

42. Tag der Kfz-Wirtschaft OÖ

E-Mobilität – Maßnahmen und technische Aspekte für Werkstätten

Dipl.-Ing. **Raphael Weinberger**
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Peter Fischer**
14.02.2024

Institut für Fahrzeugtechnik, Technische Universität Graz
WKO Oberösterreich Landesgremium Fahrzeughandel und Landesinnung Fahrzeugtechnik

Agenda

1. Einführung
 - Ausgangssituation mit Motivation und Zielsetzung
2. Interviews Kfz-Werkstätten
 - Expertenauswahl, Interviewleitfäden und Auswertungsschritte
3. Ergebnisse der Interviews
 - Zusammenfassung der Expertenaussagen
4. Auswertung der Interviews
 - Interpretation der Ergebnisse
 - Handlungsempfehlungen für Kfz-Werkstätten
 - Ansätze für neue Geschäftsmöglichkeiten durch E-Mobilität
5. Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme
 - Architekturen, Komponenten und Systemfunktionen
6. Zusammenfassung



Agenda

1. Einführung

- Ausgangssituation mit Motivation und Zielsetzung

2. Interviews Kfz-Werkstätten

- Expertenauswahl, Interviewleitfäden und Auswertungsschritte

3. Ergebnisse der Interviews

- Zusammenfassung der Expertenaussagen

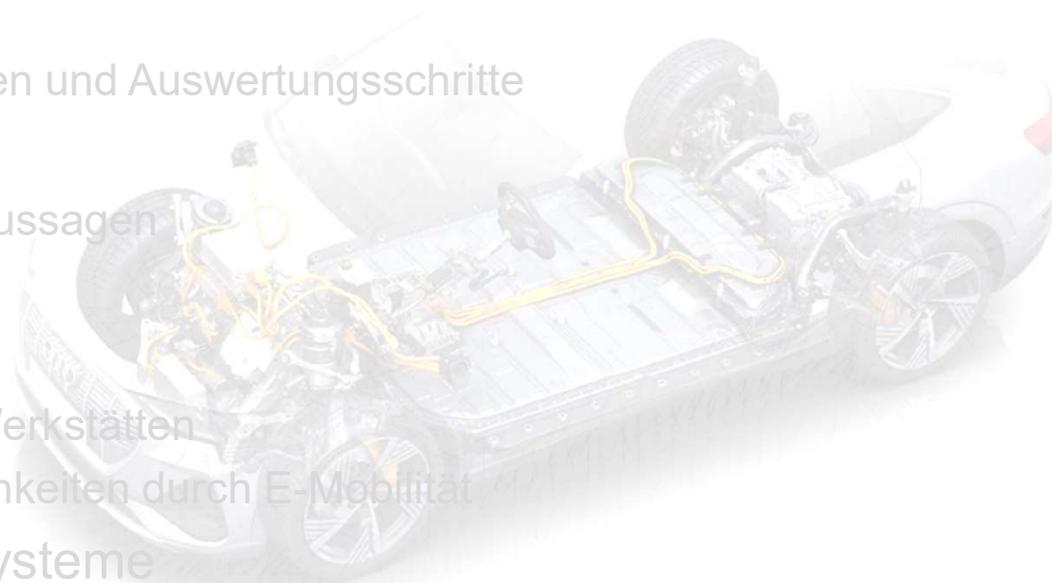
4. Auswertung der Interviews

- Interpretation der Ergebnisse
- Handlungsempfehlungen für Kfz-Werkstätten
- Ansätze für neue Geschäftsmöglichkeiten durch E-Mobilität

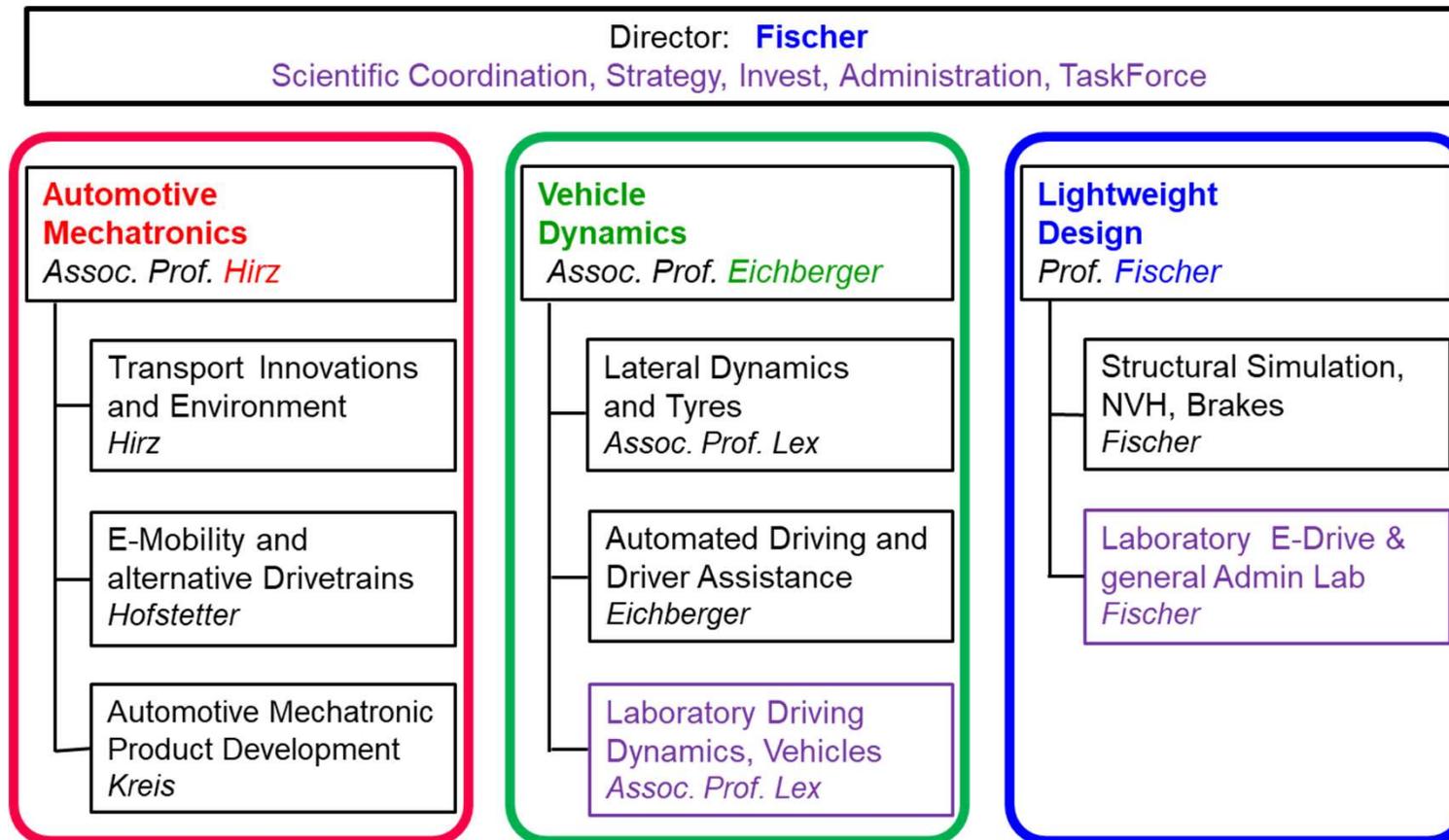
5. Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme

- Architekturen, Komponenten und Systemfunktionen

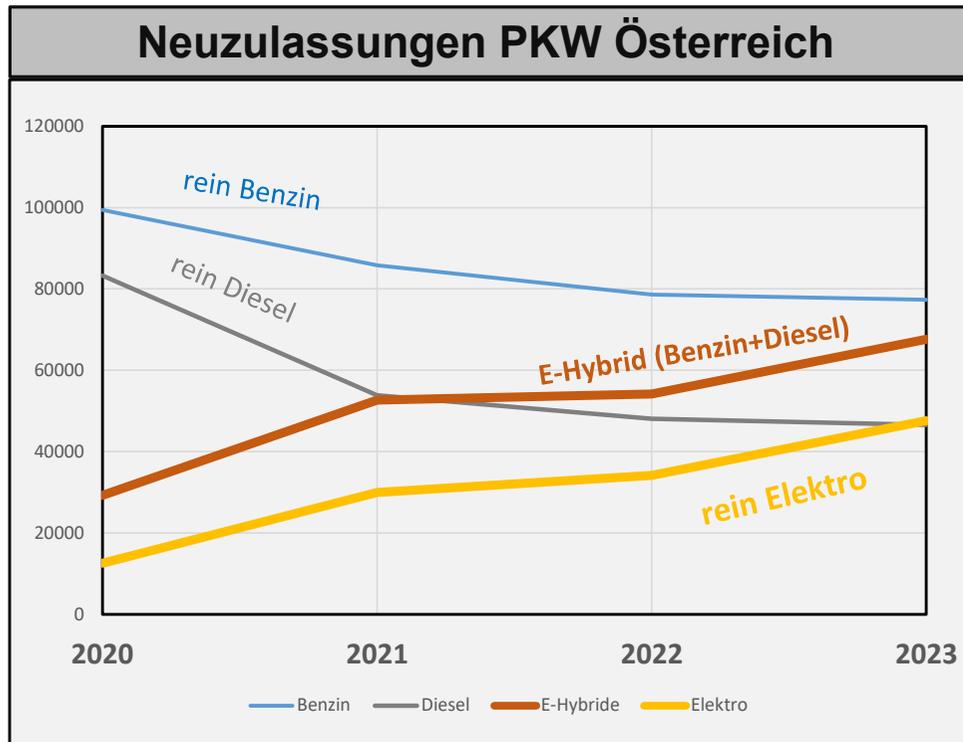
6. Zusammenfassung



TU Graz, Institut für Fahrzeugtechnik



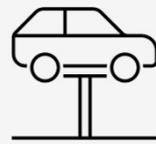
Ausgangssituation & Motivation



Gegenüberstellung Werkstattgruppen

Vertragswerkstatt

- bereits routinemäßige Arbeiten
- Erfahrungen aus der Praxis



Freie Werkstatt

- geringes Reparaturaufkommen
- Großteil noch an Konventionellen
- begrenztes Wissen und Kenntnisse
- ...

Zugangsprobleme insbesondere für Freie Werkstätten, um den Einstieg in den Markt der Elektromobilität selbst bewältigen zu können!

