreibt, der die Energie für eine oder mehrere elektrische Maschinen liefert, die dem Achs- oder Radantrieb dienen.

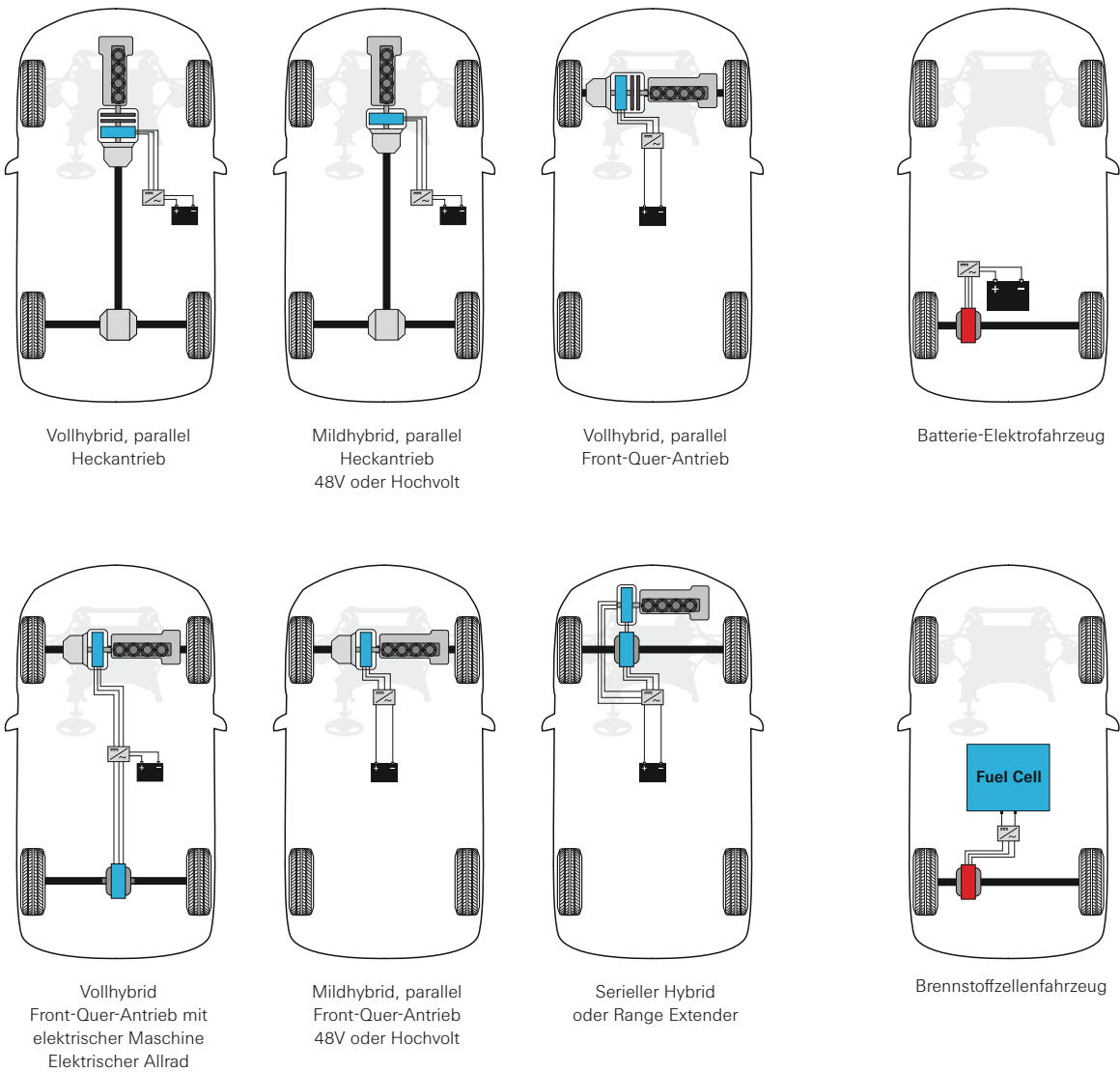
Bei reinen Elektrofahrzeugen (Electric Vehicles – EV) ist schließlich kein Verbrenner mehr an Bord. Die Energie für die elektrische Maschine bzw. Maschinen stammt entweder aus einer Batterie, wie das beim Batterie-Elektrofahrzeug (Battery Electric Vehicle – BEV) der Fall ist. Oder eine Brennstoffzelle an Bord erzeugt die elektrische Energie aus einer chemischen Reaktion, so beim Brennstoffzellenfahrzeug (Fuel Cell (Electric) Vehicle – FCEV). ZF treibt Elektrofahrzeug-Innovationen intensiv voran, insbesondere mit seinen kompletten elektrischen Achsantriebssystemen.

Ein leistungsfähigeres Bordnetz im Pkw – davon war in der Automobilindustrie bereits vor der Einführung der Hybridfahrzeuge die Rede: Denn Elektrik und Fahrzeugelektronik sorgen für immer mehr Verbraucher im Pkw, die das klassische 12-Volt-Netz an seine Grenzen bringen. Ein zusätzliches 48-Volt-Bordnetz ist zugleich ein kostengünstiger Einstieg in die Hybridisierung. Denn ein Mildhybridsystem auf 48-Volt-Basis erlaubt bereits eine Vielzahl von Hybridfunktionen – Segeln, Boosten, Rekuperieren, elektrisches Anfahren und Kriechen sowie Start-Stopp. Dank Niedervoltssystem lassen sich allerdings die elektronischen Komponenten kostengünstig im Fahrzeug integrieren. Damit ergibt sich eine Kraftstoffeinsparung von 10 bis 15 Prozent.

