

ELEKTROFAHRZEUG

▼ **IN DIESER AUSGABE**

EINFÜHRUNG

2

BESTIMMUNGSFAKTO-
REN EINES ELEKTRO-
FAHRZEUGES

2

EUROPÄISCHE ZU-
LASSUNGEN UND
VERORDNUNGEN

4

ALLGEMEINE ARCHI-
TEKTUR EINES ELEK-
TROFAHRZEUGES

5

HAUPTKOMPONENTEN
DES ANTRIEBSSYSTEMS

6

REGENERATIVES BREM-
SSYSTEM

15

KLIMATISIERUNGS-
SYSTEM

17

INSTANDHALTUNG

19

EINFÜHRUNG

In den vergangenen Jahren gab es eine Vielzahl technologischer Fortschritte im Automobilsektor, allerdings war die Einführung des Elektrofahrzeuges zweifellos einer der bedeutendsten.

Die ersten Generationen der Elektrofahrzeuge gehen mit dem Hersteller Robert Anderson auf das Jahr 1839 zurück. Elektrische Energie wurde in nicht wiederaufladbaren Batterien gespeichert. Mit der Erfindung der wiederaufladbaren Batterien im Jahre 1880 begann die serienmäßige Herstellung der Elektrofahrzeuge noch vor den Verbrennungsfahrzeugen. Im Jahre 1899 wurde der Geschwindigkeitsrekord von einem Elektrofahrzeug namens „La Jamais Contente“ (deutsch: „Die nie Zufriedene“) gebrochen, welches dank der NiFe-Batterien von Thomas Edison eine Geschwindigkeit von 105 km/h erreichte. Zu Spitzenzeiten gehörten 90 % der Verkäufe Elektrofahrzeugen.

Trotzdem endete die Herstellung dieser Fahrzeuge, da sie über eine relativ niedrige Reichweite und Leistung verfügten. Andererseits entwickelten sich Verbrennungsfahrzeuge, hauptsächlich als Folge der Entwicklung von Flugzeugtriebwerken, noch schneller.

Heutzutage stehen viele Hersteller, dank der Entwicklung von IGBT-Transistoren und Batterien mit höheren Kapazitäten, zunehmend unter Druck, in Elektrofahrzeuge zu investieren. Das Hauptziel ist eine effizientere Energienutzung und die daraus resultierende Senkung der Emissionen fossiler Brennstoffe.

Aufgrund der Batterie-Ladeinfrastruktur können Verbrennungsfahrzeuge vorläufig nicht durch Elektrofahrzeuge ersetzt werden, und viele Modelle sind durch die Batterielebensdauer und Ladezeiten eingeschränkt. Diese Faktoren hemmen ihre vollständige Umsetzung.

Dennoch legt die Mehrheit der Elektrofahrzeuge heutzutage, vor allem in städtischen Gebieten, weniger als 60 km pro Tag zurück. Dabei handelt es sich um Entfernungen, welche die Mehrheit dieser Fahrzeuge folglich problemlos bewältigen kann.

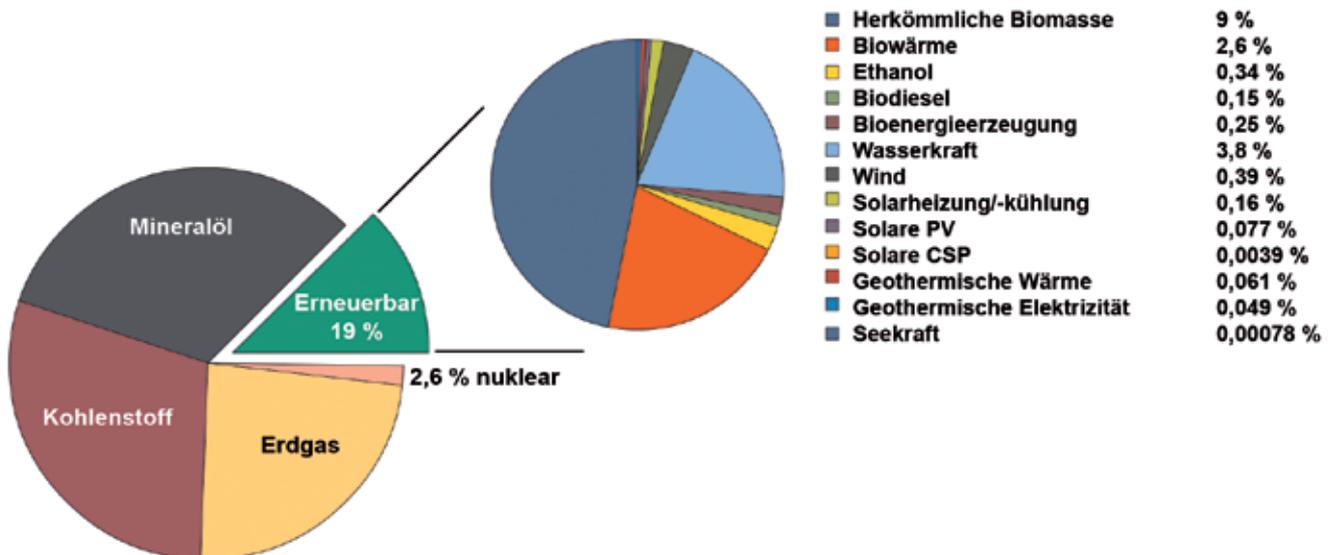
Zusätzlich versprechen die Entwicklung von schnelleren Ladesystemen (Gleichstrom) und neue Generationen von Lithium-Ionen-Akkus eine erfolgreiche Zukunft für Elektrofahrzeuge.

BESTIMMUNGSFAKTOREN EINES ELEKTROFAHRZEUGES

Energieversorgung

Die heutige Gesellschaft kann, unabhängig des Wohlstandniveaus, nicht ohne eine ausreichende und regelmäßige Energieversorgung funktionieren oder überleben. Das bedeutet, dass der gesamte Energiekreislauf (Beschaffung, Verarbeitung und Versorgung) einen bedeutenden Teil des globalen Wirtschaftssystems darstellt.

Das folgende Diagramm aus dem Jahr 2013 klassifiziert den Energieverbrauch entsprechend seinem Ursprung auf globaler Ebene. Von all den bekannten Energiequellen sind einige umweltbelastender und wirtschaftlicher als andere.

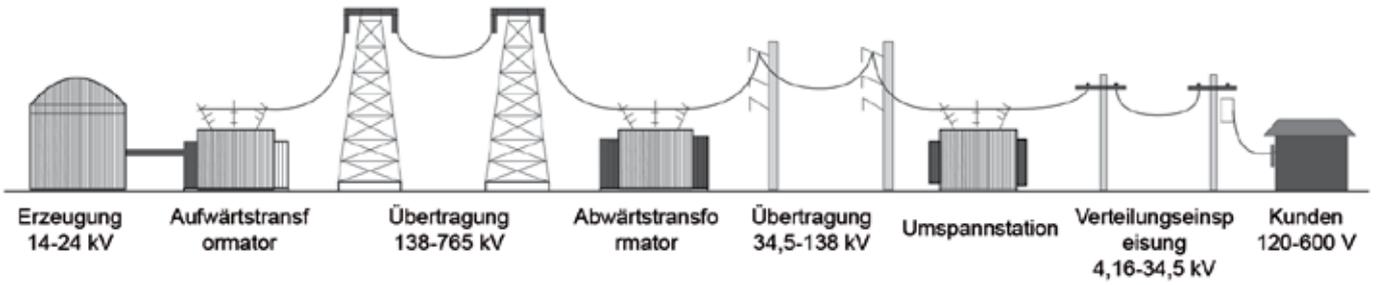


Damit elektrische Energie Nachhaltigkeitsvorteile erzielt, darf diese nicht von Kernkraftwerken, sondern von erneuerbaren Energien und Kernfusionskraftwerken der Zukunft stammen.

Außerdem prognostizieren Vorhersagen über zukünftige Nachfragen eine Zunahme, welche die Nachhaltigkeit des aktuellen Energiesystems beeinträchtigen könnte. Aus diesem Grund werden Versuche unternommen, erneuerbare Energien zu entwickeln und die Energieverteilungseffizienz zu verbessern.

Damit das Elektrofahrzeug je nach Land im großen Umfang zur Verfügung stehen kann, ist eine tief greifende Veränderung des aktuellen Energiesystems notwendig, von der Herstellung bis zum letzten Schritt in der Vertriebskette.

Infolgedessen muss ein Großteil der Energie dort verbraucht werden, wo sie erzeugt wird.



Energieeffizienz

Wenn die Leistung eines Fahrzeuges mit Verbrennungsmotor vom Kraftstofftank bis zu den Rädern und die Leistung eines Elektrofahrzeuges von der Batterie bis zu den Rädern analysiert werden, ist zu erkennen, dass

die Leistung eines Elektrofahrzeuges weit über der eines Fahrzeuges mit Verbrennungsmotor liegt (Diesel mit Start-Stopp, Euro V, regenerative Bremsen und andere Effizienzverbesserungen).

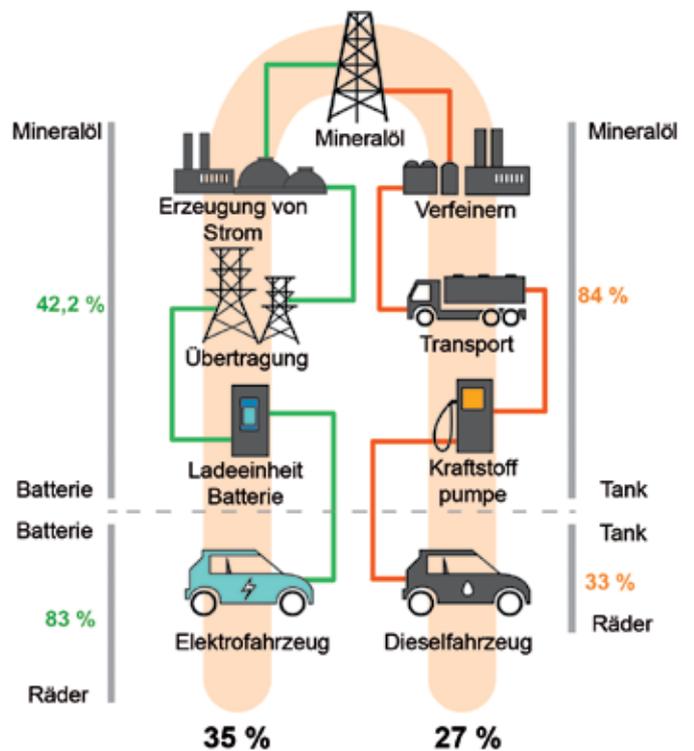


83%



33%

Wenn wir jedoch, anhand des Vergleichs der Energieerzeugung aus Erdöl, die Analyse vom Öl bis zu den Rädern berücksichtigen, ist die Effizienz eines Elektrofahrzeuges nicht viel besser als die eines Dieselfahrzeuges. Aus diesem Grund darf elektrische Energie nicht aus Kohlenwasserstoffquellen gewonnen werden. Darüber hinaus sollte die Energie weitestgehend am Ort des Verbrauchs gewonnen werden.



Auswirkung auf die Umwelt

Der Hauptvorteil eines Elektrofahrzeuges ist, dass es unabhängig seines Betriebsstandortes keine umweltschädlichen Gase abgibt. Es gibt Studien, die belegen, dass mit der Einführung von 1000 Elektrofahrzeugen in einer Stadt 30.000 kg verschmutzende Gase und mehr als zwei Tonnen CO₂ weniger pro Jahr abgegeben werden würden. Ein weiterer großer Vorteil von Elektrofahrzeugen ist, dass sie praktisch

lautlos sind, denn elektrische Motoren geben nur wenige Dezibel ab. Das Fahren eines lautlosen Fahrzeuges ohne Vibrationen vom Verbrennungsmotor ist eine wichtige und positive Tatsache. Andererseits beeinflusst der fehlende Lärm die Sicherheit von Fußgängern und Fahrradfahrern auf der Straße, da diese das Fahrzeug nicht mehr hören.