Zielsetzung

Recherche

- Skepsis gegenüber Sinn von E-Mobilität
- Ungewissheit über schrumpfende Geschäftsumfänge

Anfangsunterstützung

- Werkstattgerechte Ausarbeitung von Grundlagen in Form eines Handbuchs

Handlungsempfehlungen

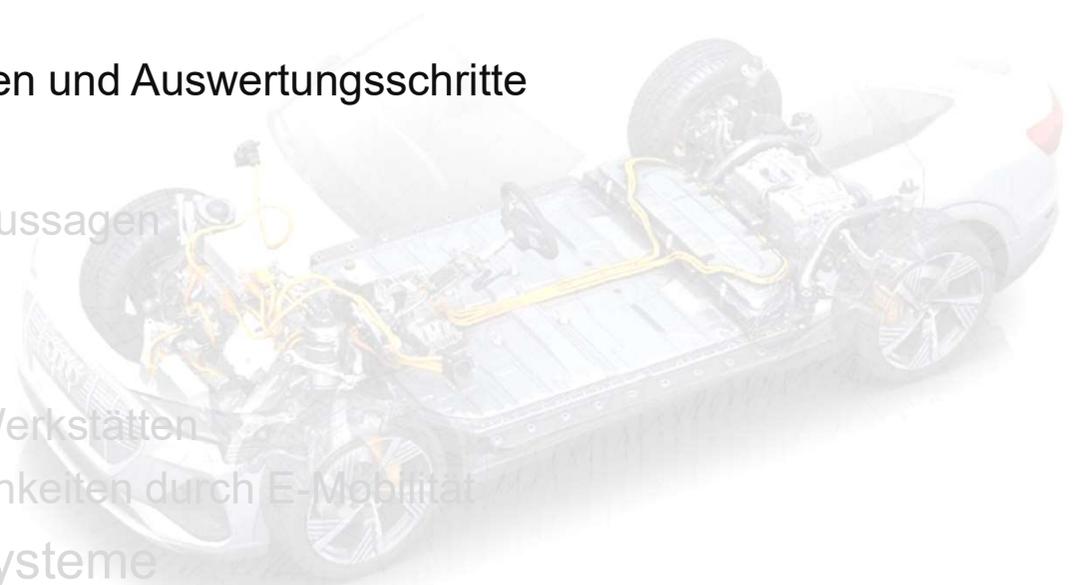
- Aufzeigen von Chancen, Herausforderungen und möglichen Tätigkeitsgebieten für Werkstätten

Geschäftsmöglichkeiten

- Aufzeigen von neuen wirtschaftlichen Möglichkeiten durch die Elektromobilität

Agenda

1. Einführung
 - Ausgangssituation mit Motivation und Zielsetzung
2. Interviews Kfz-Werkstätten
 - Expertenauswahl, Interviewleitfäden und Auswertungsschritte
3. Ergebnisse der Interviews
 - Zusammenfassung der Expertenaussagen
4. Auswertung der Interviews
 - Interpretation der Ergebnisse
 - Handlungsempfehlungen für Kfz-Werkstätten
 - Ansätze für neue Geschäftsmöglichkeiten durch E-Mobilität
5. Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme
 - Architekturen, Komponenten und Systemfunktionen
6. Zusammenfassung



Expertenauswahl

Auswahlkriterien für Experten

- Vertrags- und Freie Werkstätten
- In Führungs- und Werkstattebene
- Unterschiedliche Fahrzeugmarken
- Verteilung urbaner und ländlicher Raum



Übersicht Interviewpartner

Vertragswerkstätten

- Betriebsleiter, Werkstattmeister, HV-Techniker
- klein- mittelständische Unternehmen



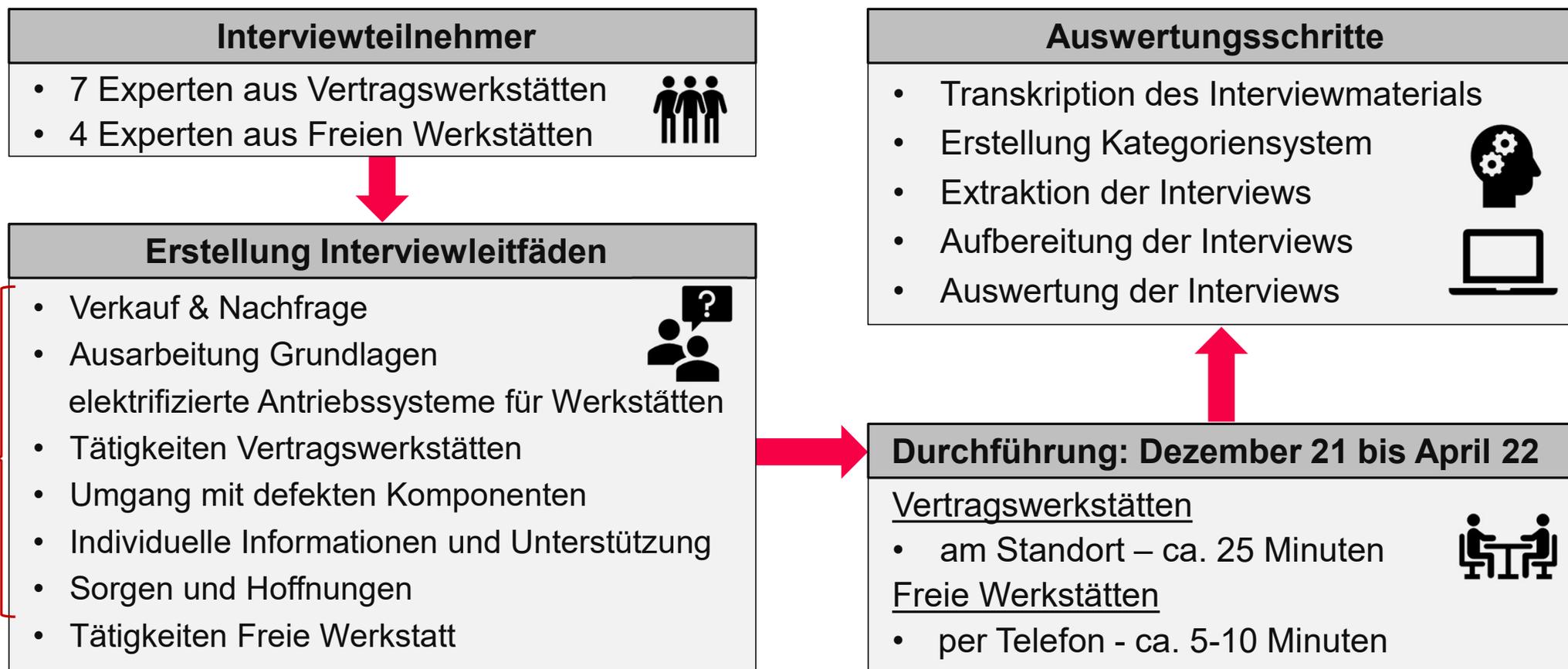
Freie Werkstätten

- Kleinstunternehmen in ländlichen Regionen

Verteilung der Experten aus den Werkstätten



Interviewleitfäden, Durchführung & Auswertungsmethode



Vertragswerkstatt

Agenda

1. Einführung
 - Ausgangssituation mit Motivation und Zielsetzung
2. Interviews Kfz-Werkstätten
 - Expertenauswahl, Interviewleitfäden und Auswertungsschritte
3. Ergebnisse der Interviews
 - Zusammenfassung der Expertenaussagen
4. Auswertung der Interviews
 - Interpretation der Ergebnisse
 - Handlungsempfehlungen für Kfz-Werkstätten
 - Ansätze für neue Geschäftsmöglichkeiten durch E-Mobilität
5. Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme
 - Architekturen, Komponenten und Systemfunktionen
6. Zusammenfassung



Verkauf & Nachfrage

reiner VKM-Antrieb noch dominierend, aber...

im **Stadtgebiet:**

- steigende Verkaufszahlen an BEV und PHEV
- hohe Nachfrage an elektrischen Fahrzeugen
 - Kleinwagen und Transporter

in den **ländlichen Regionen:**

- BEV eher zurückhaltend
- Plug-In und Vollhybride sehr gefragt
- Zunahme an Mild-Hybridisierungen

Generell: Steuerliche Vorteile durch BEV/PHEV

Tätigkeiten Vertragswerkstatt

Allgemeine Voraussetzungen

- Herstellerfreigabe erforderlich
- Reparaturen nach Anleitungen
- Nachweis Ausbildungsstand



Zum Großteil Komponententausch

- **Batteriemodule** – bei den meisten Marken
- aber auch E/E-Komponenten

Aber in seltenen Fällen auch

- Reparatur defekter Komponenten

Ausbildung, Werkzeug- und Geräte

Arbeiten an Fahrzeugen mit HV-System

- **Hochvoltausbildung**
 - HV-2 Stand der Dinge
- **Zertifizierung** für Fahrzeugmodelle



Reparaturanleitungen

- Werkzeuge & Ausbildungsstand
- Sicherheitsausrüstung und –hinweise

Diagnosegeräte

- durch erweitertes Software-Portfolio ergänzt

Umgang mit defekten Komponenten

Generelle Handhabung

- **Austausch** und Retournierung (Standard)
- Komponentenöffnung und Reparatur

Garantiezeitraum

- Für Batteriesystem 8 Jahre
- E/E-Komponenten zwischen 2-5 Jahre
 - **Gebrauchtfahrzeuge**



Herstellerabhängigkeit

- Freigabe & Ersatzteilverfügbarkeit

Großteil ausgerüstet für Komponentenreparatur

- Werkzeuge & Geräte vorhanden

Sorgen und Hoffnungen

Reparatur- und Instandsetzungsarbeiten

- **Rückgang** durch Elektromobilität
- **Weniger** mechanische **Verschleißteile**

Veränderung Inspektions- und Wartungsarbeiten

- Abnahme Motoröl- und Bremsenbedarf
- Zunahme Reifenverschleiß bei BEV

Zunahme elektrifizierte Fahrzeuge

- Bedarf an qualifizierten Fachkräften steigt
- Veränderung Reparaturverhalten
 - zukünftig auf Komponentenebene

Tätigkeiten Freie Werkstatt

Reparaturaufkommen und -nachfrage

- noch **sehr begrenzt** und gering
- nur Inspektions- und Wartungsarbeiten

Ausbildungsstand, Werkzeug und Geräte

- überwiegend HV-2-Ausbildung
- Organisation Werkzeug und Prüfgeräte

Allgemeine Vorgehensweise

- Herstellerportal – kostenpflichtig
 - Zugriff auf freig. Reparaturanweisungen

Keine Unterstützung bis jetzt!

Agenda

1. Einführung
 - Ausgangssituation mit Motivation und Zielsetzung
2. Interviews Kfz-Werkstätten
 - Expertenauswahl, Interviewleitfäden und Auswertungsschritte
3. Ergebnisse der Interviews
 - Zusammenfassung der Expertenaussagen
4. Auswertung der Interviews
 - Interpretation der Ergebnisse
 - Handlungsempfehlungen für Kfz-Werkstätten
 - Ansätze für neue Geschäftsmöglichkeiten durch E-Mobilität
5. Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme
 - Architekturen, Komponenten und Systemfunktionen
6. Zusammenfassung



Interpretation der Ergebnisse

Ausgangshypothesen

- unterschiedliches Reparaturaufkommen
- unterschiedlicher Ausbildungsstand
- spezifische Wissenslücken



Vertragswerkstatt

Reparaturarbeiten

- ohne große Schwierigkeiten
- Routine im Umgang mit Fahrzeugen
- **Ausbildung & Herstellerunterstützung**

Rückgang an Arbeiten kompensieren

- neue Geschäfte generieren



Freie Werkstatt

Am Land sehr verbreitet und gefragt

- zukünftig konfrontiert mit E-Mobilität
 - vor allem Fahrzeuge **außerhalb Garantie**



Einstieg in die E-Mobilität schwieriger

- geringere Unterstützung Fahrzeughersteller
 - **keine Fahrzeugschulungen**

geringere Teilnahmebereitschaft

- zeitliche Verfügbarkeit
- genügend Auslastung mit konventionellen

Interesse an E-Mobilität

- HV-2-Ausbildung + Praxis

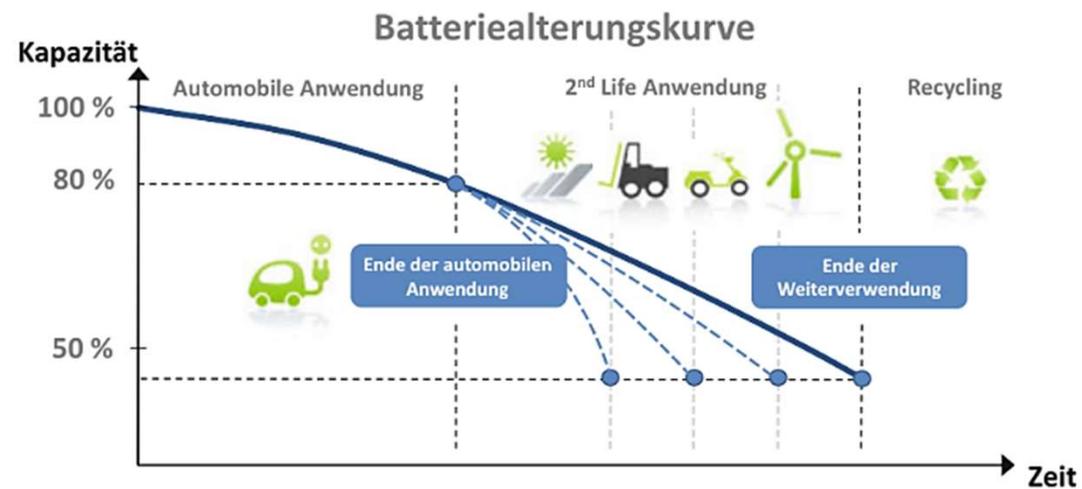


Handlungsempfehlungen für Kfz-Werkstätten

Vertragswerkstätten

Neue Geschäftsmöglichkeiten

- Unfallfahrzeuge
 - Beschädigung Batteriesystem
- Innovative Mobilitätskonzepte
 - „Car-Sharing“ Angebote von BEV
- Elektroauto-Abos
- **gebrauchte Hochvolt-Batterien**
 - für 2nd-life-Anwendungen
- Reifengeschäft
- Ladeinfrastruktur
 - als Komplettanbieter positionieren