Die elektrifizierten Antriebskonfigurationen im Überblick

HEV – Hybrid Electric Vehicles

EV – Electric Vehicles



Übersicht der Hybrid-Klassen

Hybrid-Klasse	Mikro	Mild 48V	Voll/Full (HEV)	Plug-in (PHEV)
Mögliche Funktionen	Start-Stopp (Boosten) (Rekuperieren)	Start-Stopp Boosten Rekuperieren (Elektrisch Rangieren)	Start-Stopp Boosten Rekuperieren Begrenzt Elektrisch Fahren Segeln	Start-Stopp Boosten Rekuperieren Elektrisch Fahren Segeln
Typ Leistungsniveau	3-10 kW	15-25 kW	40-75 kW	75-160 kW



Neue Features dank E-Mobilität

Hybrid- oder reine Elektroantriebe verfügen über eine Reihe von Funktionen, mit denen sie das Fahren effizienter gestalten.

Start-Stopp

Den Verbrennungsmotor immer dann auszuschalten, wenn er nicht gebraucht wird, senkt den Verbrauch. Das ist vor allem im Stillstand der Fall. Start-Stopp-Systeme sind deshalb heute sogar in Fahrzeugen etabliert, die über keinen Hybridantrieb verfügen.

Rekuperieren

Beim Verzögern des Fahrzeugs wird die elektrische Maschine als Generator genutzt, um die Bremsenergie in elektrische Energie umzuwandeln und die Batterie zu laden.

Boosten

Ist im Hybridfahrzeug volle Leistung gefragt, unterstützt die elektrische Maschine den Verbrennungsmotor. Vorteil: Dieser kann in Hybridfahrzeugen aus diesem Grund schon kleiner und sparsamer dimensioniert werden – Stichwort: Downsizing.

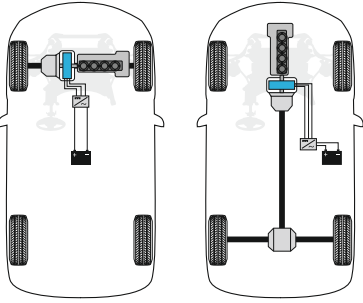
Elektrisch Fahren

Sobald elektrische Maschinen im Pkw alleine für den Vortrieb sorgen, entstehen während des Fahrens lokal keinerlei Emissionen mehr – und kaum noch Geräusche. Das sind große Pluspunkte, nicht zuletzt in innerstädtischen Bereichen, wo zunehmend strengere Zugangsbeschränkungen für konventionell betriebene Fahrzeuge gelten.

Segeln

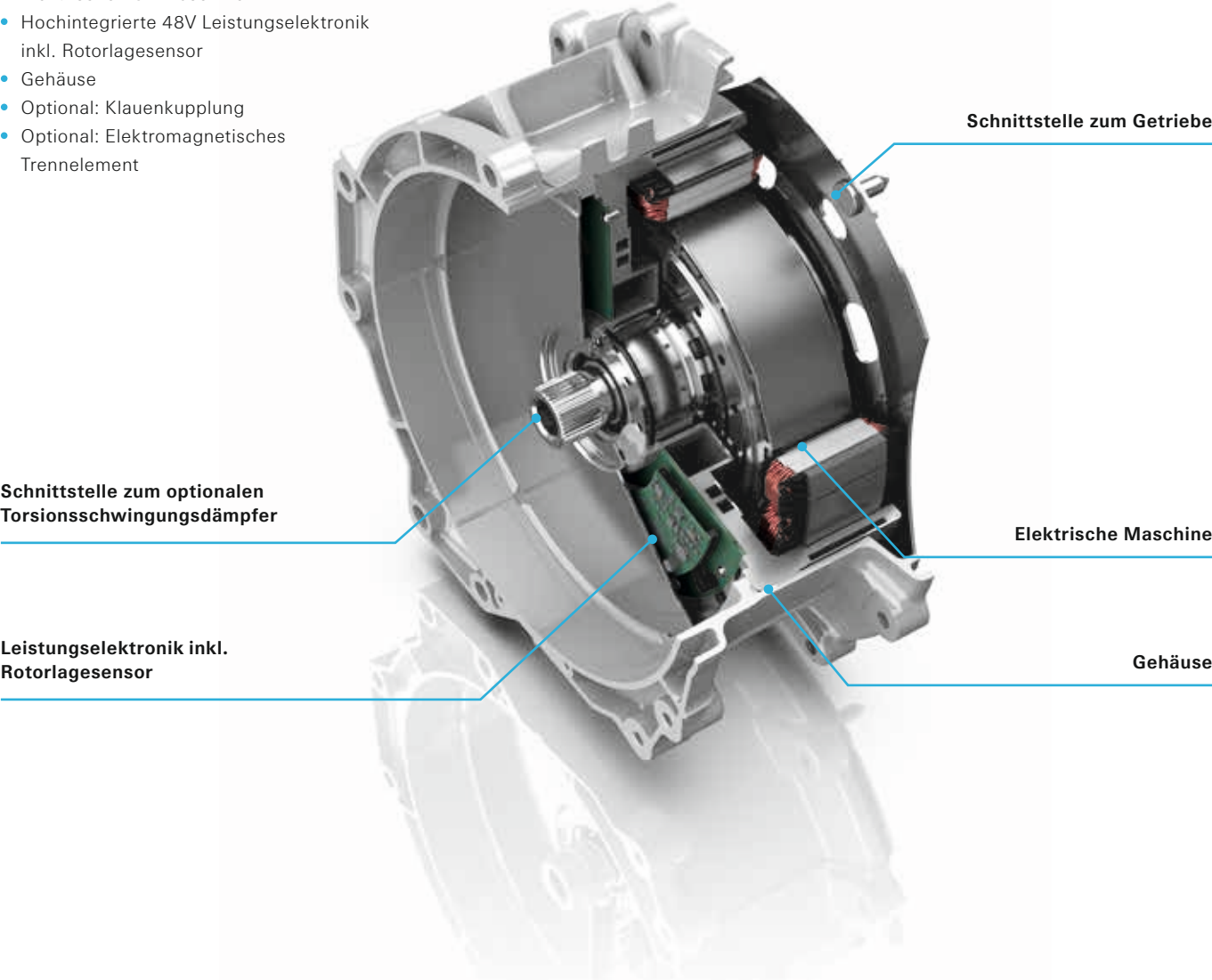
In Fahrsituationen mit geringer Antriebsleistung, z.B. Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit oder leicht bergab, wird der Verbrennungsmotor abgeschaltet und die elektrische Maschine übernimmt bei Bedarf den Fahrzeugantrieb.