EUROPÄISCHE ZULASSUNGEN UND VERORDNUNGEN

Ein auf der Straße fahrendes Elektrofahrzeug muss eine Reihe von Zulassungsbestimmungen erfüllen, vor allem zu Fragen der Sicherheit und Umwelt, bei denen spezifische Anforderungen festgelegt sind.

In Europa gibt es die **ECE-Regelung 100**, welche die spezifischen Anforderungen an Elektrofahrzeuge hinsichtlich ihrer Herstellung und Betriebssicherheit umfasst. Die Änderungen 01 dieser Regelung traten am 4. Dezember 2010 in Kraft und wurden zwei Jahre später verbindlich.

ECE-Regelung 100.00: Gilt nur für Elektrofahrzeuge und schließt Hybride und Fahrzeuge der Klassen M und N mit Höchstgeschwindigkeiten von mehr als 25 km/h aus. In dieser Regelung sind die baulichen Anforderungen (Schutz gegen elektrische Kontakte, Isolations- und Lastwiderstand), die Betriebsanforderungen und die Emissionsanforderungen für Wasserstoff festgelegt.

ECE-Regelung 100.01: Ist die Weiterentwicklung der vorstehenden Regelung. Diese Regelung bezieht sich auf Hybridfahrzeuge im Anwendungsbereich. Weitere Punkte dieser Regelung wurden hinzugefügt oder geändert, wie etwa die Neudefinition, dass die Hochspannung bei Gleichstrom zwischen 60 V und 1500 V und bei Wechselstrom zwischen 30 V und 1000 V liegen muss. Hinsichtlich der Sicherheit sind die Anforderungen an die Steckverbindungen festgelegt. Unter anderem muss die Isolierung des Hochspannungskabels orange gekennzeichnet sein, und die Messverfahren zum Trennen von Gleichstrom- und Wechselstromkreisen müssen angepasst werden.

Nachstehend sind weitere allgemeine Artikel aufgeführt, die sich speziell auf Elektrofahrzeuge beziehen:

- **R10:** Bestimmt die **elektromagnetische Verträglichkeit** der Fahrzeuge für Emissionen elektromagnetischer Wellen und deren Immunität.
- **R13 und R13H:** Dabei geht es um die **Bremsen von Personen- und Nutzfahrzeugen**, wobei auch das regenerative Bremssystem von Elektrofahrzeugen berücksichtigt wird.

- **R79:** In Bezug auf **Lenksysteme** werden hier die Konstruktionsmerkmale, die auf diese Mechanismen maximal ausgeübten Kräfte und andere Vorschriften zur Regelung der elektronischen Steuerungssysteme des Fahrzeuges definiert.
- **R85:** Bestimmt die **Leistung der Motoren**. Die Berechnungen der Leistung des elektrischen Antriebsmotors während einer Nutzleistungsprüfung und eines weiteren Tests bei maximaler Leistung für 30 Minuten sind einem Anhang hinzugefügt.
- **R94 und R95:** Bezieht sich auf den Schutz der Insassen bei einer Front- und Heckkollision in einem Fahrzeug.
- **R101:** Umfasst die **CO₂-Emissionen** und den **Verbrauch** von Brennstoff in Verbrennungs- oder Hybridmotoren sowie den Verbrauch und die Reichweite von Elektrofahrzeugen.

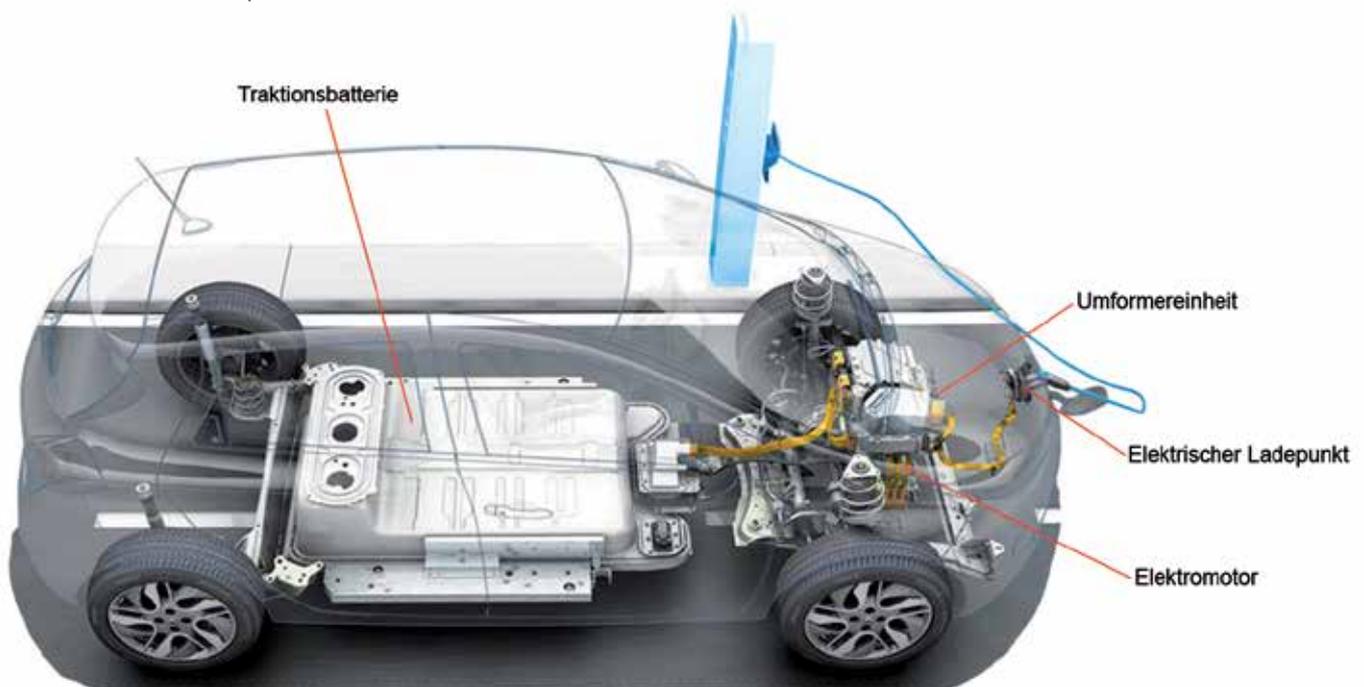
Richtlinie 2000/53 definiert Altfahrzeuge und **Richtlinie 2005/64** bestimmt die Zulassung eines Fahrzeuges und seine Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit und Verwertbarkeit. Diese Regelungen sind für ein Elektrofahrzeug sehr wichtig, da es unter Berücksichtigung der Umweltauswirkungen der Batterien bezüglich ihrer Herstellung, Anwendung und Wiederverwertung entworfen und hergestellt werden sollte. Außerhalb Europas gibt es **andere Regelungen**, die sich speziell auf Elektrofahrzeuge beziehen, wie etwa die US-Sicherheitsnormen für Kraftfahrzeuge „Federal Motor Vehicle Safety Standards“ und die japanischen Anhänge 110 & 111. Diese globalen Mächte sind Pioniere im Entwurf und der Herstellung dieser Fahrzeuge.

Auf europäischer Ebene schult jeder Hersteller seine Arbeiter, um Hochspannungsarbeiten am Elektrofahrzeug vorzunehmen. Hochspannungsarbeiten sind in den europäischen Vorschriften **EN 50110-1** und **EN 50110-2** geregelt. Diese umfassen eine Reihe von Abschnitten, wie z. B. die **Richtlinie 89/391/EWG**, welche sich auf die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer bezieht.

ALLGEMEINE ARCHITEKTUR EINES ELEKTROFAHRZEUGES

Im Allgemeinen verwenden die meisten Elektrofahrzeuge für ihren Betrieb recht ähnliche Komponenten. Nachstehend werden die bedeu-

endsten elektronischen Komponenten eines Renault ZOE aufgeführt.



Netzwerktyp

Grundsätzlich besteht ein Elektrofahrzeug aus einem 12-Volt-Netz, einer Gruppe von Multiplex-Netzwerken zur Kommunikation zwischen den verschiedenen Steuereinheiten und einem Hochspannungsnetz zwischen 150 und 400 Volt.

12-Volt-Netz: Dieses Netz hat hier die gleiche Funktion wie bei einem herkömmlichen Fahrzeug. Es wird in allen Sicherheitssystemen (aktive und passive), zum Laden der 12V-Batterie, zur Beleuchtung, für den Komfort, zur Stromversorgung von elektronischen Einheiten usw. verwendet.

Multiplex-Netzwerke: Alle Systeme in einem Elektrofahrzeug, einschließlich der Verwaltung der Hochspannung, werden von Steu-

ereinheiten kontrolliert, die miteinander kommunizieren müssen. Wie auch bei einem herkömmlichen Fahrzeug findet die Kommunikation zwischen den Einheiten durch ein Multiplex-System statt.

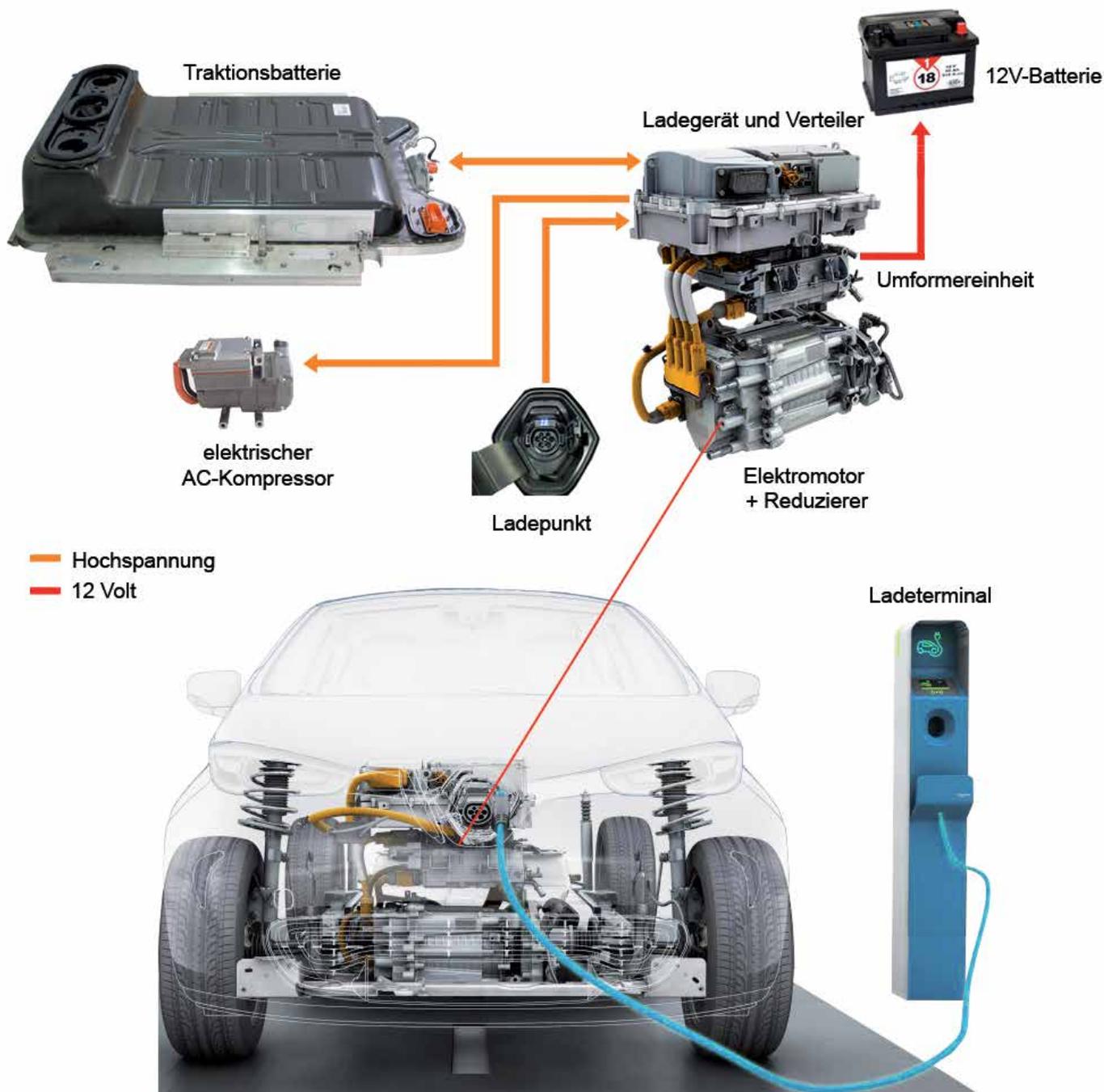
Hochspannungsnetz: Um ein elektrisches Antriebssystem zu verwalten, muss eine bestimmte Gruppe von Komponenten vorhanden sein. Dabei handelt es sich in der Regel um einen elektrischen Ladepunkt, eine Traktionsbatterie, eine Umformereinheit und ein Bremssystem, welches eine Kombination der regenerativen Elektrobremse und der mechanischen Bremse ist. Es enthält außerdem ein Klimatisierungssystem, sowohl für die Traktionsbatterie als auch für den Fahrzeuginnenraum. Die restlichen Komponenten des Fahrzeuges sind denen eines herkömmlichen Fahrzeuges ähnlich.