Handlungsempfehlungen für Kfz-Werkstätten

Freie Werkstätten

Basisanforderungen für Einstieg

- **Qualifizierung Mitarbeiter**
- **Veränderung Tätigkeiten**
- **Veränderung Werkstattinfrastruktur**

Neue Tätigkeitsfelder

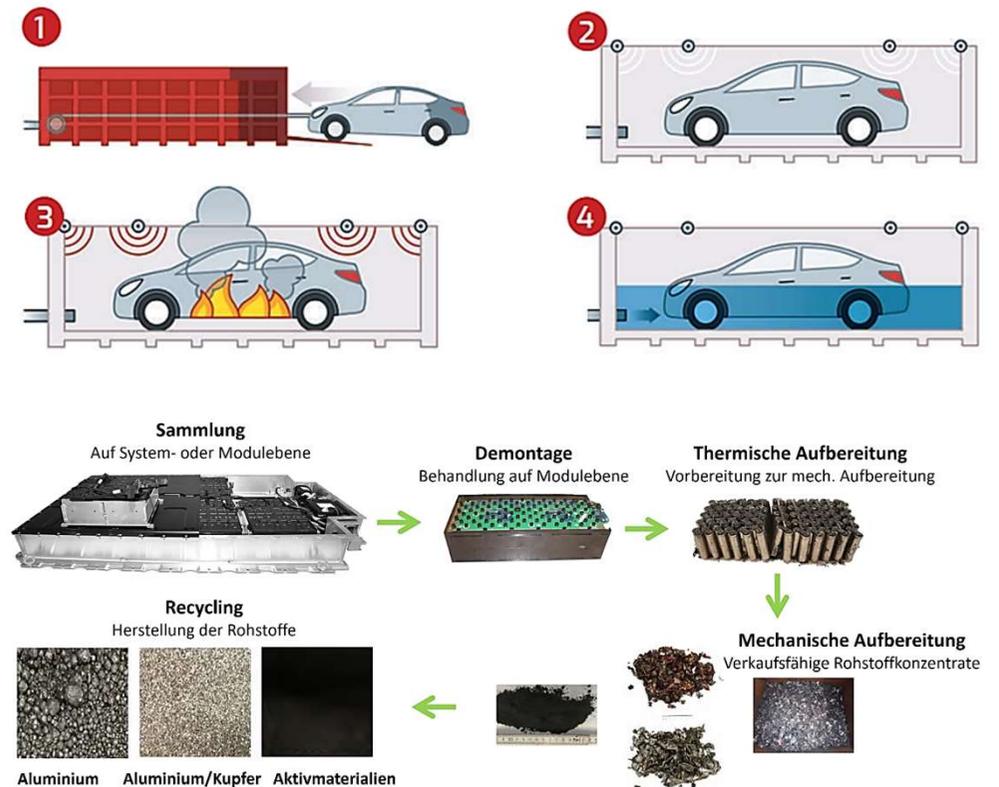
- Karosserieschäden (Leichtbau)
- Thermomanagement
- Diagnose (Batterie & Ankaufstests)
- Reifengeschäft (Vermarktung)
- Öffentliche Lademöglichkeiten
- Externe Unterstützung
- Schulungsangebote
- ...





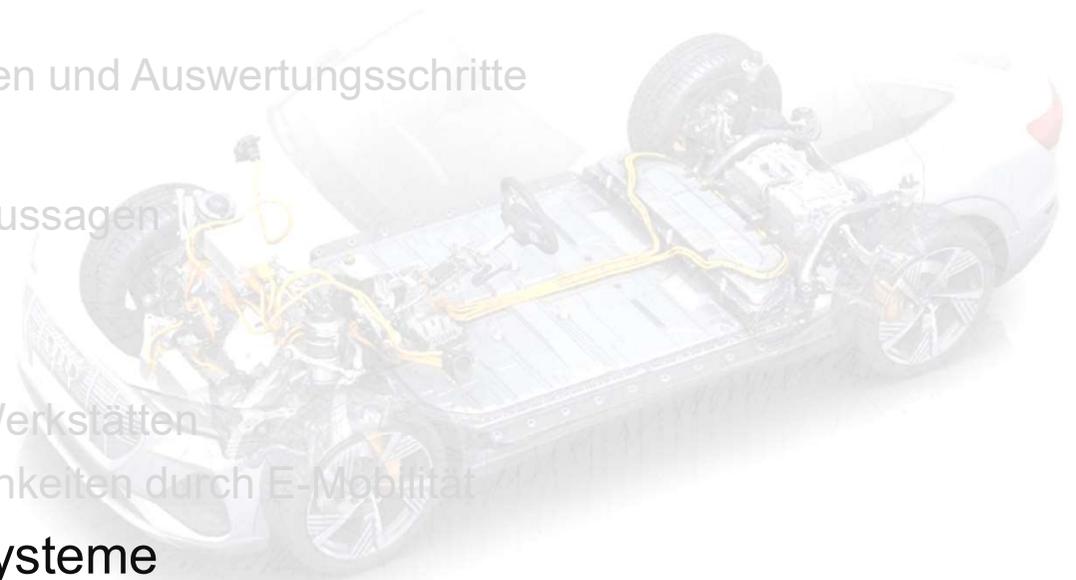

Ansätze für neue Geschäftsmöglichkeiten durch E-Mobilität

- Reparatur auf Komponentenebene
 - E-Maschine, elektronische Bauteile, Batteriesystem, Thermomanagement
- Zweitverwendungs-Produzenten
 - Aufbereitung & Verkauf Energiespeicher
- Transportlogistik & Sicherheitsbehälter
 - Produktion Gefahrgutbehälter
- Softwareanwendungen
- Weiterbildungsmaßnahmen
 - neue Kurs- und Schulungsmöglichkeiten
- Recycling
 - bestimmte Arbeitsschritte durchführen



Agenda

1. Einführung
 - Ausgangssituation mit Motivation und Zielsetzung
2. Interviews Kfz-Werkstätten
 - Expertenauswahl, Interviewleitfäden und Auswertungsschritte
3. Ergebnisse der Interviews
 - Zusammenfassung der Expertenaussagen
4. Auswertung der Interviews
 - Interpretation der Ergebnisse
 - Handlungsempfehlungen für Kfz-Werkstätten
 - Ansätze für neue Geschäftsmöglichkeiten durch E-Mobilität
5. **Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme**
 - Architekturen, Komponenten und Systemfunktionen
6. Zusammenfassung



Inhalte Handbuch

Architekturen und Funktionsweisen – 55 Seiten

- Batterieelektrischer Antrieb
- Brennstoffzellenelektrischer Antrieb
- Hybridelektrischer Antrieb