48V-Hybridsystem

Beschreibung	Permanenterregte Synchronmaschine (PSM)	Einheit	Antriebskonfiguration
Typ	PI286F10U1L50		
Außendurchmesser	286	mm	 Mildhybrid, parallel Front-Quer-Antrieb 48V oder Hochvolt Mildhybrid, parallel Heckantrieb 48V oder Hochvolt
Aktive Länge	50	mm	
Spannungsbereich	36 – 52	Vdc	
Max. Leistung mot. (10s)	20	kW	
Max. Leistung gen. (10s)	24	kW	
Max. Leistung mot. cont.	14	kW	
Max. Leistung gen. cont.	17	kW	
Max. Drehmoment kalt @ 0°C @ 900A	205	Nm	
Max. Drehmoment warm @ 120°C @ 800A	180	Nm	

Komponenten

- Elektrische 48V Maschine
- Hochintegrierte 48V Leistungselektronik inkl. Rotorlagesensor
- Gehäuse
- Optional: Klauenkupplung
- Optional: Elektromagnetisches Trennelement

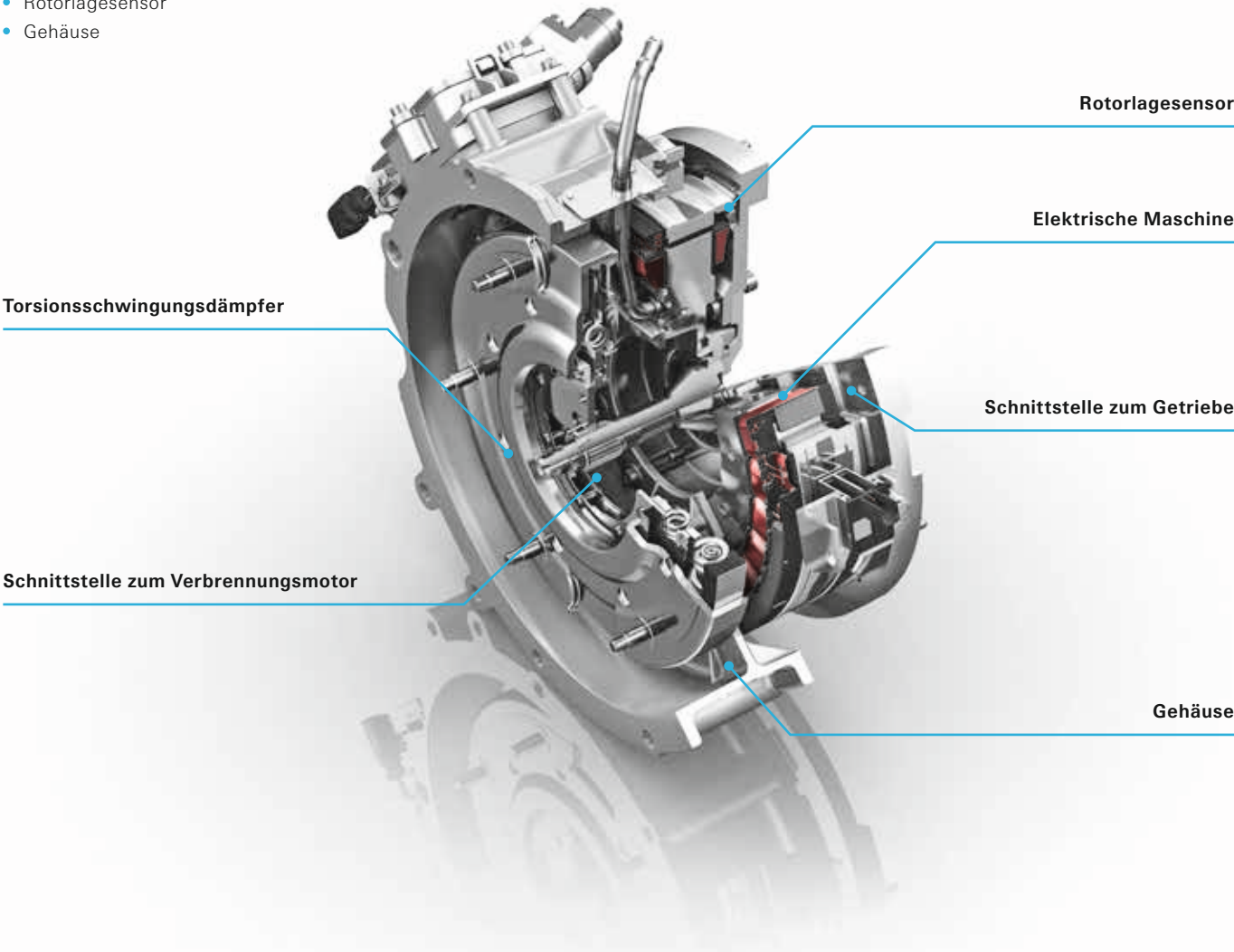


Elektrische Maschine

Beschreibung	Permanenterregte Synchronmaschine (PSM)	Einheit	Antriebskonfiguration
Typ	AL280-32		
Außendurchmesser	280	mm	
Aktive Länge	32	mm	
Axiale Länge Modul	ca. 150	mm	
Spannungsbereich	220 – 420	Vdc	
Max. Leistung	55	kW	
Max. Drehmoment	250	Nm	
Max. Drehzahl	7.000	1/Min	Mildhybrid, parallel Front-Quer-Antrieb 48V oder Hochvolt Vollhybrid, parallel Front-Quer-Antrieb