Allgemeiner Betrieb des elektrischen Antriebssystems

Diese Fahrzeuge werden durch Elektrizität aus dem heimischen Stromnetz, einer städtischen Schnellladestation und durch das regenerative Bremssystem angetrieben.

Die vom elektrischen Antriebssystem verwendete Leistung wird in einer Batterie mit hoher Kapazität, der sogenannten Traktionsbatterie, gespeichert. Die Batterie liefert über den Verteiler Gleichstrom an die

Umformereinheit, wo dieser Strom in Wechselstrom umgewandelt wird. Der Wechselstrom versorgt den Elektromotor, damit er eine Rotationsbewegung erzeugt. Die Rotationsbewegung wird in ein Untersetzungsgetriebe umgewandelt, damit die Antriebsräder ordnungsgemäß funktionieren können.

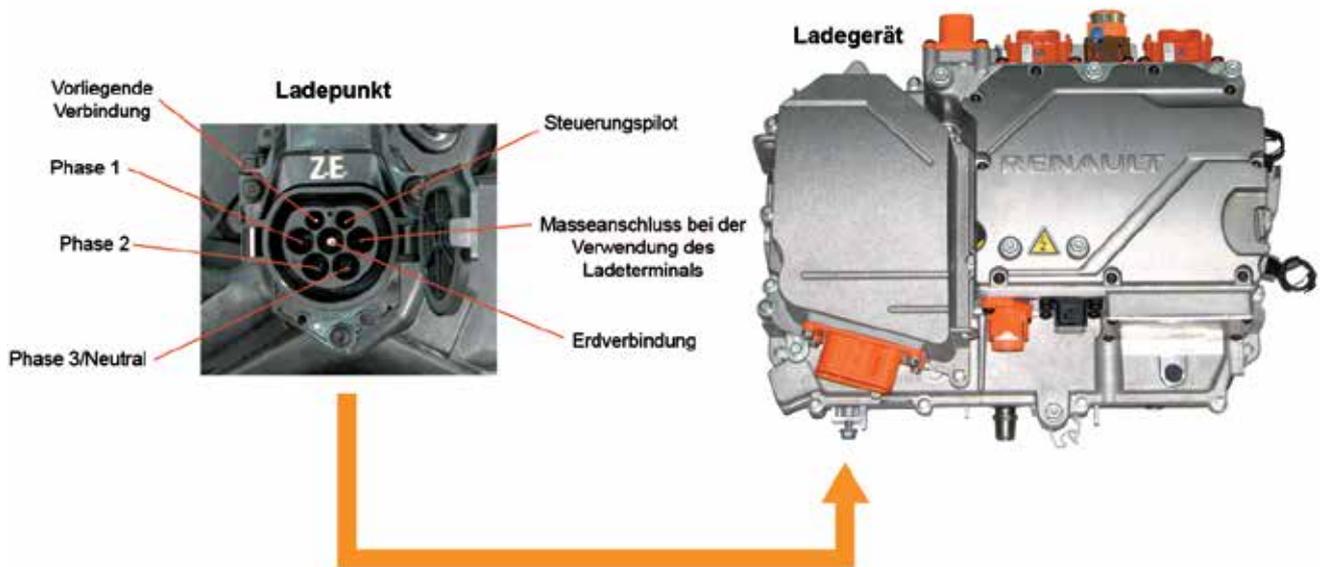


HAUPTKOMPONENTEN DES ANTRIEBSSYSTEMS

Elektrische Ladestation und Ladegerät

Bei jedem Kauf eines Elektrofahrzeuges ist ein Ladeterminal notwendig, an dem das Fahrzeug zum Aufladen der Batterie angeschlossen werden kann. Der Anschluss an das Fahrzeug erfolgt über einen Ladepunkt, der je nachdem, ob es sich um eine einphasige oder dreiphasige Ladung handelt, verschiedene Zuführungen aufnehmen kann. Im Haushalt gibt es Wechselstrom. Dieser kann aufgrund seiner Natur nicht in einer Batterie gespeichert werden. Bei dem von einer Batterie jeglicher Art gespeicherten und gelieferten Strom handelt es sich um Gleichstrom. Daher ist ein Transformator notwendig, der den Wechsel-

strom des Haushalts in den Gleichstrom der Batterie umwandelt. Für mehr Komfort und einen direkten Anschluss an 220 V haben die meisten Hersteller entschieden, zusammen mit dem Fahrzeug ein Ladegerät bereitzustellen. Dieses Ladegerät überwacht den Ladevorgang und wandelt den Wechselstrom in den für den Betrieb der Traktionsbatterie notwendigen Gleichstrom um. Zusätzlich wird die Kommunikation zwischen diesem Ladegerät und dem Ladeterminal hergestellt.



Der Nachteil dieser Ladegeräte ist, dass sie Platz einnehmen und das Gewicht des Fahrzeuges erhöhen.

Auflademethoden

Jede Batterie muss auf eine bestimmte Art aufgeladen werden. Das bedeutet, dass eine große Auswahl verschiedener Ladegeräte auf dem Markt angeboten wird und beim Hersteller nach dem passendsten gefragt werden sollte.

Je mehr elektrischen Strom Sie zur Verfügung haben, umso weniger Zeit wird zum Aufladen der Batterie benötigt. Abhängig von der Leistung und der Art des zur Verfügung stehenden Stroms gibt es drei verschiedene Methoden zum Aufladen:

- **Herkömmliches Aufladen:** Nutzt die Intensität und herkömmliche elektrische Spannung eines Haushalts mit einphasigem Strom (je nach vertraglich vereinbarter Leistung: 3,7 –11 kW, 230 Volt).

- **Mittelschnelles Aufladen:** Wird bei städtischen Ladeterminals und bei Ladeterminals in Werkstätten verwendet, die normalerweise dreiphasigen Wechselstrom nutzen. Bietet höhere Leistung als die heimischen Netze und reduziert dadurch erheblich die Ladezeit (1 Stunde).

- **Schnelles Aufladen:** Schnelle Ladegeräte arbeiten mit Strömen von 125 Ampere und Spannungen von 500 Volt, die eine Leistung von ungefähr 60 kW liefern. Diese Methode zum Aufladen muss als Bereichserweiterung oder bequemes Aufladen betrachtet werden. Die Ladezeit der Batterie wird im Vergleich zu anderen Lademethoden erheblich verkürzt. around 60 kW.

Ladeprotokolle und Ladestecker

Hersteller von Elektrofahrzeugen haben ihre eigenen Kommunikationsprotokolle festgelegt, die in die Ladeprozesse der Batterie einbezogen sind. Diese Protokolle berichten über den Batteriestatus, den Ladezustand, den Schutz während des Ladevorgangs und den Ladevorgang an sich. Aufgrund der Inkompatibilität zwischen verschiedenen

Protokollen und Ladesteckern, sowohl in der Kommunikation als auch im Aufbau des Steckers, versuchen Hersteller, ihre Ladesysteme unter gewissen Schwierigkeiten zu vereinheitlichen.

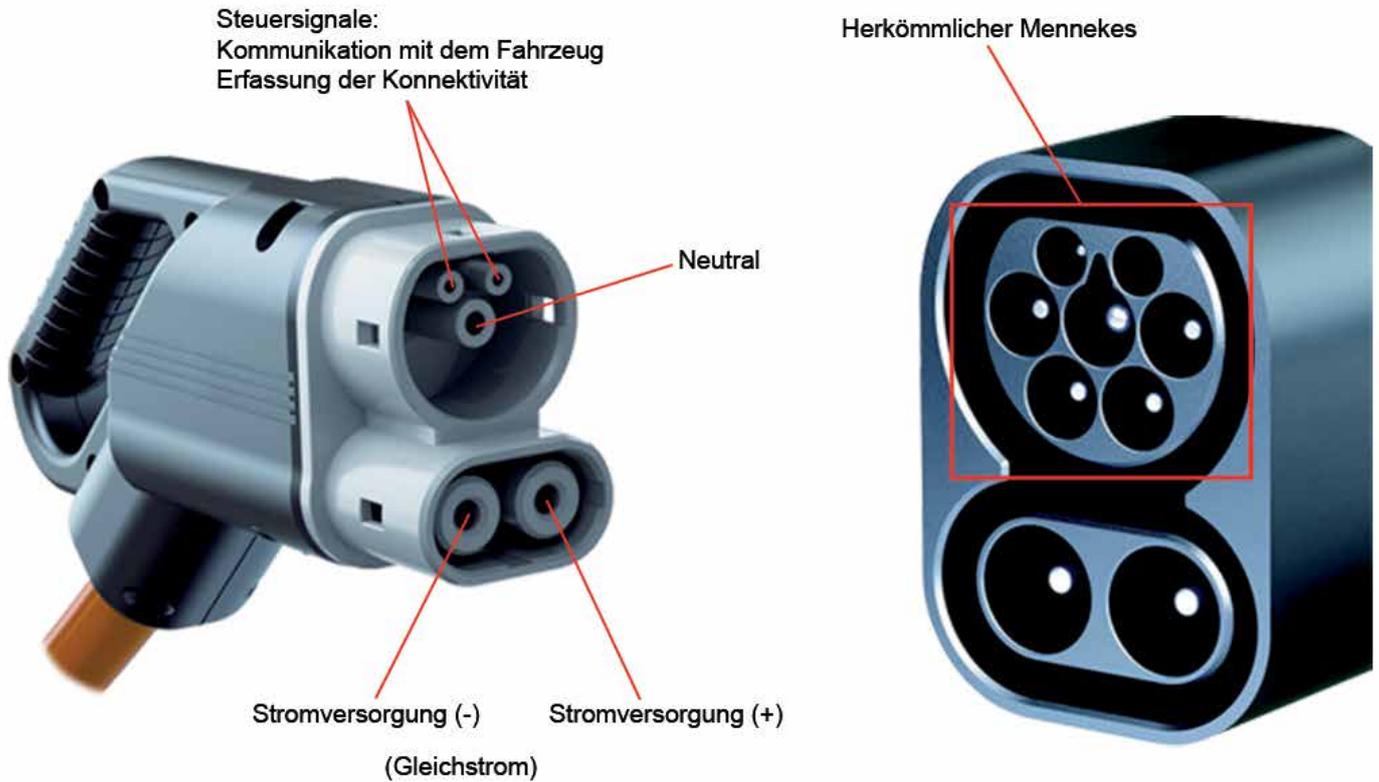
Abhängig von den unterschiedlichen Märkten können wir verschiedene standardisierte Ladeprotokolle vorfinden:

- **Mennekes-Ladestecker:** Dabei handelt es sich um den Standardstecker in Europa. Er basiert auf der internationalen Norm IEC 62196 (Internationale Elektrotechnische Kommission).