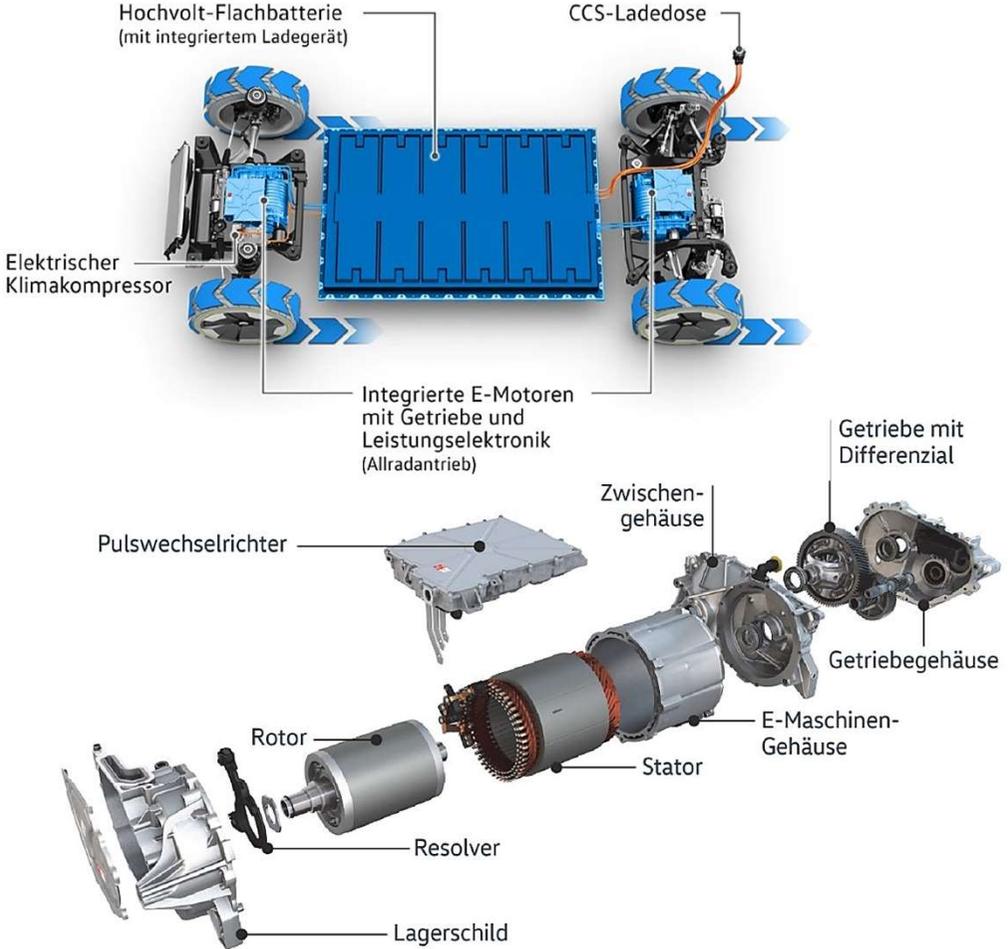


Komponenten elektrischer Antriebe – 57 Seiten

- Energiespeicher
- Elektrische Maschinen
- Leistungselektronik
- Getriebe

Systemfunktionen – 30 Seiten

- Bordnetz
- Thermomanagement
- Ladetechnik



Ausgewählte Inhalte des Handbuchs

5. Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme

1.3.6 25 **Antriebsarchitekturen Brennstoffzellen-elektrische-Antriebe**

Raphael Weinberger
13.02.2024

5. Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme

1.3.6 27 **Komponenten elektrischer Antriebe Batteriesystem**

Raphael Weinberger
13.02.2024

5. Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme

1.3.6 30 **Komponenten elektrischer Antriebe Leistungselektronik**

Raphael Weinberger
13.02.2024

5. Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme

1.3.6 26 **Antriebsarchitekturen Hybrid-elektrische-Antriebe**

Raphael Weinberger
13.02.2024

5. Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme

1.3.6 29 **Komponenten elektrischer Antriebe Elektrische Maschinen - PSM**

Raphael Weinberger
13.02.2024

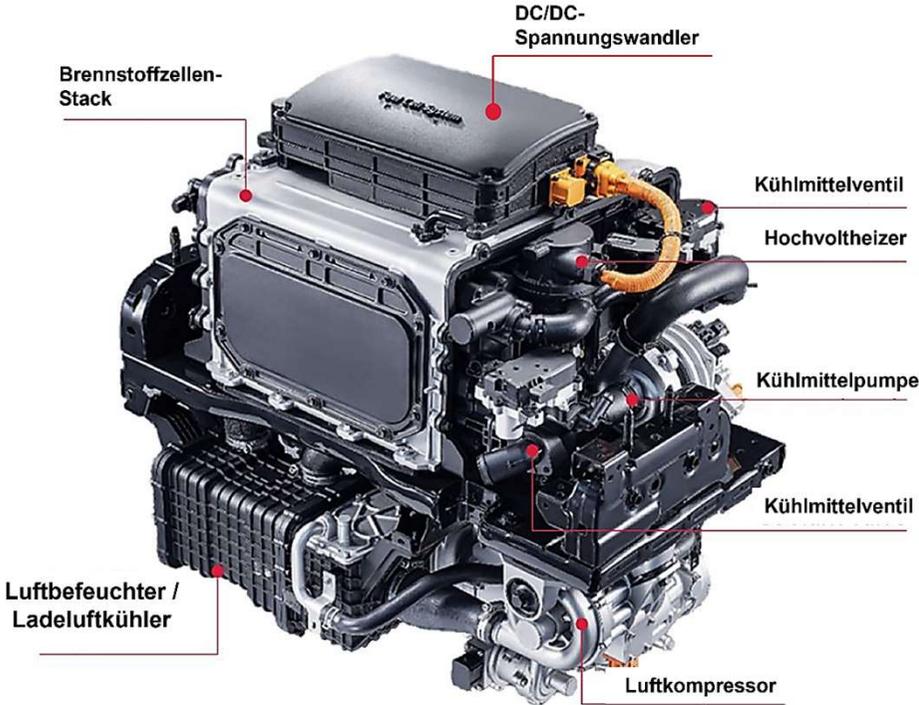
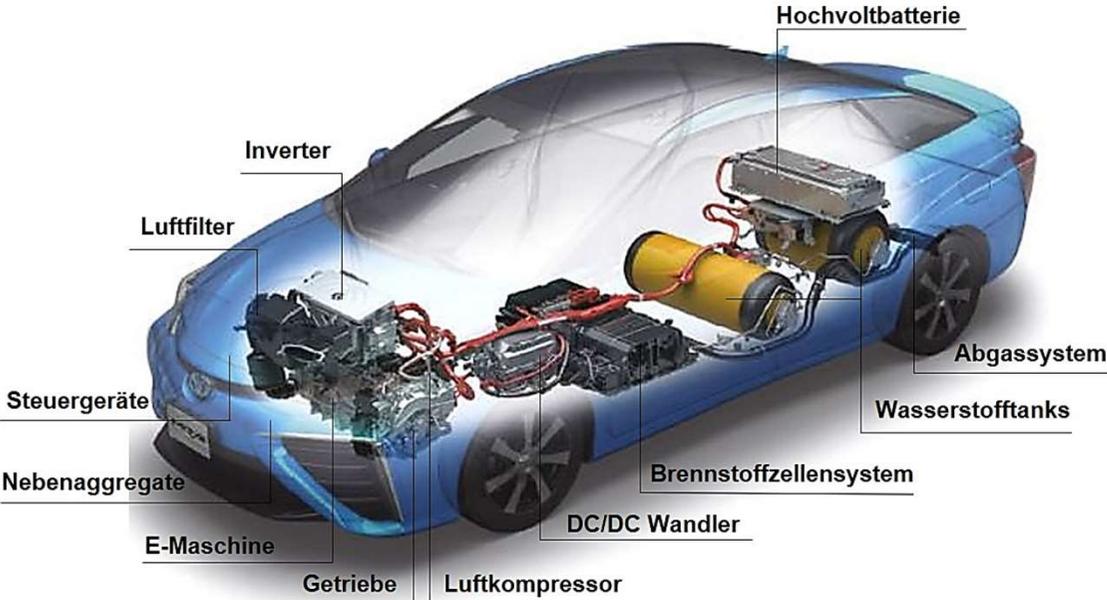
5. Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme

1.3.6 31 **Systemfunktionen Thermomanagement**

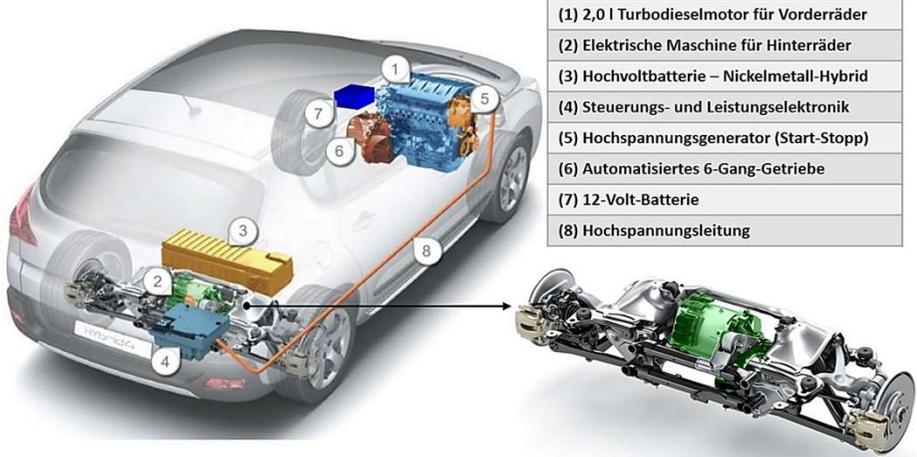
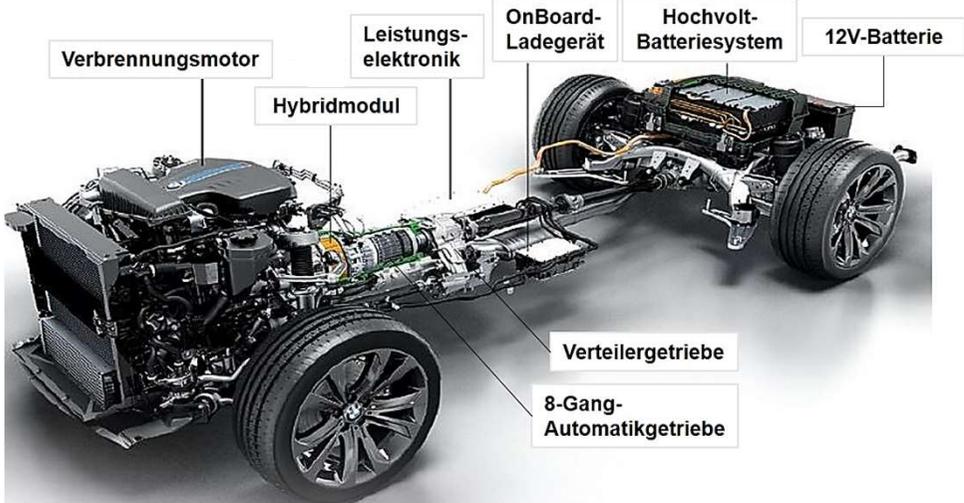
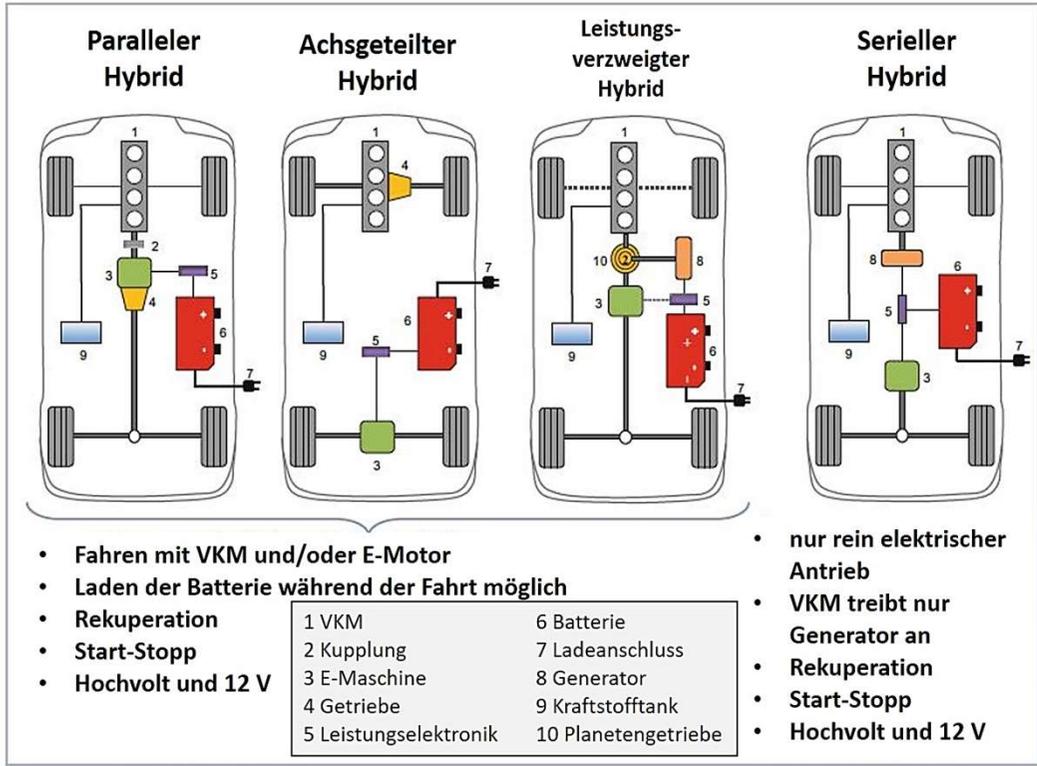
Raphael Weinberger
13.02.2024