Komponenten

- Elektrische Maschine
- Torsionsschwingungsdämpfer
- Rotorlagesensor
- Gehäuse

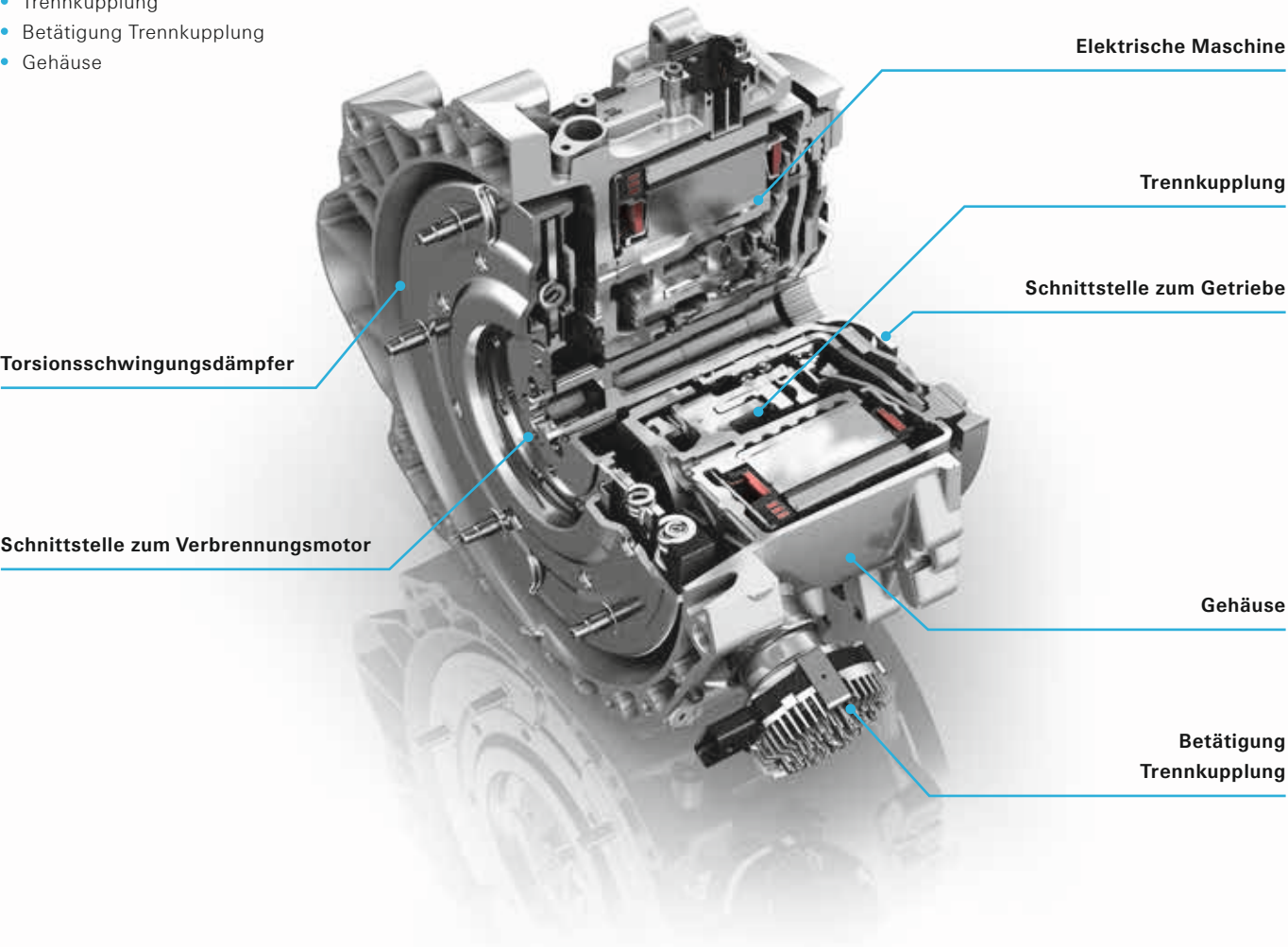


Hybridmodul

Beschreibung	Permanenterregte Synchronmaschine (PSM)	Einheit	Antriebskonfiguration
Typ	AL280-80		
Außendurchmesser	280	mm	
Aktive Länge	80	mm	
Axiale Länge Modul	ca. 240	mm	
Spannungsbereich	220 – 420	Vdc	
Max. Leistung	90	kW	
Max. Drehmoment	400	Nm	
Max. Drehzahl	7.000	1/Min	Vollhybrid, parallel Front-Quer-Antrieb Vollhybrid, parallel Heckantrieb
Max. Drehmoment Trennkupplung	800	Nm	

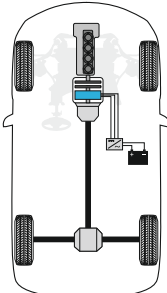