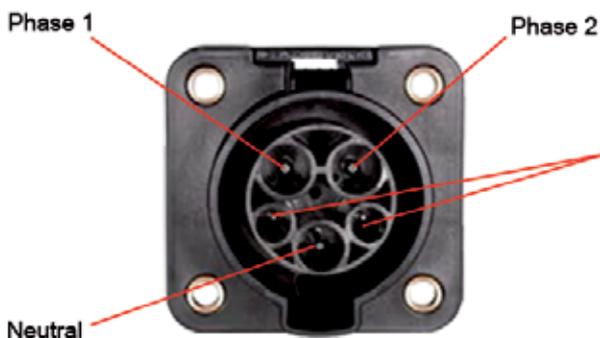


Wechselstrom	Ein- und dreiphasig bis zu 16-63 A
Spannung	100-500 V
Leistung	Bis zu 43,8 kW
Kommunikationsprotokoll	PLC (Power Line Communications)

Es gibt eine gemischte Variante von Mennekes zum Aufladen mit Gleichstrom. Dieser Stecker nennt sich **Mennekes CCS Combined Charging System** und enthält zwei zusätzliche Kontakte für + und - DC. Damit wird ein schnelles Aufladen mit einer Leistung von bis zu **100 kW** ermöglicht.



- **SAE J1772 oder Yazaki:** Dieser wurde in den USA entwickelt. Er eignet sich nur für den amerikanischen Standard.

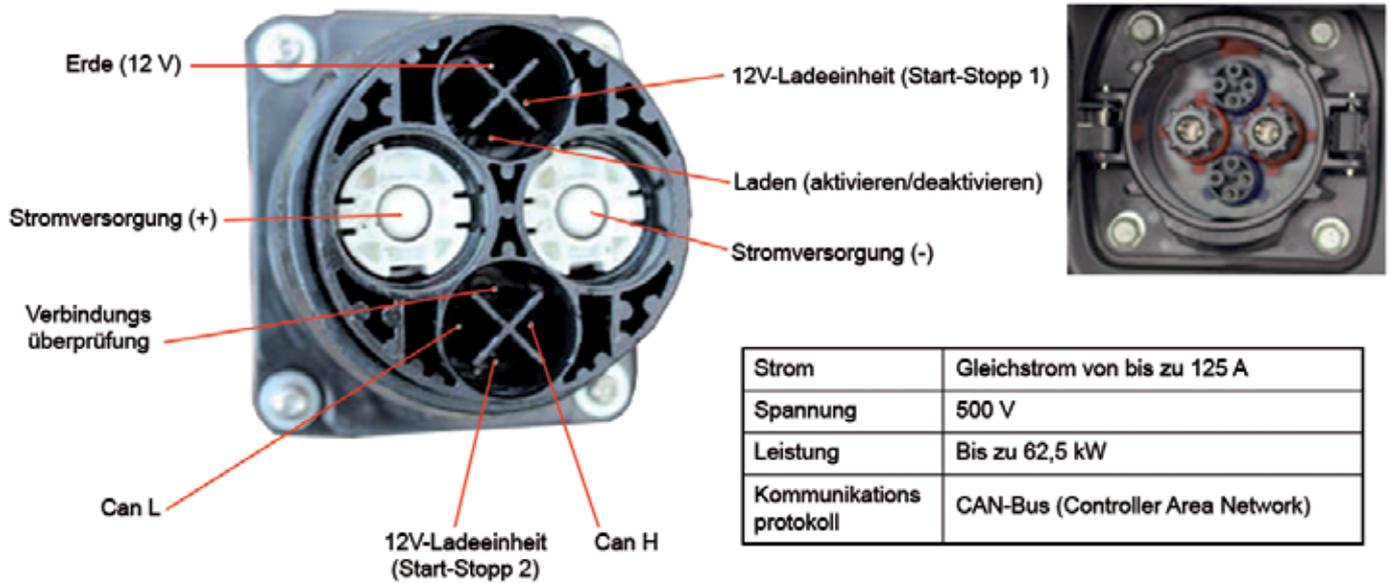


Steuersignale:
Kommunikation mit dem Fahrzeug
Erfassung der Konnektivität

Wechselstrom	Einphasig von 10 bis 80 A
Spannung	110-250 V
Leistung	1,92 kW; 7,4 kW; bis zu 19,2 kW
Kommunikationsprotokoll	PLC (Power Line Communications)

Es gibt eine gemischte Variante von SAE J1772 zum Aufladen mit Gleichstrom. Dieser Stecker nennt sich **SAE CCS Combined Coupler System** und enthält zwei zusätzliche Kontakte für + und - DC. Damit wird ein schnelles Aufladen mit einer Leistung von bis zu **90 kW** ermöglicht.

- **CHAdEMO-Ladestecker:** CHArge de MOve (Laden, um zu Bewegen), Übersetzung aus dem Japanischen für „lass uns einen Kaffee trinken“. Dabei handelt es sich um den japanischen Standardstecker zum schnellen Aufladen. Er wurde ausschließlich für Gleichstrom entwickelt, und das Schließsystem ist manuell.



Aufgrund der breiten Palette an Ladesteckern haben einige Hersteller die Entscheidung getroffen, ihre Fahrzeuge mit mehr als einem Ladestecker auszustatten (einer zum herkömmlichen Aufladen zu Hause und ein weiterer zum schnellen Aufladen).



Traktionsbatterie

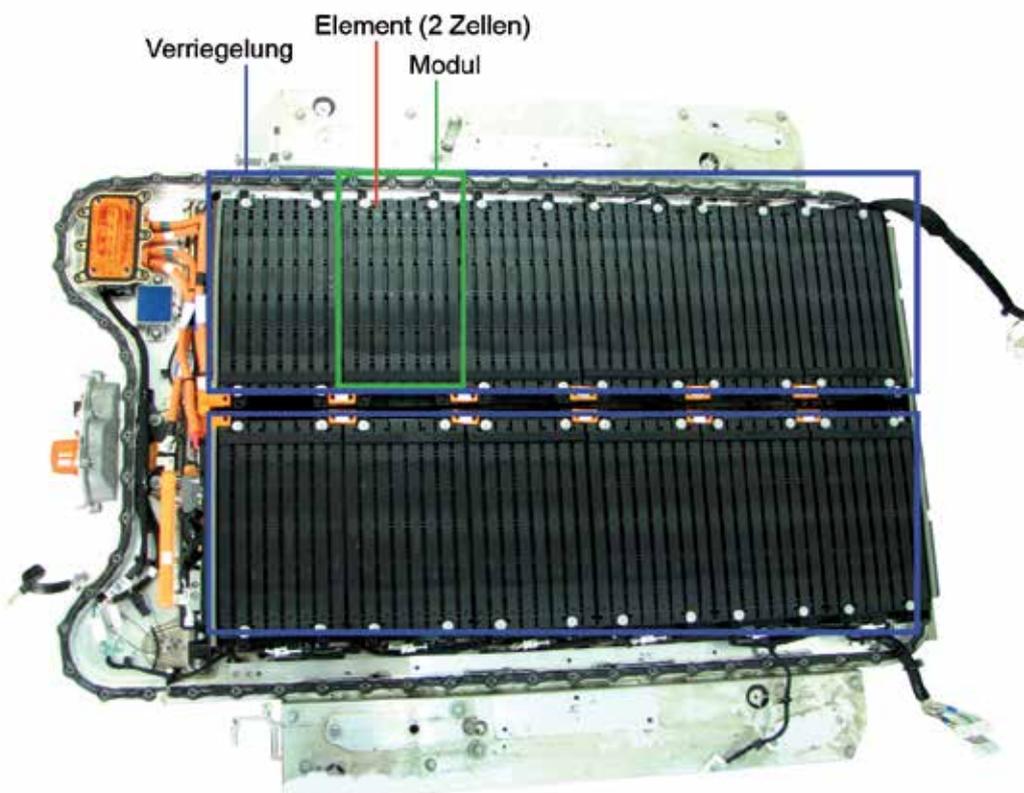
Dieses Element speichert Energie in chemischer Form, welche bei Anschluss an einen Stromkreis in elektrische Energie umgewandelt wird und Arbeiten ausführt. Sie befindet sich in der Regel unter dem Fahrzeugboden, was dazu beiträgt, das Gewicht zwischen der Vorder- und Rückseite des Fahrzeuges auszugleichen und einen tiefen Massenschwerpunkt zu halten. Dadurch wird eine optimale Traktion ermöglicht und das Fahrzeug erhält hervorragende Stabilität.

Es gibt verschiedene Typen; der Hauptunterschied zwischen den Batterien und der von ihnen gelieferten Energie und Spannung liegt im Wesentlichen im Produktionsmaterial der positiven und negativen Elektroden. Die bekanntesten Batterien sind:

Batterietyp	Bleibatterie	Nickel-Kadmium-Batterie	Nickel-Metallhydrid-Batterie	Natrium-Nickelchlorid-Zelle (Zebra-Zelle)	Lithium-Ionen-Batterie
Material der negativen Elektrode	Blei	Kadmium	Metallhydrid	Natrium	Graphite, Nitride und Lithiumlegierungen
Material der positiven Elektrode	Bleioxid	Nickelhydroxid	Nickelhydroxid	Nickel	Lithium-Kobalt-Oxid, Vanadiumoxid ...
Elektrolyt	Schwefelsäure	Kaliumhydroxid	Kaliumhydroxid	Natrium-Nickelchlorid	Organisches Lösungsmittel + Lithiumsalz
Energie/Gewicht (Wh/kg)	30 - 50	48 - 80	60 - 120	120	110 - 160
Spannung pro Element (V)	2	1.25	1.25	2.6	3.70
Dauer (Lade-/Entladezyklen)	1000	500	1000	1000-2000	4000
Ladezeit (h)	8 - 16	10 - 14	2 - 4	-	2 - 4
Selbstentladung pro Monat (% der Gesamtmenge)	5	30	20	-	25
Ladeleistung	82.5	72.5	70	92.5	90

Lithium-Ionen-Batterien sind die aktuellsten. Durch die Verwendung von neuen Materialien wie etwa Lithium konnten eine hohe Energiedichte und Effizienz erzielt, der Memory-Effekt verhindert, der Wartungsbedarf beseitigt und die Wiederverwertung erleichtert werden. Eine solche Batterie besteht aus einer großen Anzahl von Zellen, die in Module angeordnet und in Blöcke unterteilt sind. Die folgende Ab-

bildung zeigt eine Traktionsbatterie mit 192 Zellen, die in 96 Elemente unterteilt und hintereinandergeschaltet sind. Diese Batterie hat im Speziellen eine Nennspannung von 360 V und kann bei einer Maximalspannung von 400 Volt arbeiten. Sie hat eine Energiekapazität von rund 22 kWh und bietet eine Reichweite von rund 150 km.



Hinweis: Einige der gehobeneren Fahrzeuge wie etwa das Modell S von Tesla enthält mehr als 8000 Zellen in der Batterie. Die bereitgestellte Kapazität beträgt 100 kW/h und das Fahrzeug hat eine Reichweite von mehr als 500 km zwischen den Ladungen.