Antriebsarchitekturen

Brennstoffzellen-elektrische-Antriebe

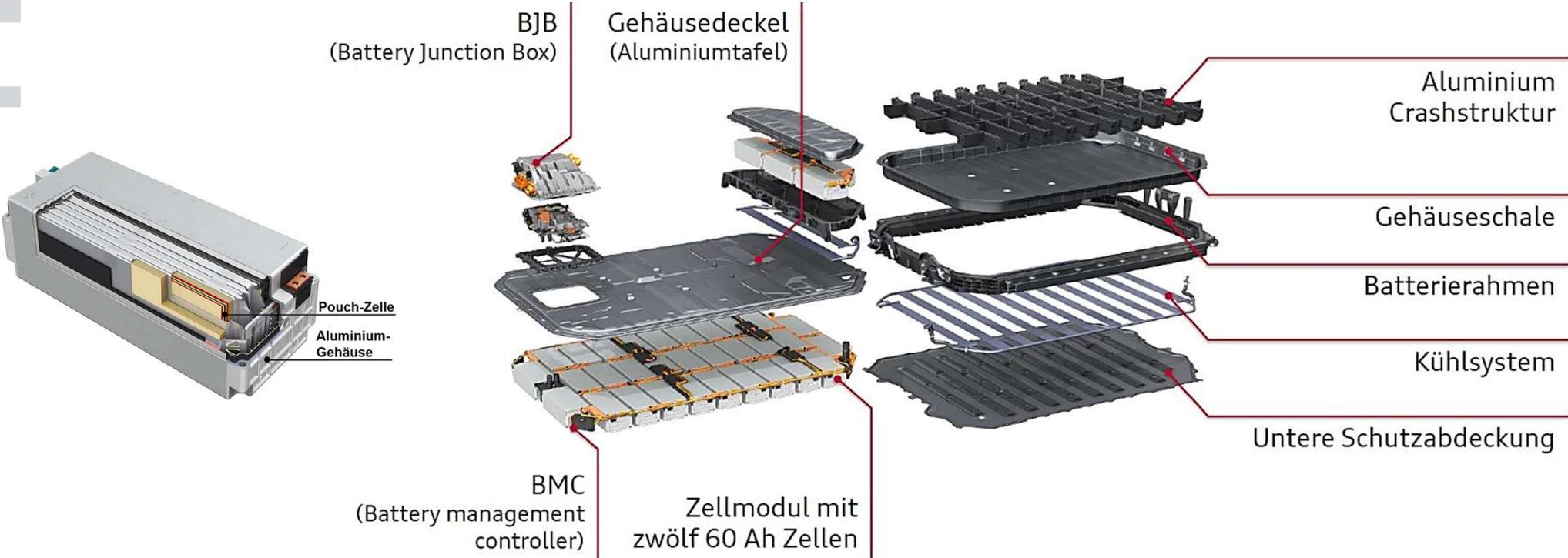


Antriebsarchitekturen Hybrid-elektrische-Antriebe



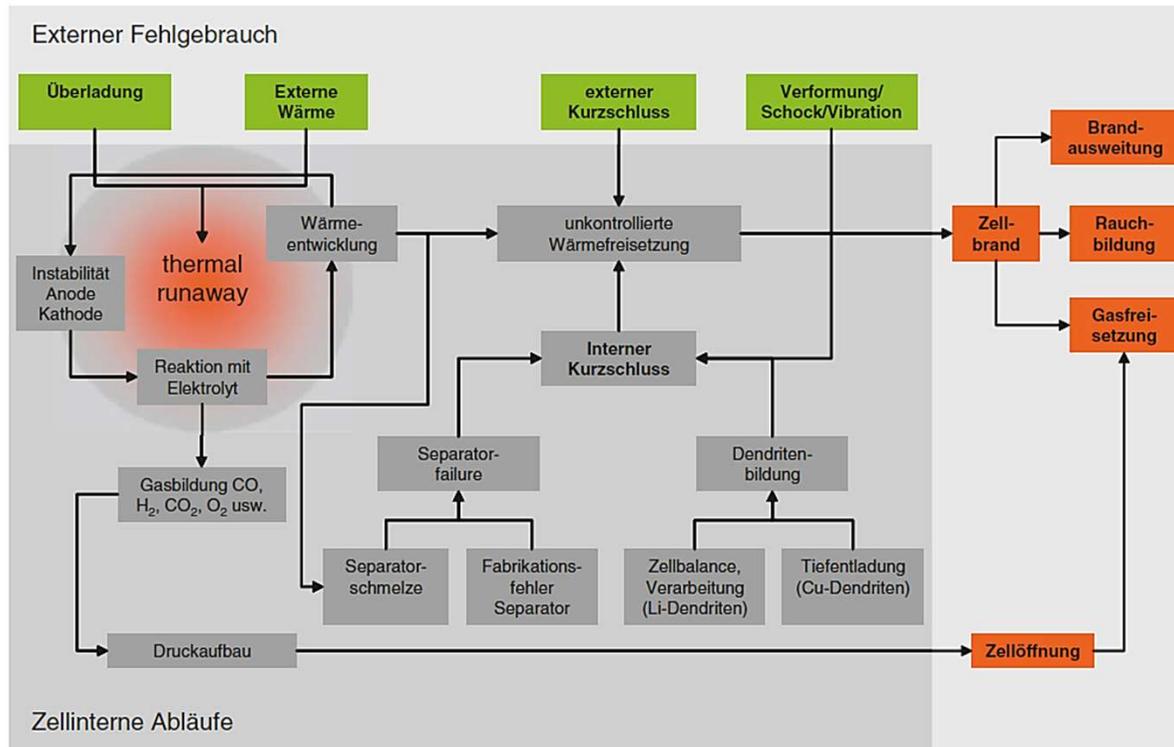
Komponenten elektrischer Antriebe

Batteriesystem



Komponenten elektrischer Antriebe

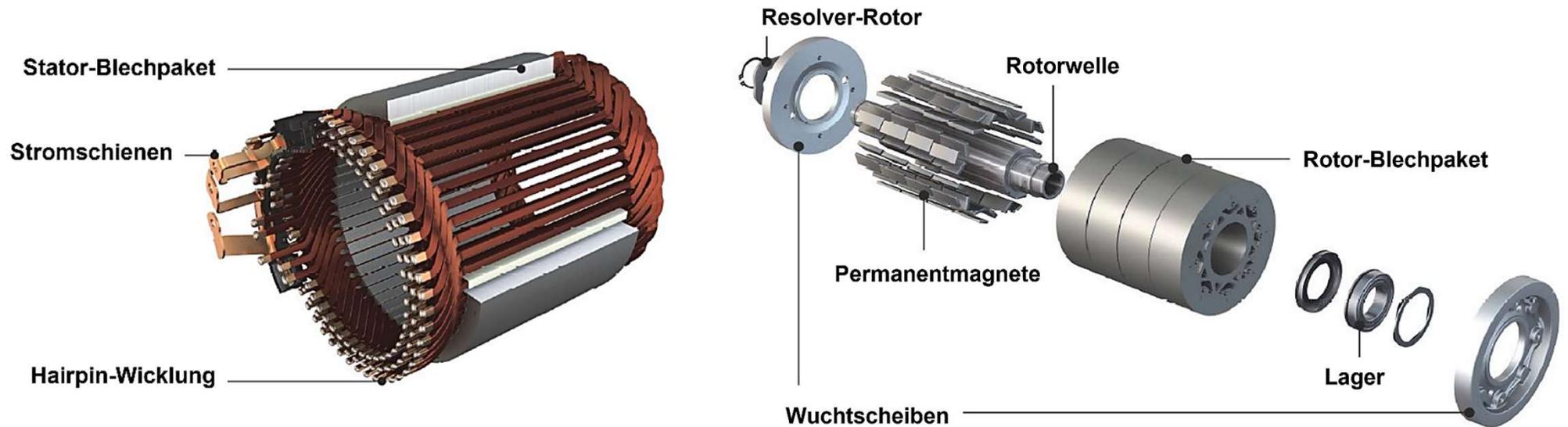
Batteriesicherheit



Temperatur	Ereignis und Bemerkungen
60 °C	<ul style="list-style-type: none"> Die meisten LiB-Zellen sind nicht für Betriebs- und Lagertemperaturen über 60 °C ausgelegt.
70–90 °C	<ul style="list-style-type: none"> Die meisten handelsüblichen LiB-Zellen zeigen Selbsterhitzung bei Temperaturen ab etwa 80 °C bei 100 % SOC (state of charge) (130 °C bei 0 % SOC). Zersetzung der SEI-Grenzschicht (solid-electrolyte-interface); exotherme Reaktion und Gasbildung durch Elektrolytzersetzung Tiefsiedende Bestandteile im Elektrolyt beginnen oberhalb von 80 °C zu verdampfen und führen zum Druckaufbau, der die Zellen bersten lassen kann. Bei Untersuchungen wurde festgestellt, dass handelsübliche LiB-Zellen Selbsterhitzungsverhalten zeigen. Werden sie auf 80 °C erwärmt und dann unter adiabatischen Bedingungen gelagert, kann es zu einem Thermal Runaway kommen. Bei zylindrischen Zellen vom Typ 18650 dauerte dies bei 100 % SOC etwa 2 Tage.
130–150 °C	<ul style="list-style-type: none"> Separator aus PE, PP oder PE/PP verschließt die Poren (shutdown)
> 150 °C	<ul style="list-style-type: none"> Separator schmilzt, zusätzliche Erwärmung aufgrund von partiellem Kurzschluss
130–250 °C	<ul style="list-style-type: none"> Beginn exothermer Reaktion des sich zersetzenden Kathodenmaterials mit dem Elektrolyten Freisetzung von geringen Mengen Sauerstoff (Lithiumeisenphosphat ist thermisch stabil; keine Desorption von Sauerstoff und exotherme Reaktion mit dem Elektrolyten) Druckanstieg in der Zelle durch Verdampfung und Zersetzung des Elektrolyts Aufblähen von Pouchzellen und Öffnen prismatischer Zellen Rundzellen haben eine Entlüftungseinrichtung im Deckel (Auslösen bei einem Druck von ~ 14 bar) austretende Zersetzungsgase sind zündfähig, allerdings noch nicht selbstentzündlich – ausreichend Sauerstoff und Zündquelle sind erforderlich
400–500 °C	<ul style="list-style-type: none"> Selbstzündung des Elektrolyten in atmosphärischer Umgebung
> 600 °C	<ul style="list-style-type: none"> Schmelzen des Aluminium-Stromableiters (Kathode) Legierungsbildung des flüssigen Aluminiums mit dem Kupfer-Stromableiter (Anode)