Komponenten

- Elektrische Maschine
- Torsionsschwingungsdämpfer
- Trennkupplung
- Betätigung Trennkupplung
- Gehäuse

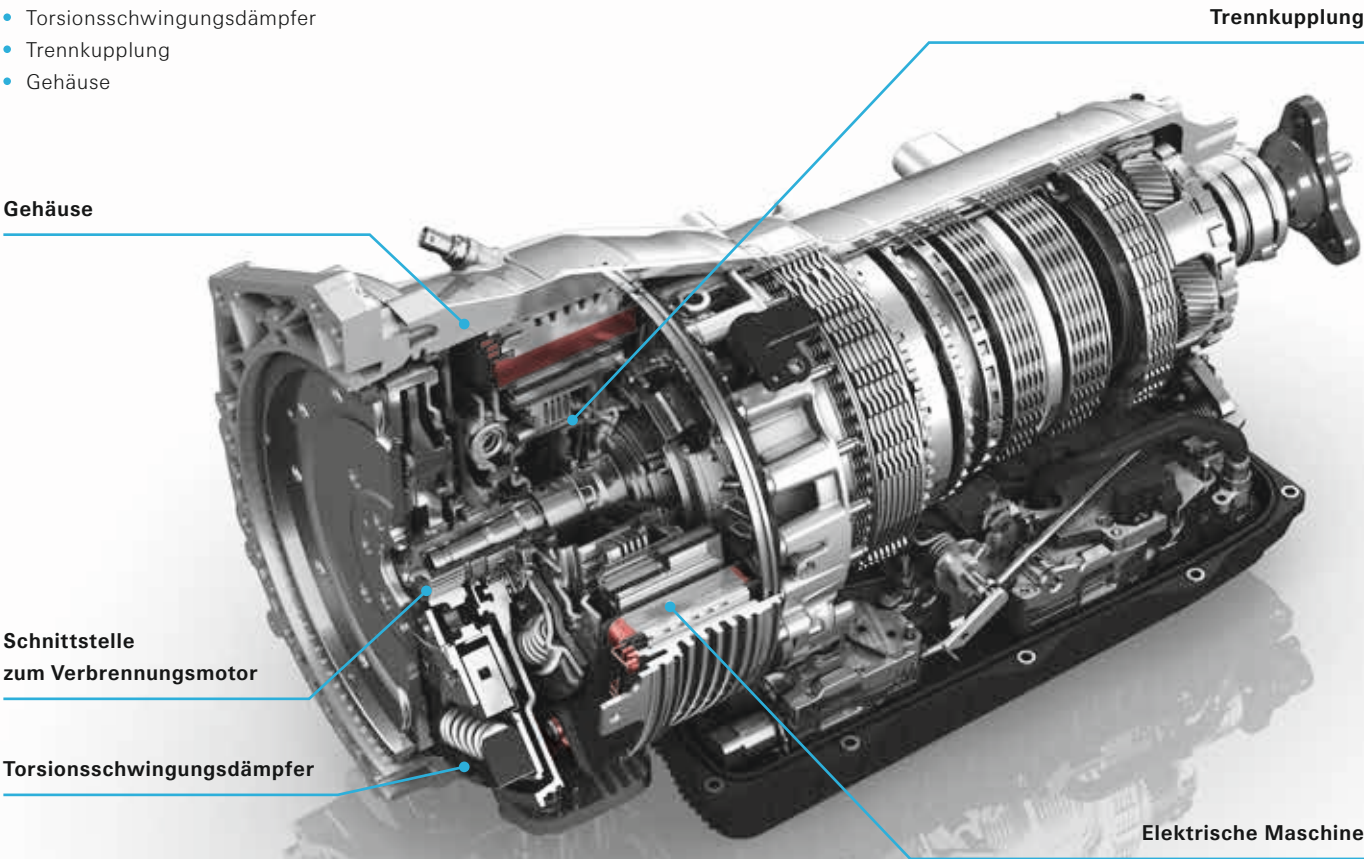


Hybridgetriebe

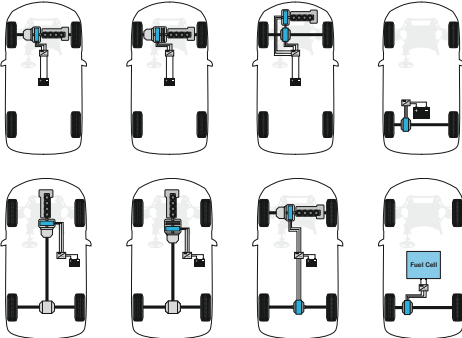
Produktdetails elektrischer Antrieb

Beschreibung	Permanenterregte Synchronmaschine (PSM)	Einheit	Antriebskonfiguration
Typ	IL269-70		 Vollhybrid, parallel Heckantrieb
Außendurchmesser	269	mm	
Aktive Länge	70	mm	
Axiale Länge Modul	ca. 150	mm	
Spannungsbereich	220 – 420	Vdc	
Max. Leistung	90	kW	
Max. Drehmoment	250	Nm	
Max. Drehzahl	7.000	1/Min	