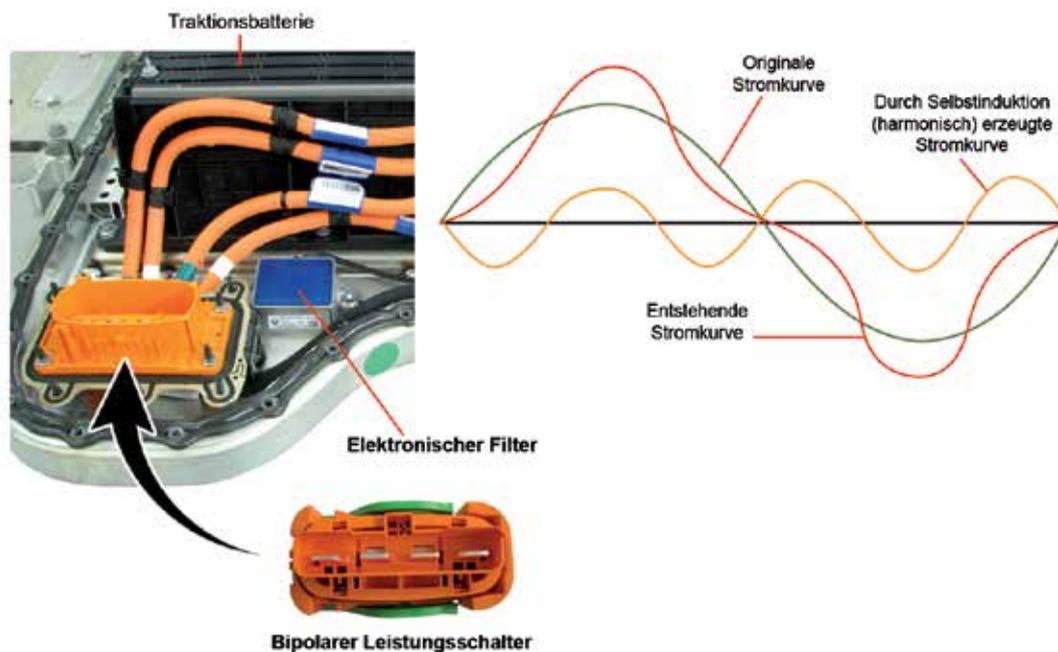
Um die Energieeffizienz zu verbessern, verfügen diese Batterien über ein autonomes Kühlsystem, welches die Zellen bei einer optimalen Arbeitstemperatur hält. Dabei wird ein Klimakältemittel verwendet, welches unter Verwendung eines Verdampfers und eines Gebläses einen Luftstrom kühlt, der alle Batteriemodule durchläuft.

Die Lade- und Entladespannungen pro Zelle in diesen Traktionsbatterien sollten in den vom Hersteller festgelegten Grenzwerten enthalten sein. Dies geschieht durch die Einbindung eines elektronischen Managementsystems, welches die Lade- und Entladezyklen und deren

korrekten Betrieb überwacht und ausgleicht. Für dieses Managementsystem sind Komponenten wie Temperatursensoren, Stromsensoren, Sicherungen, Widerstände usw. erforderlich.

Diese Batterien enthalten zur Sicherheit einen bipolaren Leistungsschalter, wodurch die positiven und negativen Klemmen der Traktionsbatterie vom Rest der Fahrzeuginstallation getrennt werden können. Dabei handelt es sich um ein Sicherheitssystem, welches gefährliche Ströme in den restlichen Verkabelungen und Hochspannungskomponenten verhindert.

Eine weitere notwendige Komponente zur Gewährleistung einer langen Haltbarkeit und einwandfreien Funktion der Traktionsbatterie ist die Integration eines elektronischen Filters, der mit der negativen Klemme verbunden ist. Dieser Filter absorbiert die Oberschwingungen des dort ein- und austretenden Stroms.



Umformereinheit

Diese wird zum Umwandeln des Gleichstroms der Traktionsbatterie in den dreiphasigen Wechselstrom verwendet, sodass der Hochleistungsmotor betrieben werden kann. Darüber hinaus verwandelt

sie beim Abbremsen die vom Motor erzeugte elektrische Energie in Gleichstrom, um diesen zur Speicherung in die Batterie zurückzugeben.



Die Kommunikation zwischen der Umformereinheit und dem Elektromotor erfolgt mittels einer speziellen Verkabelung. Alle Hochspannungskabel sind geschirmt, um Schädlinge weitestgehend zu vermeiden.

Dahingegen verwaltet der Umformer in Abhängigkeit von der Rotorposition, dem Leistungsbedarf, dem regenerativen Bremsen und

ob das Fahrzeug vorwärts oder rückwärts fährt, oder nicht, das Einschalten der Statorphasen.

Darüber hinaus reduziert der Umwandler die Spannung der Traktionsbatterie auf Niederspannung, um Verbraucher mit 12 Volt zu versorgen, sodass auch eine kleine 12-Volt-Batterie aufgeladen werden kann.

Wichtig: Verwenden Sie in diesen Elektrofahrzeugen kein 12-Volt-System, um ein anderes herkömmliches Fahrzeug zu starten. Der vom Niederspannungssystem bereitgestellte elektrische Strom ist nicht für den Motorstart eines Verbrennungsfahrzeuges ausgelegt, da es den dafür benötigten Energieverbrauch nicht unterstützt.

Um ein Überhitzen der Komponenten des Antriebstrangs (Umformereinheit, Ladeinheit, Elektromotor, Untersetzungsgetriebe usw.) zu verhindern, ist ein Wasserkühlsystem installiert. Die Temperatur in diesem Kühlsystem schwankt bei 50 °C, und ein Thermostat wird unter Verwendung eines Temperatursensors nicht benötigt.

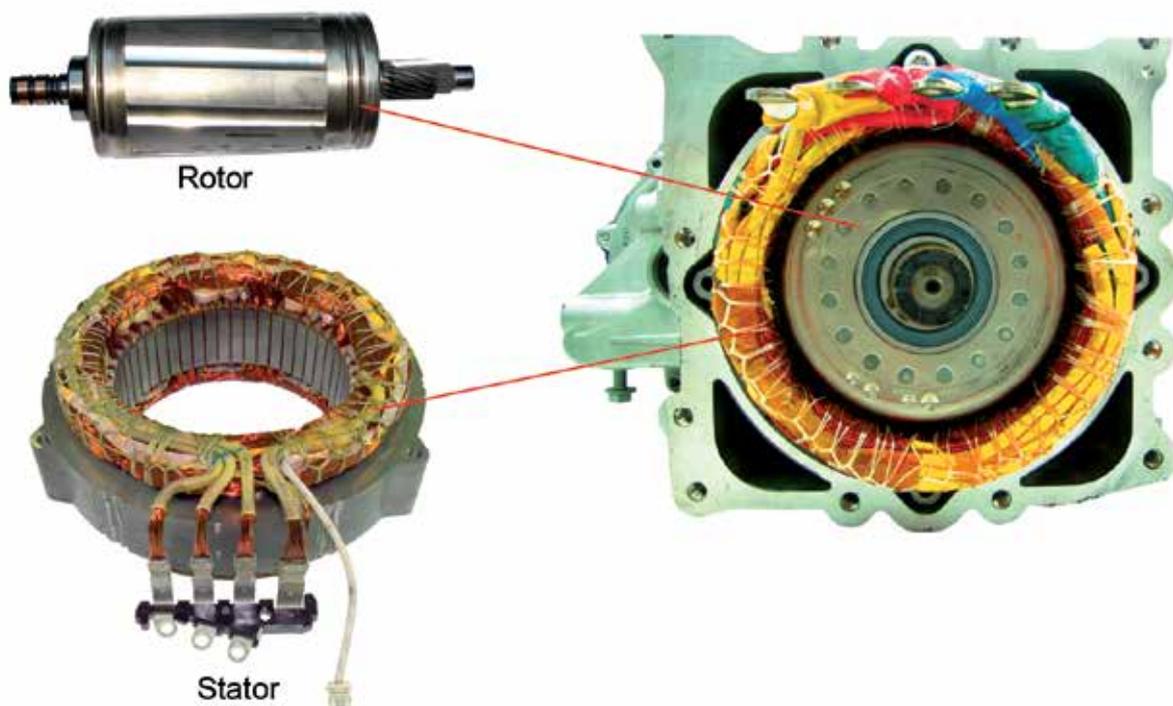
Elektrischer Antriebsmotor + Untersetzungsgetriebe

Der Antriebsmotor ist ein wichtiger Bestandteil in der Architektur des Elektrofahrzeuges. Er wandelt die elektrische Energie in die für die Räder verwendete mechanische Energie um.

Das Funktionsprinzip eines Elektromotors besteht aus dem Induzieren eines von einem Stator erzeugten Magnetfeldes, welches mit dem im Rotor erzeugten Magnetfeld zusammenwirkt. Diese Wechselwirkung zwischen den beiden Feldern, das sogenannte „Aufeinanderprallen“, bringt die Welle des Elektromotors zum Drehen. Diese Motoren sind außerdem in der Lage, beim Verlangsamen des Fahrzeuges als Ge-

nerator zu arbeiten, um Wechselstrom zu erzeugen, der dann (im Umwandler) zu Gleichstrom transformiert wird, um diesen in der Batterie zu speichern.

Die Hauptkomponenten dieser Geräte sind der Stator, welcher in der Position der Induktionsspulen feststeht und die in der Abbildung dargestellten Kupferwindungen bildet, und der Rotor, der Magnetkern, welcher beim Drehen die Bewegung auf das Untersetzungsgetriebe überträgt.



Motortyp

Elektromotoren können grundsätzlich in zwei Typen eingeteilt werden: synchron und asynchron. Der Unterschied zwischen den beiden liegt in ihrer Funktionsweise.

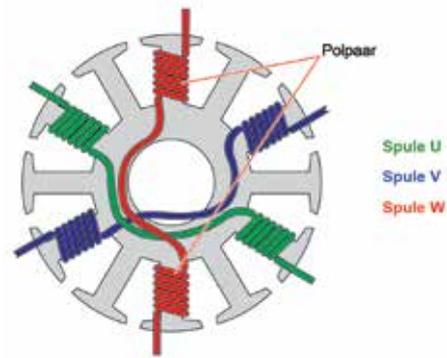
Bei Synchronmotoren sind die Drehzahlen des Rotors und des Magnetfeldes des Stators identisch. Dagegen ist in Asynchron- oder Induktionsmotoren die Drehzahl des Rotors stets niedriger als die Drehzahl des Magnetfeldes des Stators.

Zum Beispiel werden für Renault ZOE und Nissan Leaf Synchronmotoren und bei Tesla Asynchronmotoren verwendet.

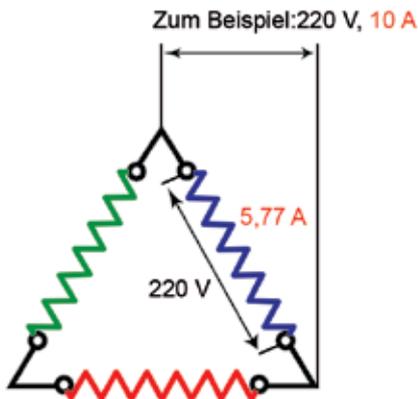
Der Stator

Diese Komponente ist in den Synchron- und Asynchronmotoren praktisch gleich. Der Stator ist in der Regel dreiphasig und besteht aus drei Spulen, die gleichmäßig um das Gehäuse verteilt sind. Die Spulen nennen sich normalerweise U, V und W.

Abhängig von der Verteilung der Spulen um ihr Gehäuse erhält man eine höhere oder geringere Anzahl an Magnetpolen.

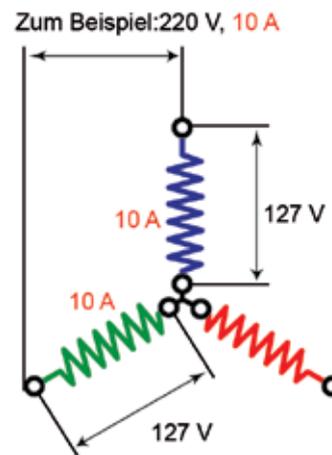


-Deltaförmige Verbindung-



$$\text{Phase I} = \frac{\text{Leitung I}}{\sqrt{3}} \quad \text{Phase V} = \text{Leitung V}$$

-Sternförmige Verbindung-



$$\text{Phase V} = \frac{\text{Leitung V}}{\sqrt{3}} \quad \text{Phase I} = \text{Leitung I}$$

Diese Spulen können sternförmig (alle Spulenanschlüsse sind mit einem gemeinsamen Punkt verbunden) oder deltaförmig (aufeinanderfolgende Verbindung an jedem Phasenende, wobei das System über die Verbindungspunkte versorgt wird) miteinander verbunden sein. Die folgenden zwei Abbildungen zeigen diese zwei Verbindungstypen, welche bei 10-A-Antrieb in 220 V unterschiedliche Intensitäten und Spannungen in ihren Linien aufweisen.