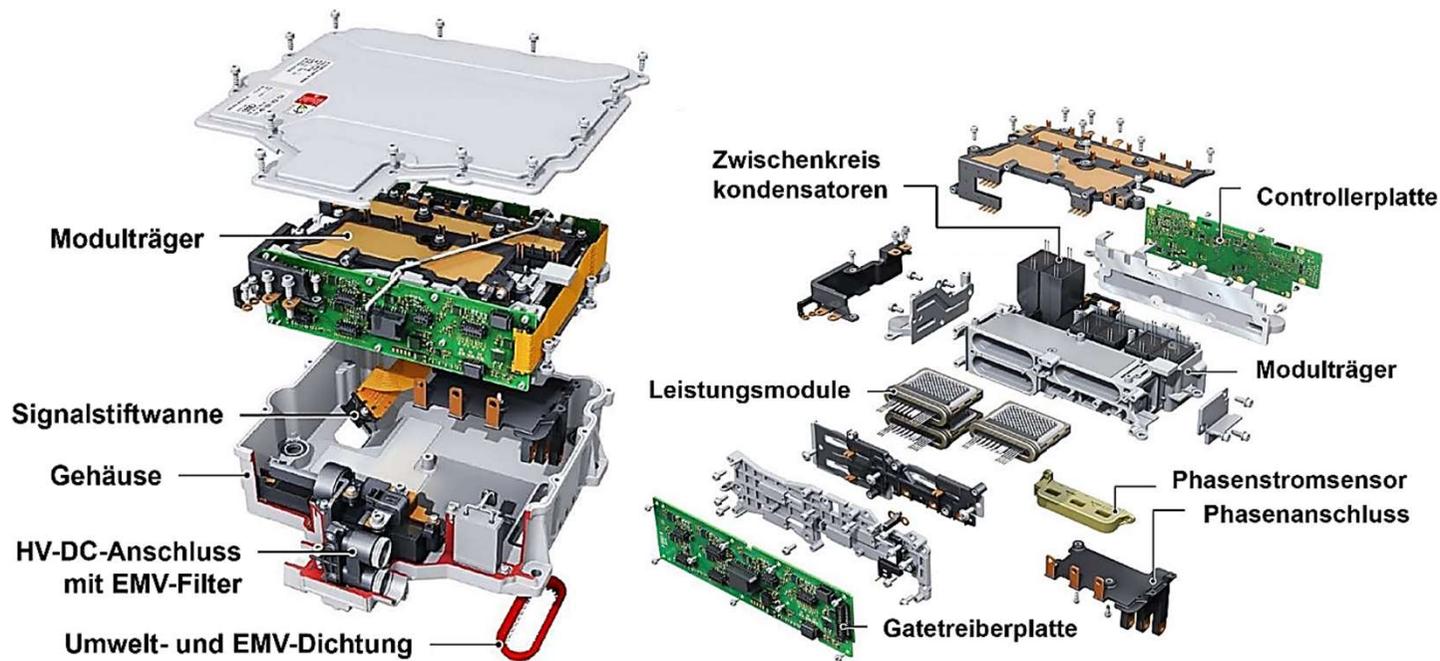
Komponenten elektrischer Antriebe

Elektrische Maschinen - PSM



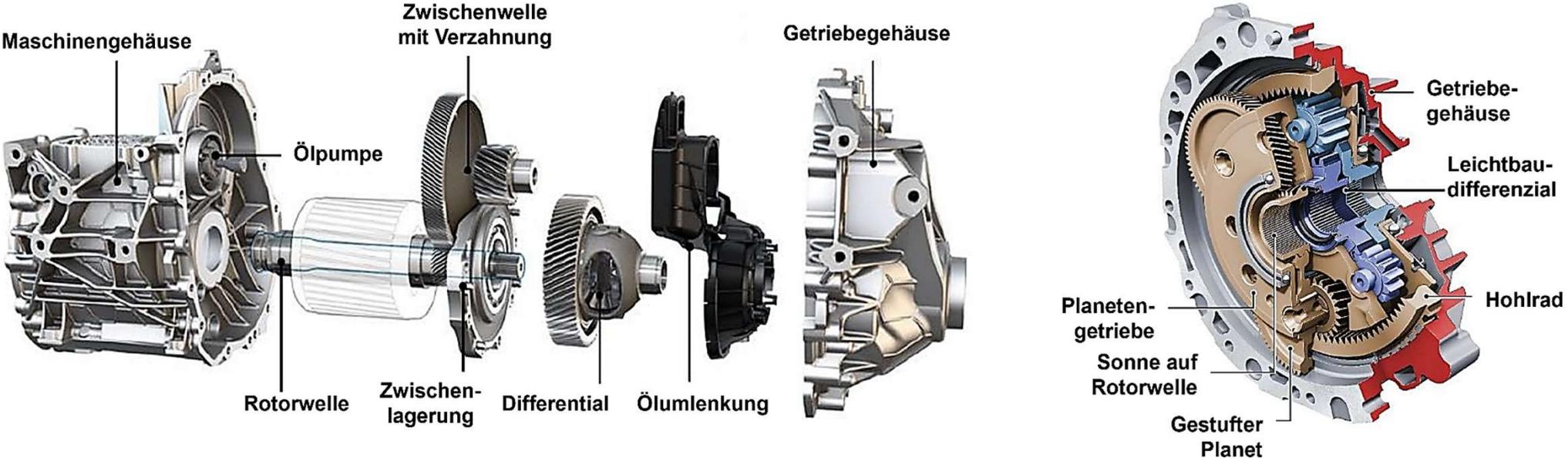
Komponenten elektrischer Antriebe

Leistungselektronik



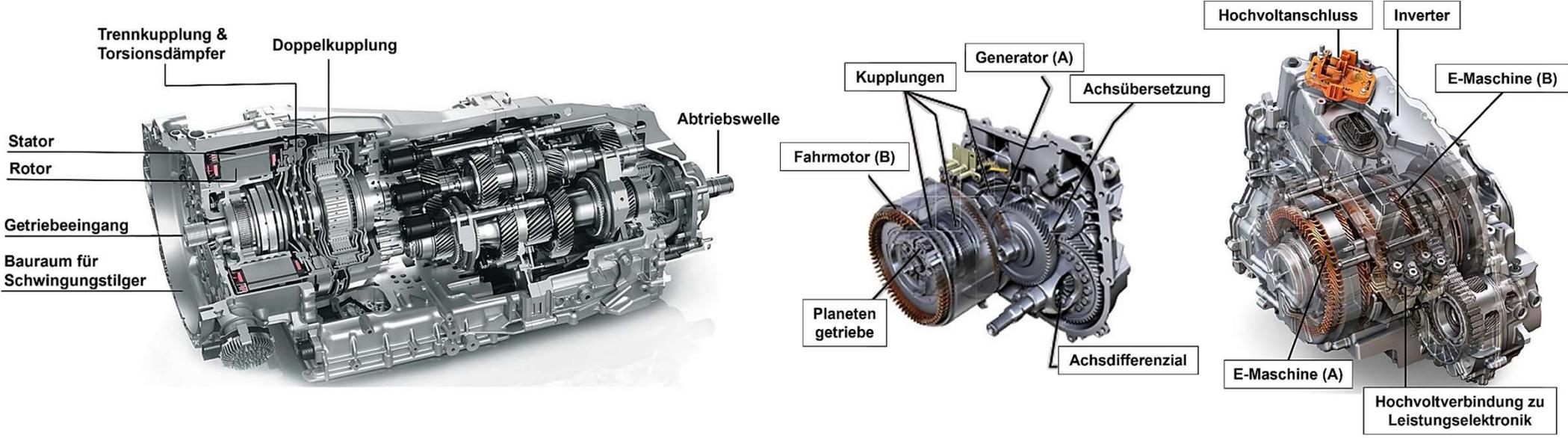
Komponenten elektrischer Antriebe

Getriebeausführungen

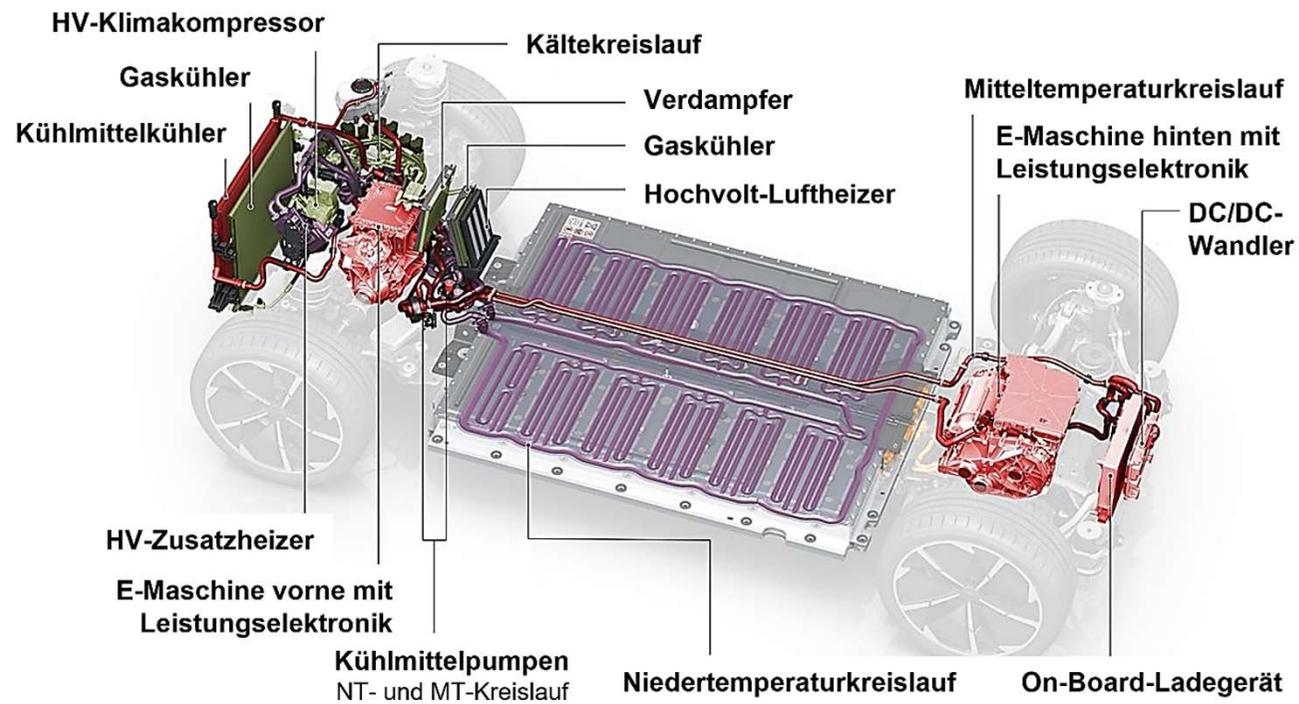


Komponenten elektrischer Antriebe

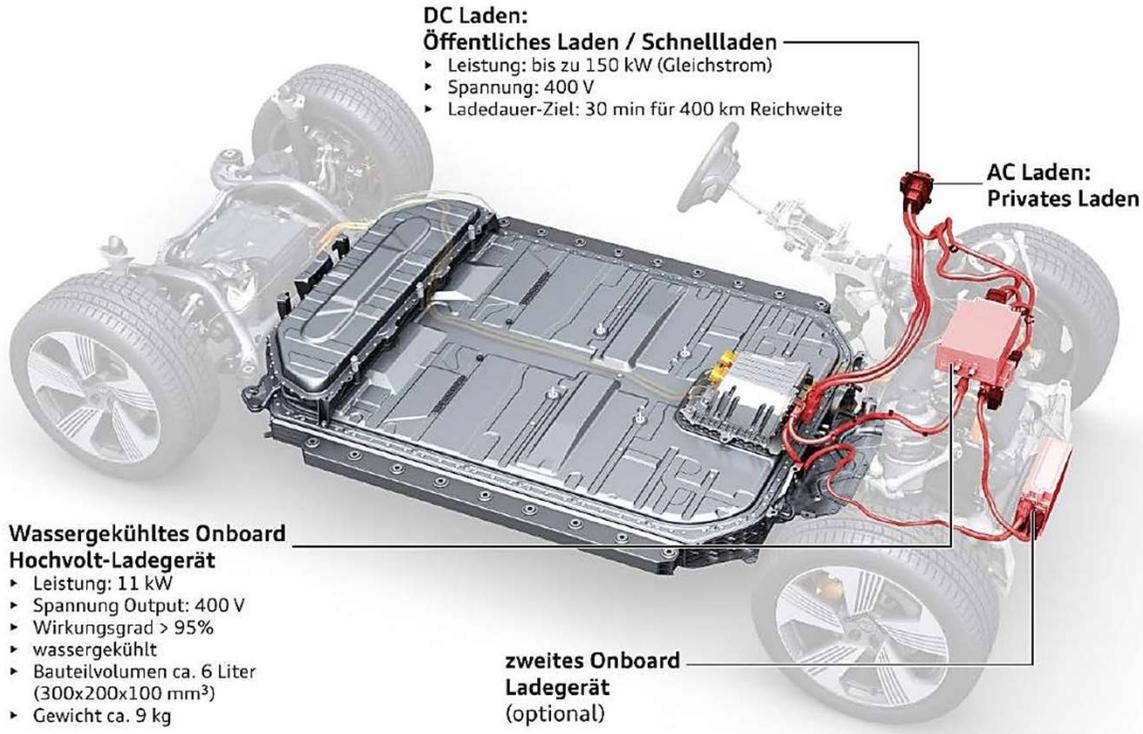
Getriebeausführungen



Systemfunktionen Thermomanagement



Systemfunktionen Ladetechnik

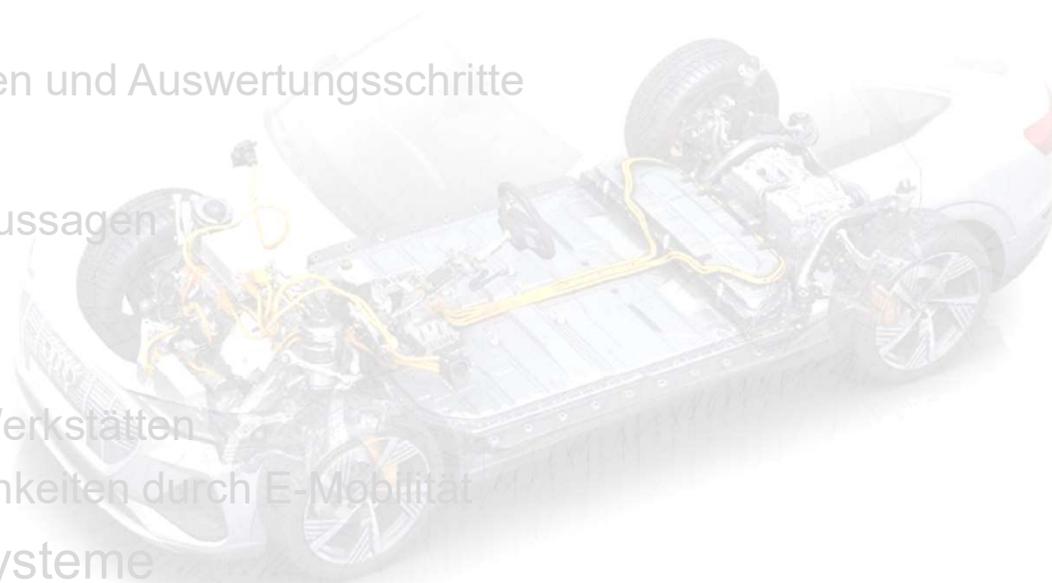


Typ 2	CCS (Combined Charging System)	CHAdeMO
Wechselstrom	Gleichstrom	Gleichstrom
bis 400 V	bis 1000 V	300-400 V
bis 63 A	bis 350 A	bis 350 A
bis 43,5 kW	bis 350 kW	bis 150 kW