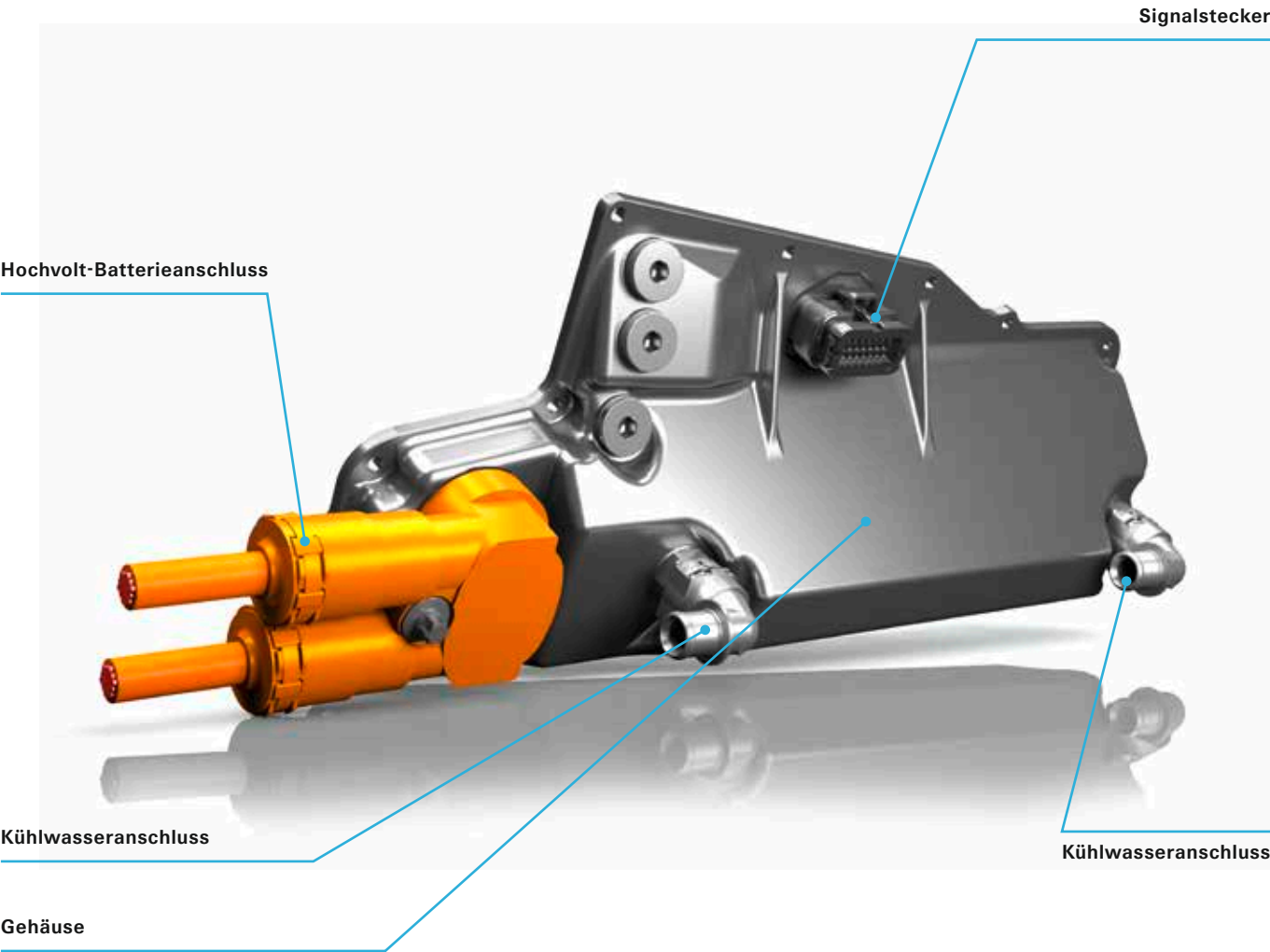
- Komponenten**
- Elektrische Maschine
 - Torsionsschwingungsdämpfer
 - Trennkupplung
 - Gehäuse



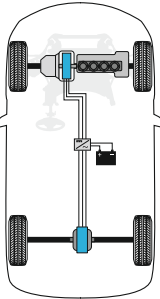
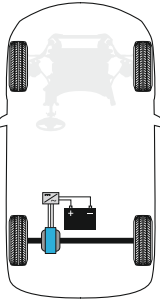
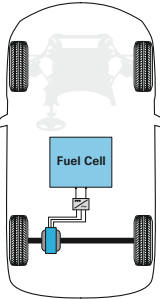
Leistungselektronik

Beschreibung	Leistungselektronik	Einheit	Antriebskonfiguration
Typ	LE Gen4		
Volumen	5	l	
Max. Spannung	450	Vdc	
Max. Stromstärke	560	Arms	
Dauerstrom	300	Arms	
Sicherheitsstufe	D	ASIL	