Die Drehkraft eines sternförmig oder eines deltaförmig verbundenen Motors ist gleich. Bei einer deltaförmigen Verbindung der Phasen sind

allerdings die Intensität und das Motordrehmoment im Vergleich zu einer sternförmigen Verbindung niedriger, während die Drehzahl und die Spannung höher sind. Bei einer sternförmigen Verbindung der Phasen sind dagegen die Geschwindigkeit und die Spannung im Vergleich zu einer deltaförmigen Einstellung niedriger, während die Intensität und das Motordrehmoment höher sind. Somit sind die in Elektrofahrzeugen verwendeten Motoren in der Regel sternförmig verbunden, um das maximale Motordrehmoment zu erreichen.

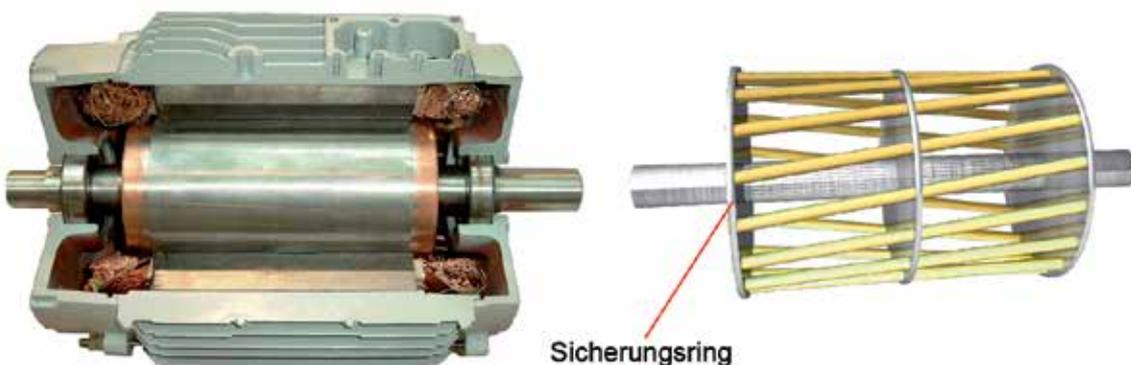
Der Rotor

In Abhängigkeit davon, ob der Motor synchron oder asynchron ist, kann dieser verschiedene Rotoren haben. Asynchrone Motoren enthalten

- **Der Käfigläufer** besteht aus verschiedenen Drähten, die um die Ränder des Rotors verteilt sind (normalerweise aus Kupfer). Die Enden dieser Drähte sind durch einen Sicherungsring kurzgeschlossen, es sei denn, die Rotorwicklung kann mit der Außenseite verbunden

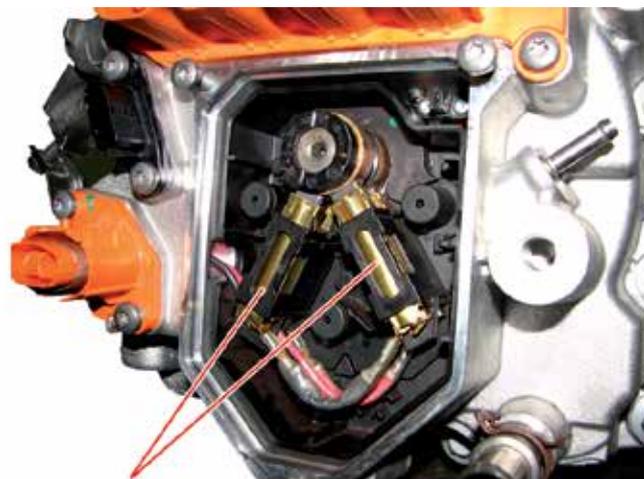
einen Käfigläufer. Synchronmotoren verwenden dagegen in der Regel einen Permanentmagnet-Rotor.

werden. Die durch das Magnetfeld des Stators induzierte Spannung im Rotor wird dann in das Magnetfeld umgewandelt, welches für den Drehbeginn der Welle erforderlich ist.



- **Der gewickelte Rotor** enthält eine im Inneren gewickelte Kupferwicklung, welche nach außen durch zwei auf derselben Welle montierte Schleifringe verbunden ist. Diese Ringe empfangen über

verschiedene Bürsten kontinuierlich Strom, um die Rotorwicklung anzutreiben, deren Aufgabe es ist, im letzteren Fall ein Magnetfeld zu erzeugen.



- **Der Permanentmagnet-Rotor** muss kein Magnetfeld durch die Aufnahme von Strom über eine Stromquelle erzeugen, denn die

Magnete selbst erzeugen bereits dieses Magnetfeld. Für diese Art von Magnet wird oft das Material Neodym verwendet.

Untersetzungsgetriebe

Durch die hohe Anzahl der Umdrehungen des Elektromotors (12.000 U/min) und das hohe Drehmoment wird in Elektrofahrzeugen kein Getriebe benötigt. Da der Elektromotor außerdem sofort Strom bereitstellen kann (kein Leerlauf notwendig), ist auch kein Kupplungssystem mehr erforderlich.

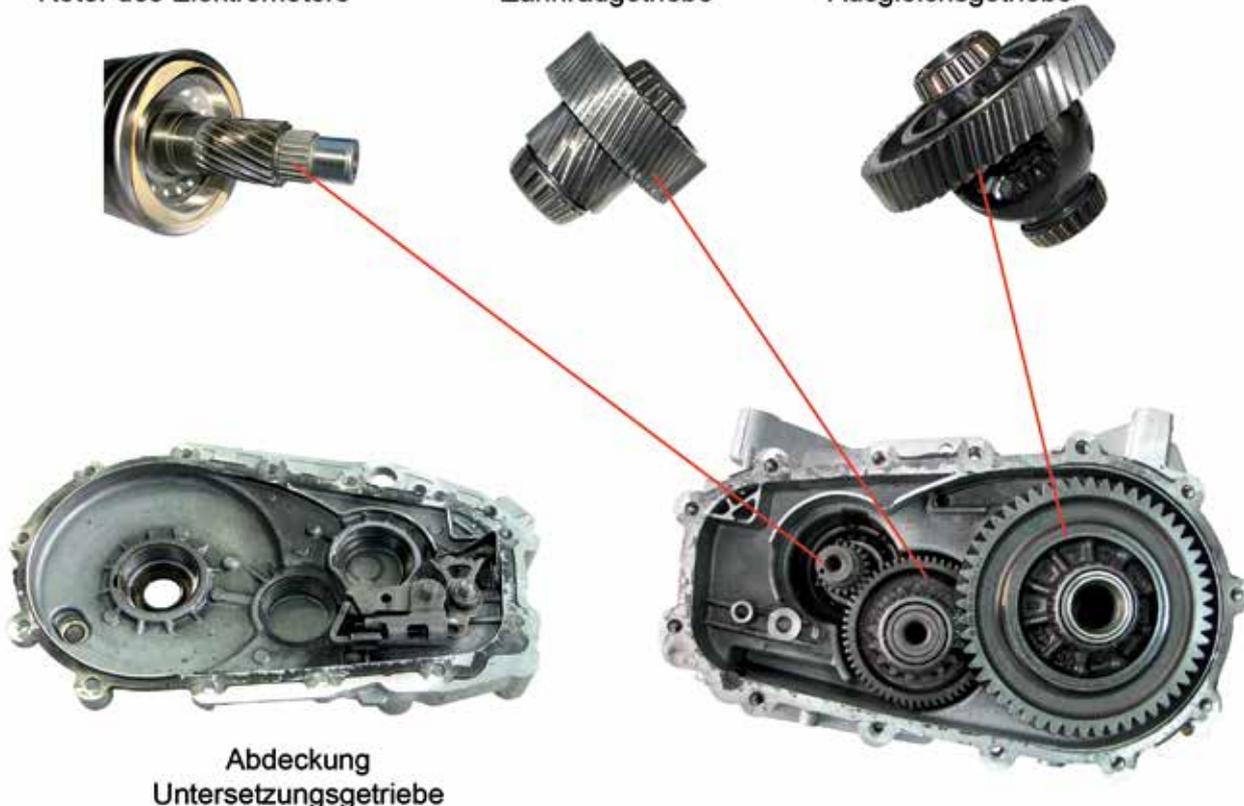
Allerdings ist die Montage eines Reduziersystems (Untersetzungsgetriebe) notwendig, um die hohe Anzahl der Umdrehungen des Elektromotors in das Schleppmoment umzuwandeln.

Der Reduzierer besteht aus der Elektromotorwelle (Rotor), einem Zahnradgetriebe und einem herkömmlichen Ausgleichsgetriebe.

Rotor des Elektromotors

Zahnradgetriebe

Ausgleichsgetriebe



Auch für den Rückwärtsbetrieb ist die Kupplung eines dritten Ritzels nicht notwendig, da es ausreicht, die Drehbewegung des Elektromotors umzukehren.

REGENERATIVES BREMSYSTEM

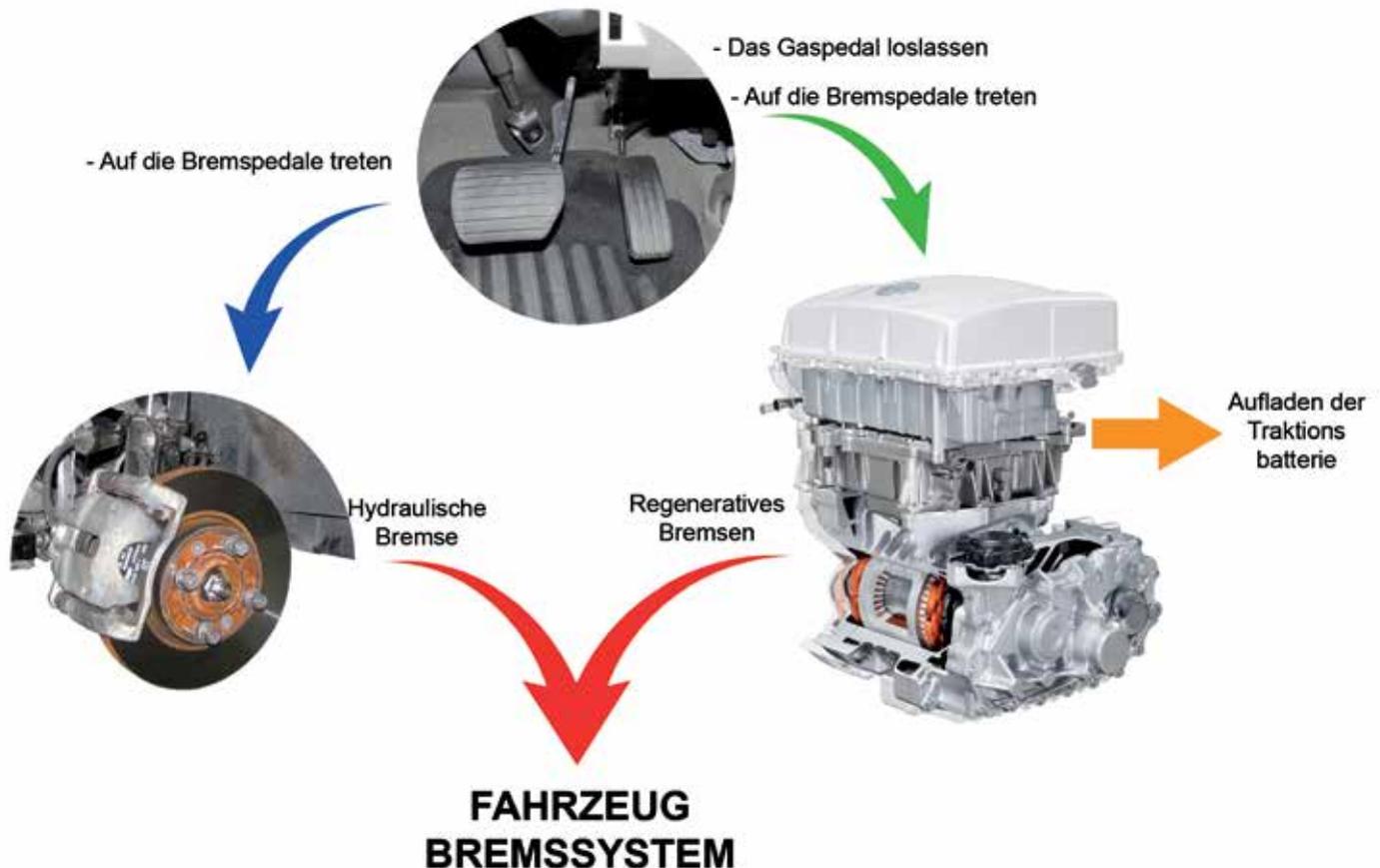
In einem Elektrofahrzeug ist es normal, verschiedene Bremssysteme vorzufinden, jedoch sollte dieses Bremssystem im Interesse des Fahrers so funktionieren, als würde es sich um ein einziges Bremssystem handeln. Die Bremsanlage besteht aus dem klassischen Hydrauliksystem und dem regenerativen Bremssystem, bei dem sich der elektrische Traktionsmotor einschaltet (wenn dieser als Stromgenerator arbeitet). Das herkömmliche Bremssystem (hydraulisch) verfügt in der Regel über einen Bremskraftverstärker, der im Unterdruck arbeitet. Bei einem herkömmlichen Fahrzeug stammt der Unterdruck aus dem Ansaugkrümmer (Benzinmotor) oder vom Bremspedal (Dieselmotor). Bei einem Elektrofahrzeug kann dieser Unterdruck im Allgemeinen nur durch zwei Methoden erzeugt werden:

- Mit einer elektrischen Vakuumpumpe, bei der er durch ein vom Drucksensor abgegebenes Signal aktiviert wird. Dieser Sensor ist am Bremskraftverstärker montiert.
- Oder der für das ABS-System verwendete Elektromotor erzeugt den im Hydraulikkreis zu verwendenden Hydraulikdruck.

Beim Loslassen des Gaspedals wird das regenerative Bremsen bei diesen Fahrzeugtypen in Betrieb genommen. In diesem Moment hört der Elektromotor auf, den Rädern Traction zu geben, um umgekehrt als Generator zu arbeiten. Die Rotorträgheit führt zu einer elektromagnetischen Induktion in den Statorspulen und erzeugt dadurch Wechselstrom. Dieser Wechselstrom wird mithilfe der Umformereinheit in Gleichstrom umgewandelt, um diesen danach in der Traktionsbatterie zu speichern. Je mehr auf das Bremspedal getreten und der Druck darauf erhöht wird, umso mehr Energie wird über den Generator von der Batterie aufgenommen und gespeichert.

Die Reichweite des Fahrzeuges wird durch das regenerative Bremsen erheblich gesteigert, vor allem beim Fahren in der Stadt. Gleichzeitig wird auch der Verschleiß der Bremsen reduziert.

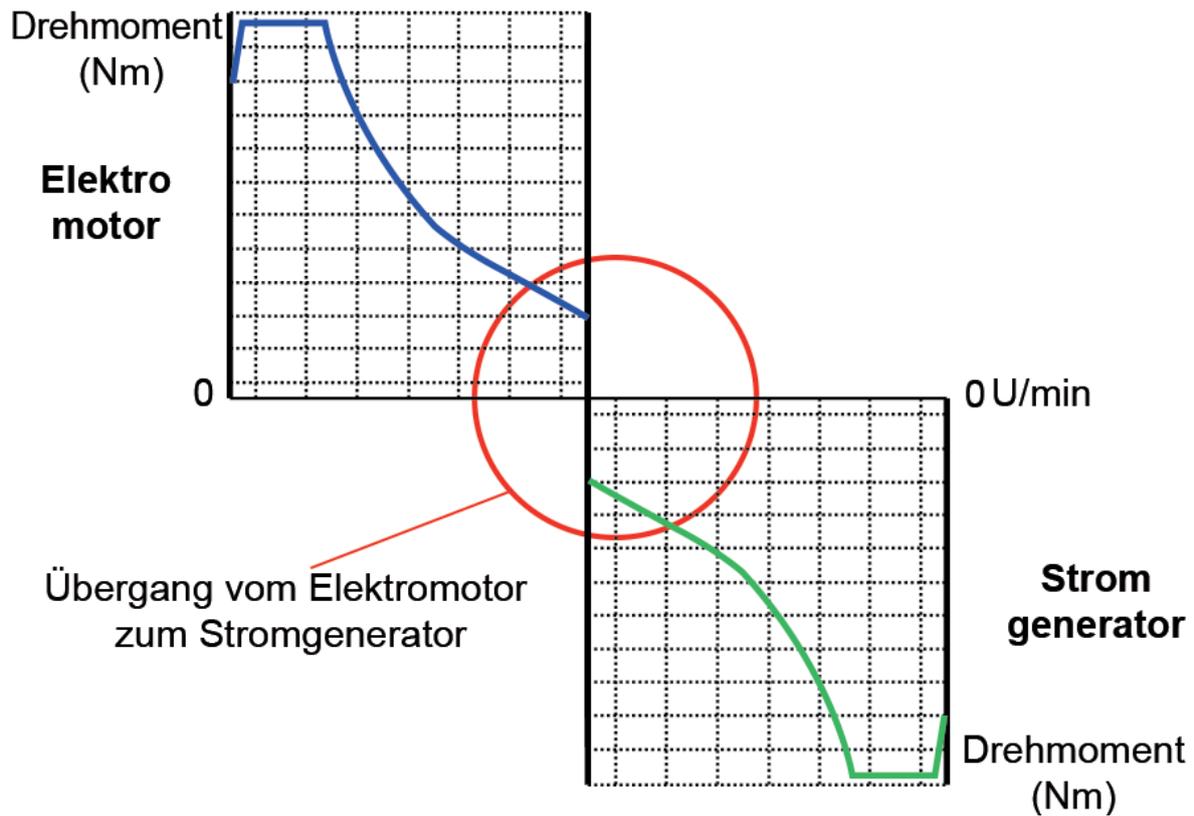
Damit das Elektrofahrzeug effektiv abbremst und seinerseits den größten Nutzen aus dem regenerativen Bremsen zum Aufladen der Traktionsbatterie zieht, ist ein Bremssystem mit einer stufenlosen Kombination beider Bremssysteme erforderlich.



Das Widerstandsmoment eines Generators hängt zum Teil von der Anzahl seiner Umdrehungen ab. Beim Übergang vom Elektromotor zum Stromgenerator gibt es einen kurzen Zeitabschnitt, in dem kein Drehmoment vorhanden ist und das Bremsen 100 % hydraulisch sein muss. Sobald das Widerstandsmoment erneut vorhanden ist, kann

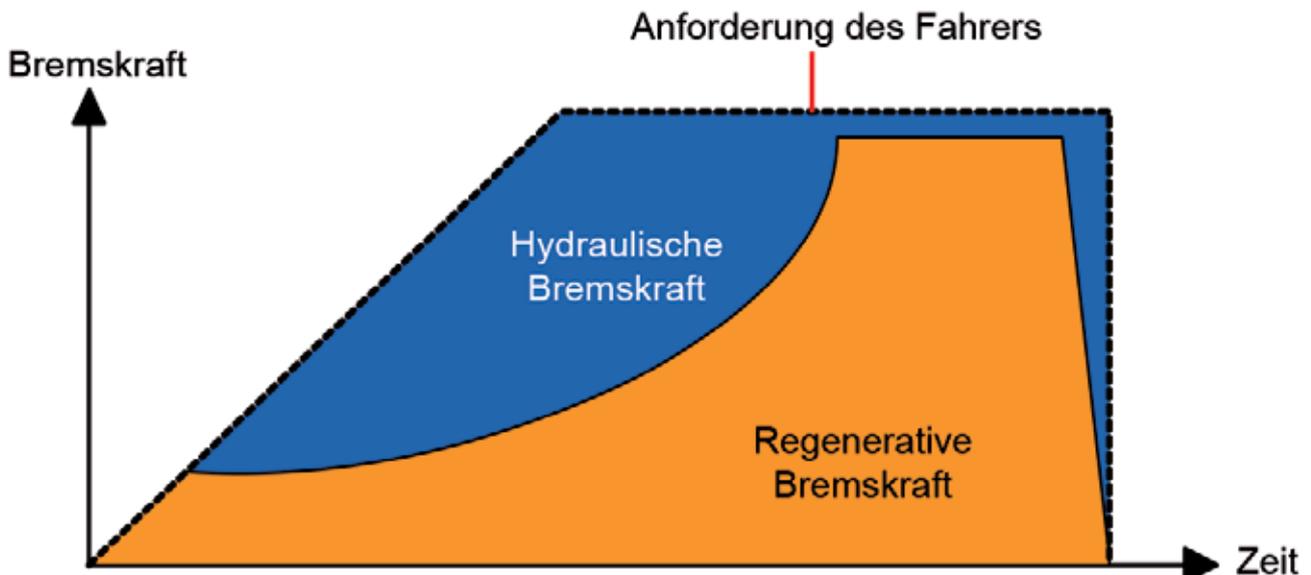
das Bremssystem das hydraulische Bremsen reduzieren oder sogar ausschalten, um vom regenerativen Bremsen zu profitieren. Bei der Drehzahlverringering des Generators ist das Widerstandsmoment nicht möglich. In diesem Moment muss erneut hydraulisch gebremst werden.

-Motordrehmoment/Generatorkurve-



Demzufolge schaltet das Bremssystem eines Elektrofahrzeuges den vom Fahrer erzeugten Druck auf die Bremspumpe ab, um gemäß der

notwendigen Bremsanforderungen hydraulisches und regeneratives Bremsen zu kombinieren.