Belegungsoptionen Ladestecker					
Typ 2	Tesla Supercharger	CCS	CHAdeMO		
AC (ein- bis 3-phasig)	DC	DC	DC		
Pin	PP	CP	PE	L1,L2,L3,N	DC+, DC-
Funktion	Plug Present	Control Pilot	Schutzerde	AC-Leistungskontakte	DC-Leistungskontakte

Agenda

1. Einführung
 - Ausgangssituation mit Motivation und Zielsetzung
2. Interviews Kfz-Werkstätten
 - Expertenauswahl, Interviewleitfäden und Auswertungsschritte
3. Ergebnisse der Interviews
 - Zusammenfassung der Expertenaussagen
4. Auswertung der Interviews
 - Interpretation der Ergebnisse
 - Handlungsempfehlungen für Kfz-Werkstätten
 - Ansätze für neue Geschäftsmöglichkeiten durch E-Mobilität
5. Handbuch elektrifizierte Antriebssysteme
 - Architekturen, Komponenten und Systemfunktionen
6. Zusammenfassung





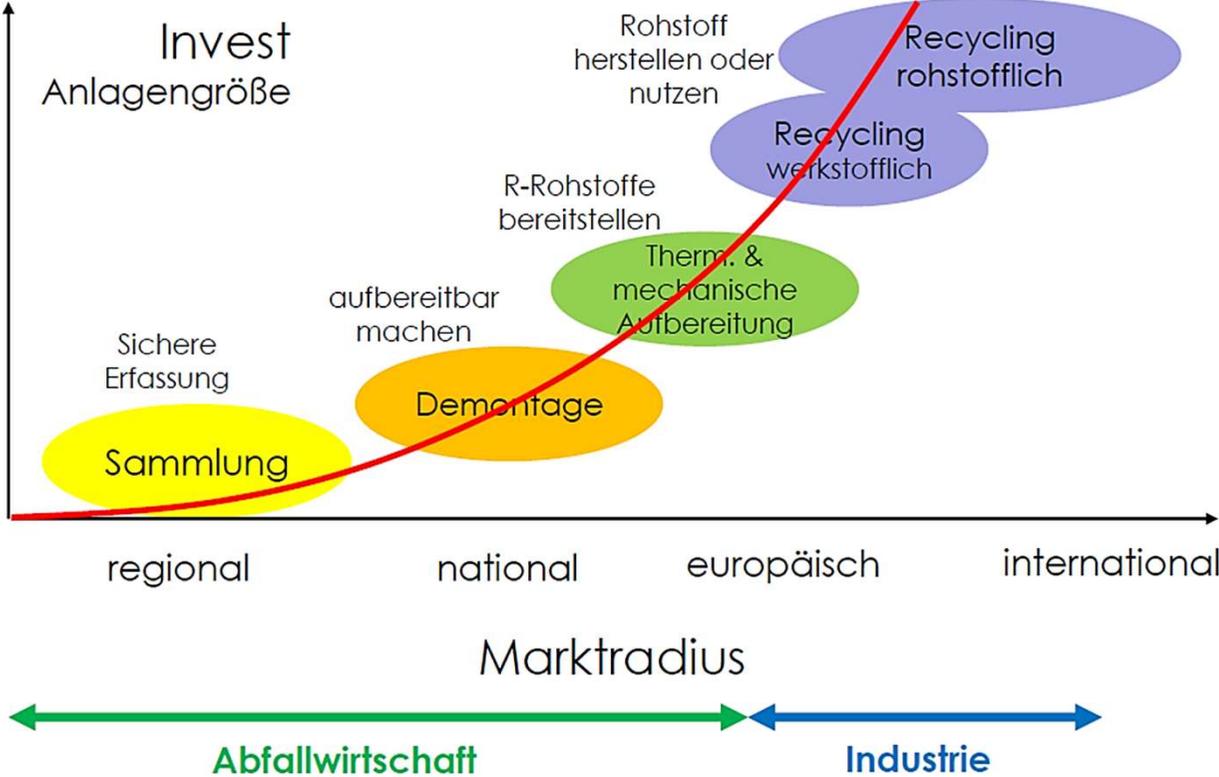


Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Hochvolt-Ausbildung

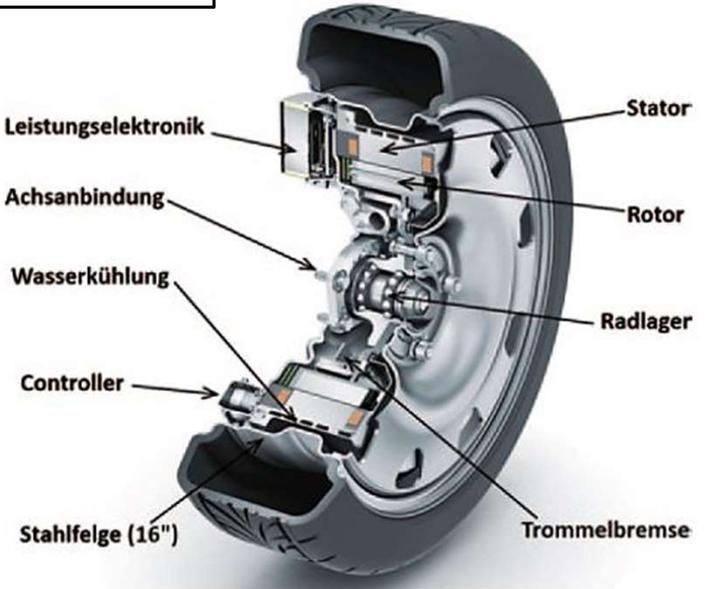
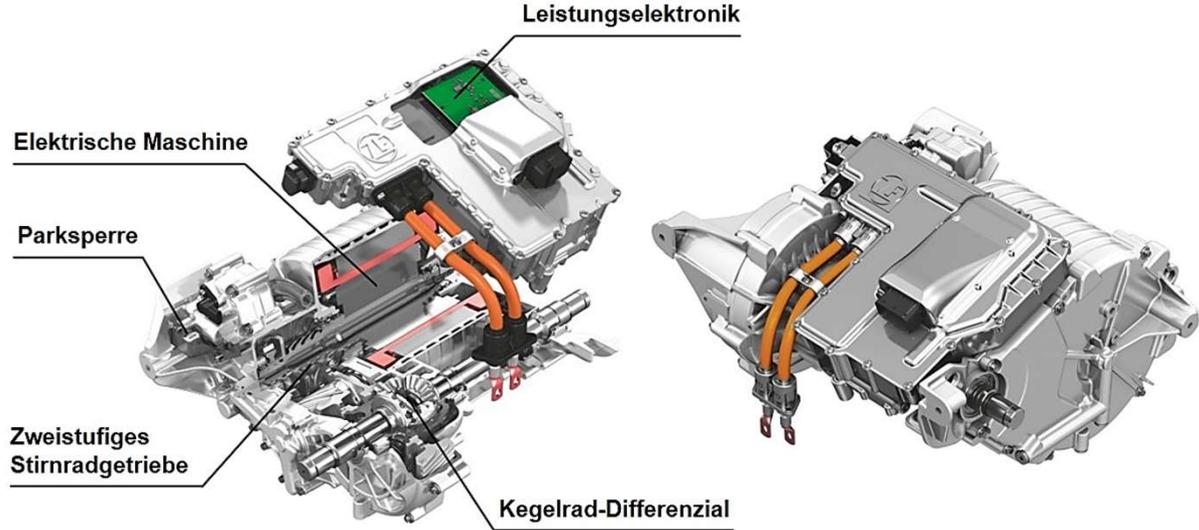
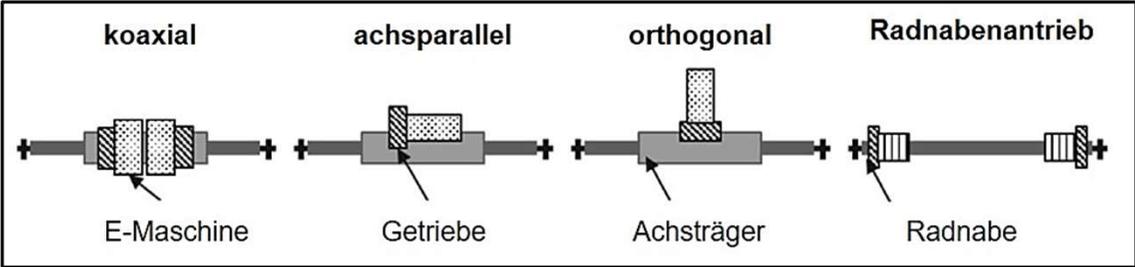
Tätigkeiten	Qualifikation	HV-0	HV-1 €130,-	HV-2 €550,-	HV-3 €510,-	HV-A €225,-
	Kurskosten pro Person					
Sensibilisierung im erstmaligen Umgang, wie Reinigung, Nachfüllen von Betriebsmitteln, benutzen von Bedienelementen		✓	✓	✓	✓	✓
Arbeiten am spannungsfreien Fahrzeug (nicht Hochvoltsystem), wie Karosseriearbeiten, Reifen- und Ölwechsel, Fahrzeugüberprüfungen (§57a)		✗	✓	✓	✓	✓
Arbeiten am Hochvoltsystem mit Spannungsfreischaltung, wie Messen und Diagnostizieren am Fahrzeug sowie Ausbau von HV-Komponenten und Batteriemodulen (Berührschutz zwingend sichergestellt)		✗	✗	✓	✓	✗
Arbeiten am Hochvoltsystem und unter Spannung stehenden Komponenten, wie Tätigkeiten am elektrischen Energiespeicher sowie an Fahrzeugen mit beschädigtem Hochvoltsystem. Messungen und Diagnosen am HV-System (Berührschutz nicht sichergestellt)		✗	✗	✗	✓	✗
Tätigkeiten von HV-1 und zusätzlich Bergen, Verladen, Transport und Übergabe von Fahrzeugen mit HV-System. Gefahrenbeurteilung von beschädigtem HV-Fahrzeug für Einschätzung der Transportfähigkeit.		✗	✗	✗	✗	✓