- Komponenten**
- Wechselrichter



Elektrischer Achsantrieb

Beschreibung	Asynchronmaschine (ASM)	Einheit	Antriebskonfiguration
Typ	eVD2		
Abmessung inkl. Gehäuse	450 x 510 x 380	mm	
Aktive Länge	150	mm	
Axiale Länge Modul	ca. 450	mm	
Spannungsbereich	220 – 420	Vdc	
Max. Leistung	150	kW	
Max. Achsdrehmoment	3.500	Nm	
Max. Drehzahl	13.000	1/Min	
<div><div><p>P1 Konfiguration, parallel, Front-Quer-Antrieb</p></div><div><p>P2 Konfiguration, parallel, Front-Quer-Antrieb inkl. Trennkupplung C0 für Vollhybride und Plug-in-Hybride</p></div><div><p>Brennstoffzellen-fahrzeug</p></div></div>			

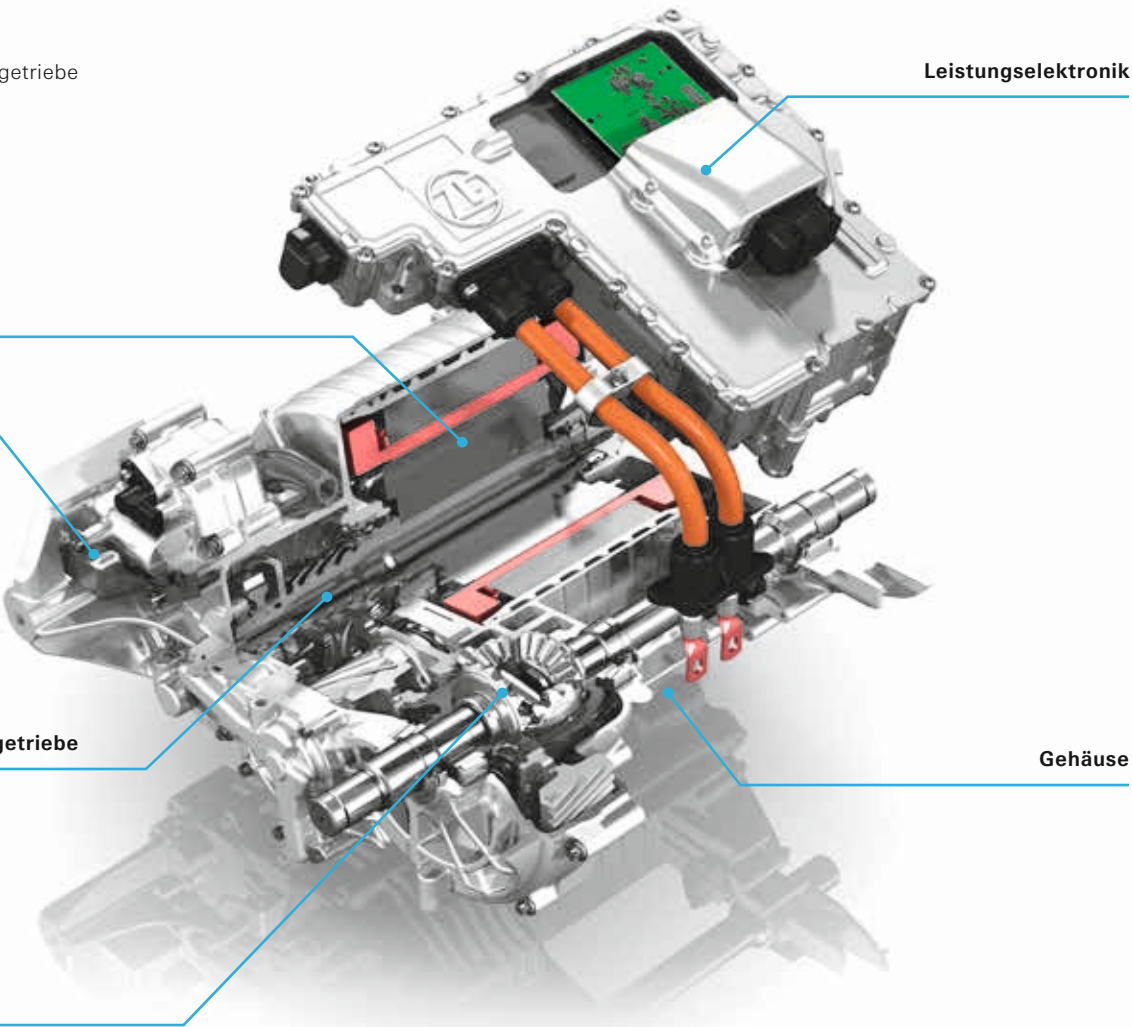
- Komponenten**
- Elektrische Maschine
 - Zweistufiges Stirnradgetriebe
 - Leistungselektronik
 - Parksperre
 - Differenzial
 - Gehäuse