KLIMATISIERUNGSSYSTEM

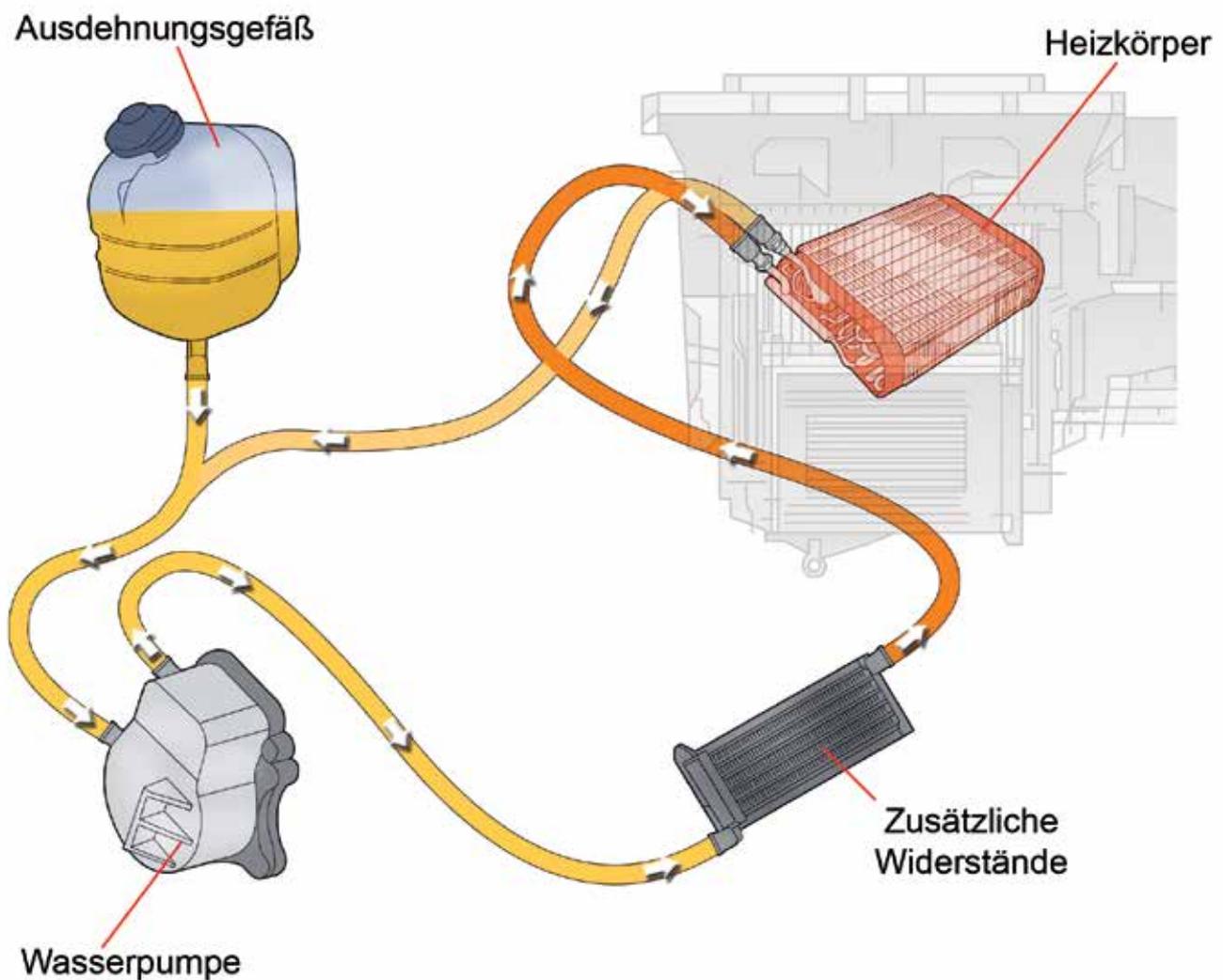
Da es keinen Verbrennungsmotor gibt, haben sich Hersteller von Elektrofahrzeugen zwei Fragen gestellt:

- Wie bedient man einen AC-Kompressor?
- Und woher bekommt man eine Wärmequelle für die Heizung?

Im Hinblick auf die Wärmequelle für die Heizung waren die ersten Elektrofahrzeuge mit einer stationären Heizung ausgestattet, die über einen kleinen Kraftstofftank (Benzin oder Diesel), ähnlich wie Hausheizungen, betrieben wurden.

Eine weitere moderne angewandte Möglichkeit ist die Verwendung von zusätzlichen Widerständen, die unter der Spannung der Traktionsbatterie arbeiten. Das System besteht außerdem aus folgenden Komponenten:

Die zusätzlichen Widerstände erhitzen die durch den Kreislauf zirkulierende Flüssigkeit. Sie funktionieren immer dann, wenn das Fahrzeug in Betrieb ist und die Heizfunktion beansprucht wird.



Im Kühlkreislauf werden die gleichen Komponenten wie bei einem herkömmlichen Fahrzeug verwendet, mit dem einzigen Unterschied, dass der Kompressor der Klimaanlage von einem in seinem Inneren installierten Elektromotor betrieben wird.

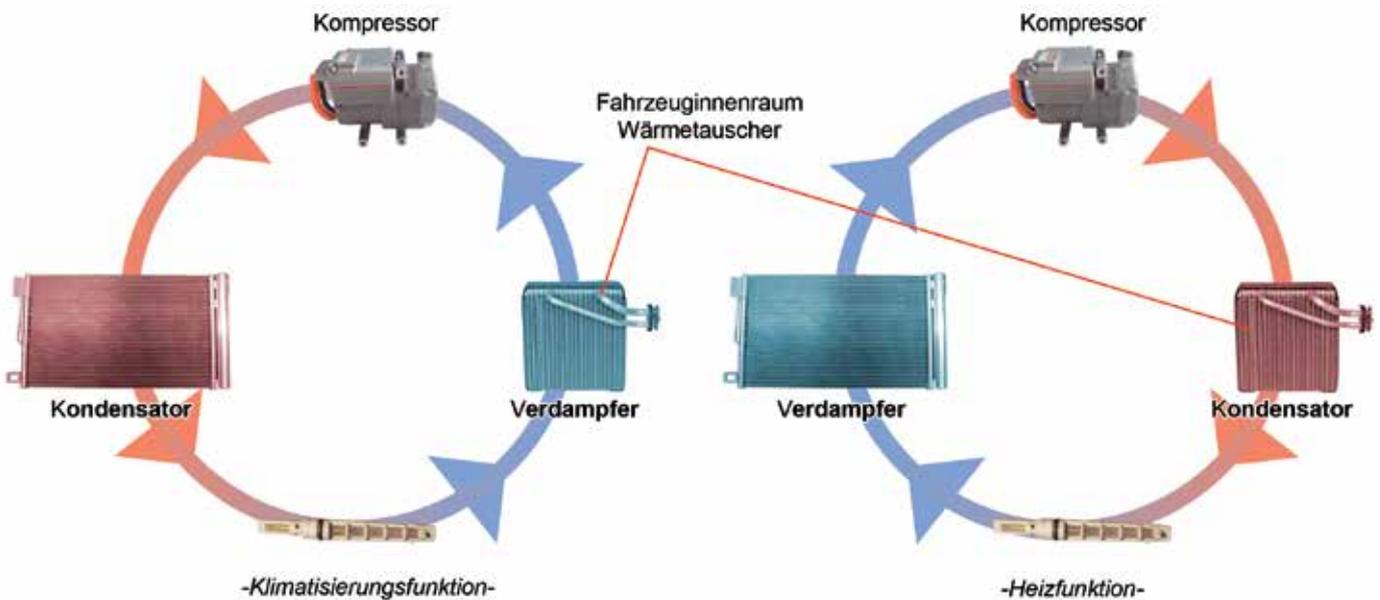
Bei diesen Kompressoren handelt es sich in der Regel um Scrollverdichter, die sich an der gleichen Position wie bei einem herkömmlichen Fahrzeug befinden, das heißt im Motorraum.

Das verwendete Gas hängt vom Herstellungsjahr des Fahrzeuges ab. Die gängigsten sind R-134a und 1234-yf.



Um ihre Reichweite zu erhöhen, sind viele Elektrofahrzeuge mit einem Programm ausgestattet, welches während des Aufladens der Batterie das Erwärmen oder Kühlen des Fahrzeuginnenraums antizipieren kann. In diesem Fall stammt die für diesen Vorgang benötigte Energie vom heimischen Elektrosystem anstatt von der Fahrzeugbatterie. Die Klimatisierungsanlage des Fahrzeuges greift im Gegenzug in die Kühlung der Traktionsbatterie ein.

Andere Fahrzeuge wie etwa Renault ZOE nutzen ein reversibles Klimatisierungssystem, das sich auf ein System bezieht, welches das Erwärmen und Kühlen der Luft ermöglicht. Der Wärmetauscher im Fahrzeuginnenraum arbeitet als Kondensator zum Abgeben von Wärme und als Verdampfer zum Ausströmen frischer Luft. Zum Umkehren der Funktion der beiden Wärmetauscher wird ein Satz Elektroventile verwendet.



INSTANDHALTUNG

Genauso wie Verbrennungsfahrzeuge haben auch Elektrofahrzeuge ihre eigene Instandhaltung. Die folgenden Inspektionen und Überprüfungen sind in den meisten allgemeinen Wartungsdienstleistungen zu beachten:

- Das Auswechseln der Kühlflüssigkeit alle 5 Jahre oder 150.000 km. Dies sollte unter Berücksichtigung der Vorgaben des Herstellers durchgeführt werden.
- Das Ersetzen der Bremsflüssigkeit, wobei Hersteller empfehlen, dies alle 120.000 km oder 4 Jahre vorzunehmen. Gleichzeitig sollte darauf hingewiesen werden, dass die Bremsbeläge dieser Fahrzeuge in der Regel länger als bei einem herkömmlichen Fahrzeug halten, denn durch das regenerative Bremsen der Elektrofahrzeuge werden die Bremsbeläge weniger abgenutzt.
- Das Untersetzungsgetriebe verwendet Öl für das Zahnradgetriebe. Es wird empfohlen, den Ölstand alle 30.000 km zu überprüfen (diese Angaben beziehen sich auf die Fahrzeuginspektion).
- Einige Hersteller empfehlen, die 12V-Batterie dieser Elektrofahrzeuge vorsichtshalber alle 3 Jahre zu ersetzen.

Hinsichtlich der in vielen Elektrofahrzeugen verwendeten Reifen sollte beachtet werden, dass es sich dabei um eine bestimmte Art handelt.

Aufgrund des hohen Drehmoments dieser Fahrzeuge wurden Reifen mit einem hohen Reibungskoeffizienten entwickelt. Einige Hersteller entscheiden sich für die Verwendung von Reifen mit einem größeren Durchmesser und einer schmalen Querschnittsbreite. Dadurch wird ein geringer Rollwiderstand geboten und die Reichweite des Fahrzeuges erhöht (je nach Fahrzeug eine Steigerung von 10 %). Ihre Auswechselfrist hängt vom Verschleiß ab.

- Es wird empfohlen, den Innenraumfilter alle 30.000 km zu ersetzen.
- Der Dehydrator-Filter der Klimaanlage sollte alle 2 Jahre ausgetauscht werden.
- Wenn der Kreislauf der Klimaanlage geöffnet werden muss, ist es sehr wichtig, die Spezifikationen des Kompressoröls zu berücksichtigen, denn dieses Öl muss vom Typ POE sein. Dabei handelt es sich um Öl, das spezifische elektrische Isolationseigenschaften haben muss, um den Kompressor vor einem durch den Motor erzeugten Stromschlag zu schützen.

Genauso wie bei einem herkömmlichen Fahrzeug müssen auch hier regelmäßig Reifen, Scheibenwischerflüssigkeit, Scheibenwischer und Glühlampen überprüft und falls notwendig bewegliche Komponenten ausgetauscht werden, z. B.:

- hydraulische Bremsteile
- Kugelgelenke
- Lager
- Lenkungs- und Aufhängungsteile





Automobiltechnik im Blickpunkt

Der Eure!TechFlash-Newsletter ergänzt das Lehrgangsprogramm Eure!Car von ADI und verfolgt ein klares Ziel:

Aktuelle Einblicke in technische Innovationen in der Automobilindustrie vermitteln.

Ziel von Eure!TechFlash ist es, neue Technologien mit technischer Hilfe seitens des AD Technical Centre in Spanien und Irland und der Unterstützung der führenden Teilehersteller zu entmystifizieren und sie transparent zu machen, um Kfz-Werkstätten zu motivieren, mit der Technik Schritt zu halten und kontinuierlich in technische Aus- und Weiterbildung zu investieren.

Eure!TechFlash wird 3 bis 4 Mal im Jahr erscheinen.

Eure!Car
CERTIFIED MASTERCLASSES

Die technische Kompetenz eines Mechanikers ist unabdingbar und in Zukunft wahrscheinlich von entscheidender Bedeutung

(www.ad-europe.com). Das Eure!Car-Programm umfasst ein umfangreiches Angebot erstklassiger technischer Lehrgänge für Kfz-Werkstätten, die von den nationalen AD-Unternehmen und ihren jeweiligen Teilehändlern in 39 Ländern gehalten werden.

für den Fortbestand von Kfz-Werkstätten.

Eure!Car ist eine Initiative des Unternehmens Autodistribution International mit Hauptsitz in Kortenberg, Belgien

Auf www.eurecar.org finden Sie weiterführende Informationen und können Sie sich unsere Lehrgänge anschauen.

Industrieunternehmen die Eure!Car unterstützen



Hybrid-Technologie



Einschränkende Bemerkung : Die Angaben in diesem Führer erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit und sind rein informativ. Der Autor übernimmt keine Haftung für diese Informationen.