Recyclingprozess



Antriebsarchitekturen

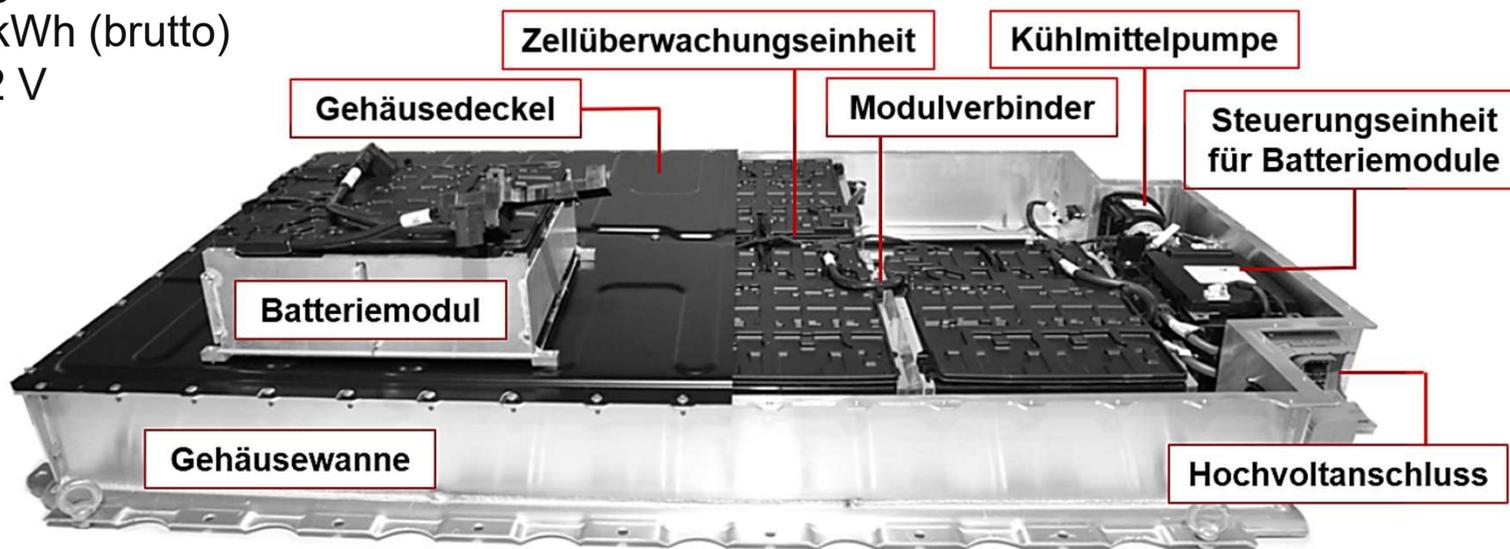
Batterieelektrische-Antriebe



Komponenten im elektrischen Antriebsstrang

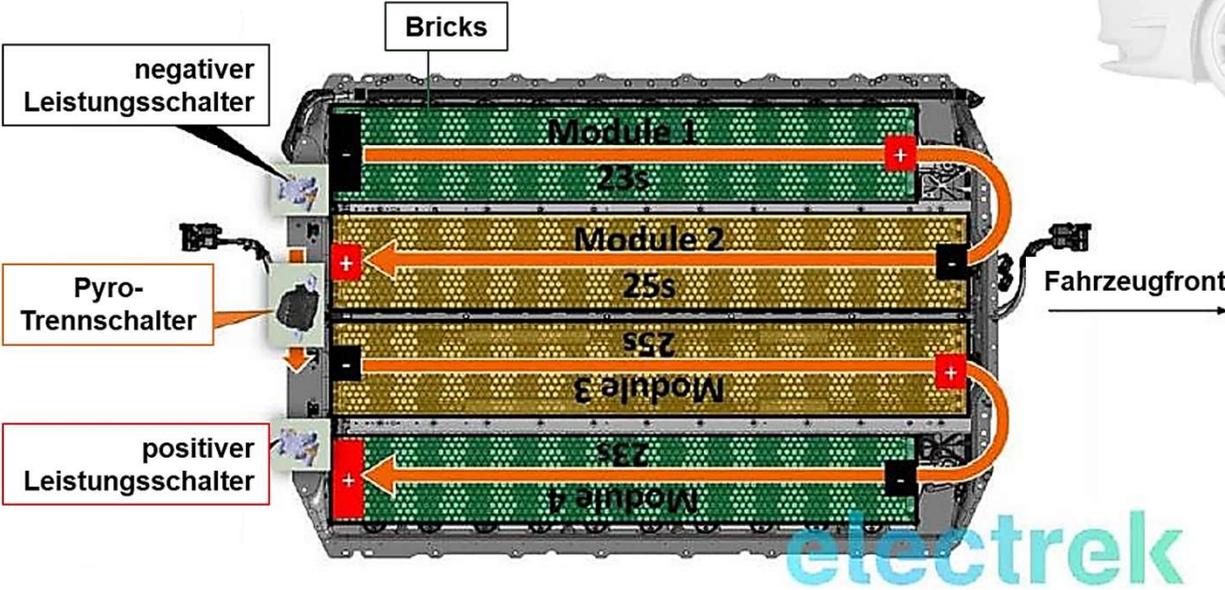
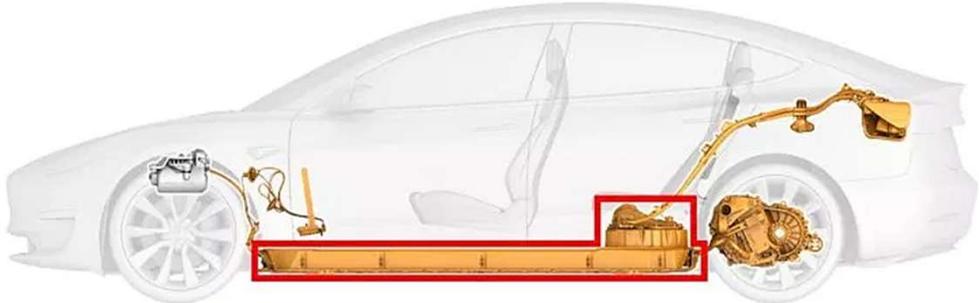
Batteriesystem

- Prismatische Zellen
- Lithium-Nickel-Mangan-Cobalt-Oxide
- Energieinhalt: 42,2 kWh (brutto)
- Nennspannung: 352 V
- Gewicht: 274 kg



Komponenten im elektrischen Antriebsstrang

Batteriesystem



- Zylindrische Zellen
- Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminium-Oxide
- Energieinhalt: 79 kWh (brutto)
- Nennspannung: 351 V
- Module mit Bricks: 2x 23s46p 2x 25s46p
- Gesamtverschaltung: 96s46p
- Gewicht: 478 kg

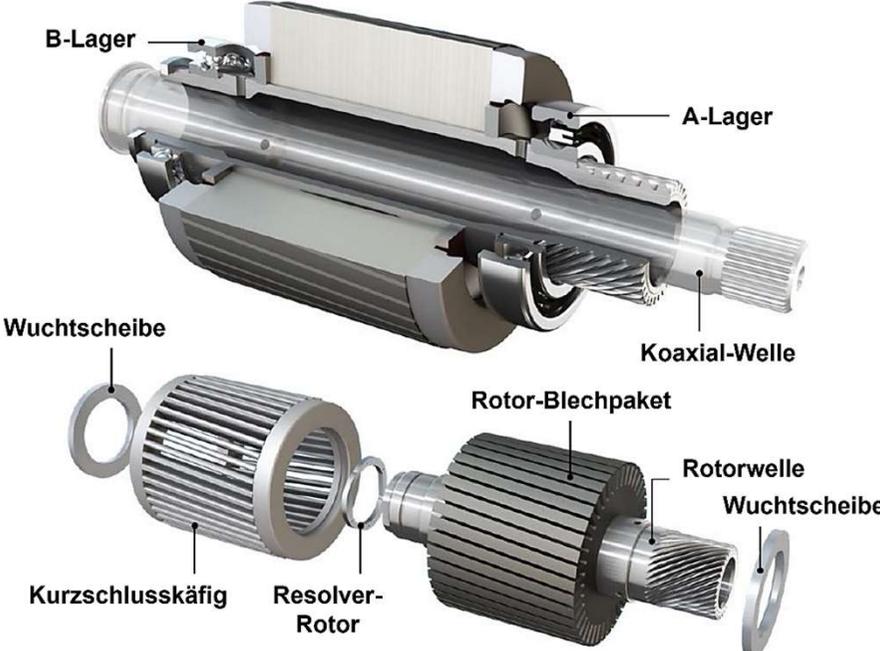
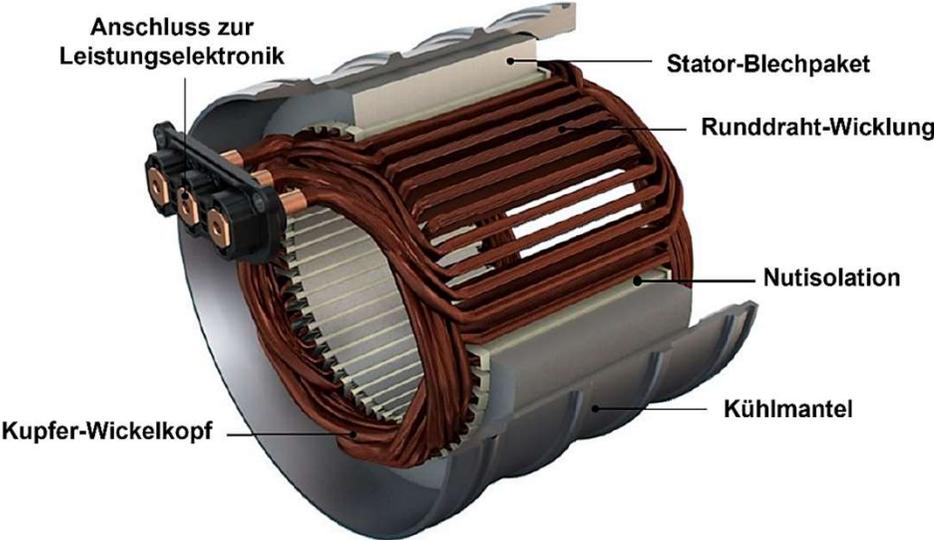
Komponenten im elektrischen Antriebsstrang

Batteriesystem

	BMW i3 3.Generation	Tesla Model 3 Longe Range	Audi e-tron
Zellenausführung Hersteller	prismatische Zelle von Samsung SDI	zylindrische Zelle von Panasonic/Tesla	Pouch-Zelle von LG Chem
Kathodenmaterial	Lithium-Nickel-Mangan- Cobalt-Oxide	Lithium-Nickel-Cobalt- Aluminium-Oxide	Lithium-Nickel-Mangan- Cobalt-Oxide
Einzelspannung	3,7 V	3,65 V	3,7 V
Anzahl Module	8x 12s1p	2x 23s46p 2x 25s46p	36x 3s4p
Gesamtkonfiguration	96s1p	96s46p	108s4p
Energieinhalt (brutto) Energieinhalt (netto)	42,2 kWh 37,9 kWh	79 kWh 75 kWh	95 kWh 83,6 kWh
Nennspannung	352 V	351 V	396 V
Gewicht	274 kg	478 kg	699,4 kg

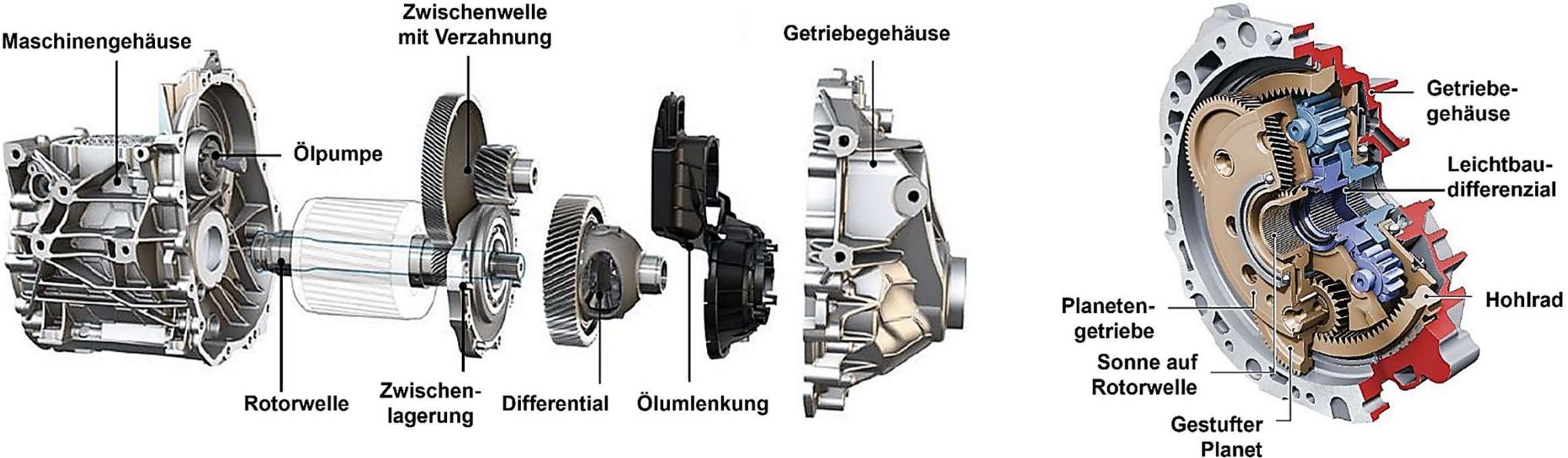
Komponenten im elektrischen Antriebsstrang

Elektrische Maschinen - ASM



Komponenten im elektrischen Antriebsstrang

Getriebevarianten



Systemfunktionen im elektrischen Antriebssystem

Thermomanagement