Elektrische Maschine

Parksperre

Zweistufiges Stirnradgetriebe

Differenzial



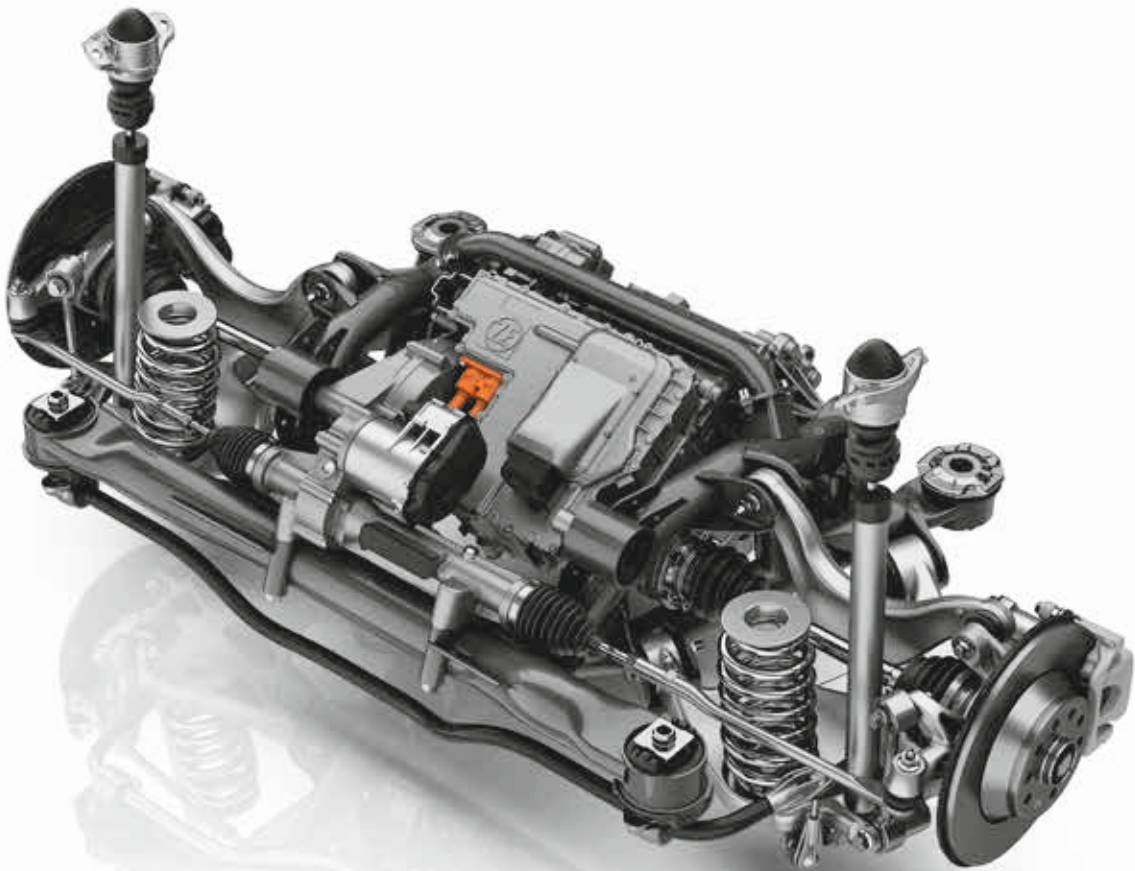
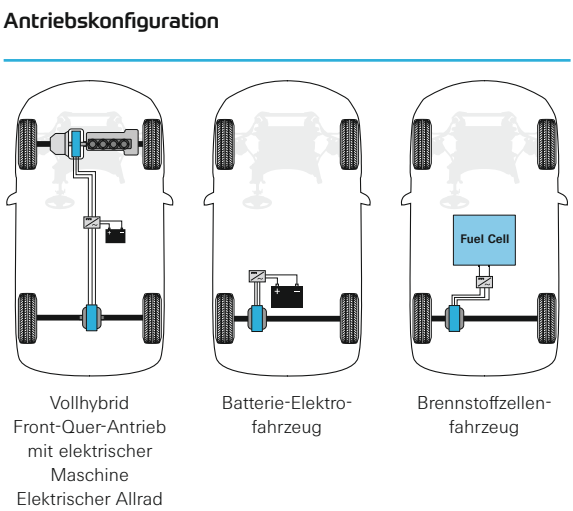
Modulares elektrisches Hinterachskonzept

Elektrisches Antriebssystem integriert in die Achse

Antriebs- und Fahrwerktechnik aus einer Hand zu bieten, das war seit jeher der Vorteil von ZF aus Sicht seiner Kunden. Dieser besteht umso mehr in Zeiten der E-Mobilität.

So bietet ZF den elektrischen Antrieb integriert in ein komplettes Achssystem an. Für ZF-Kunden reduziert sich so der Entwicklungsaufwand deutlich, denn ZF übernimmt die Abstimmung der internen Schnittstellen.

Entwicklung, Abstimmung und Erprobung der Achse inklusive des elektrischen Antriebs erfolgt gemäß Lastenheft durch ZF. Dabei können je nach Anwendung verschiedene Achstypen eingesetzt werden. ZF stellt dazu ein modulares Hinterachskonzept bereit, das sich an wesentlichen Kundenanforderungen ausrichtet. Weil ZF dabei seine Erfahrung für Pkw-Achssysteme einbringen kann, erfolgt die Integration des elektrischen Antriebs anforderungsgerecht und nahtlos.



ZF Friedrichshafen AG

Ernst-Sachs-Straße 62
97424 Schweinfurt
Deutschland

T. +49 9721 98-0
e-mobility@zf.com
www.zf.com

twitter.com/zf_konzern
facebook.com/zffriedrichshafen
youtube.com/zffriedrichshafenag

