

- 1 Funktionsprinzip der elektrischen Maschinen
- 2 Motorarten und Bauformen
- 3 **Beispiel: E-Maschinen als PKW Traktionsmotoren**

# Der Weg zum BEV Verschiedene Elektrifizierungsstufen des Antriebsstranges unterscheiden sich anhand ihrer Funktionalitäten



Start-Stop Funktion für Verbrennungskraftmaschine

Drehmomentunterstützung / Rekuperation

Leistungsunterstützung / elektrisches Fahren

Laden an der Steckdose

Wegfall VKM

## Legende

P: Nennleistungsbereich des Elektromotors

U: Spannungslage

PHEV: Plug-In Hybrid Electric Vehicle

BEV: Batterie-Elektrofahrzeug

VKM: Verbrenner

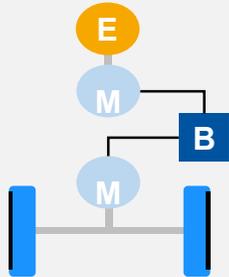
Quelle: Mercedes-Benz, Toyota, Audi, Smart, ZF, Volvo

# Typische Hybrid-Fahrzeuge mit Antriebsstrang-Topologien

## Serieller Hybrid vs. Paralleler Hybrid vs. Leistungsverzweigter Hybrid

### Serieller Hybrid

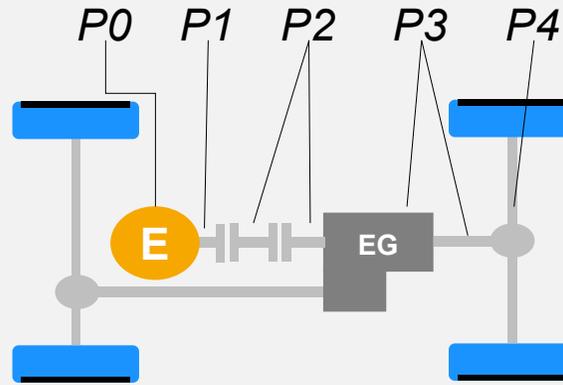
- Verbrennungsmotor und Elektroantrieb sind hintereinander angeordnet
- Der Verbrennungsmotor treibt den Elektromotor an, um elektrische Energie zu erzeugen.
- In Serie zu dieser Ladegruppe ist das eigentliche elektrische Antriebssystem, das das Fahrzeug mit elektrischer Energie antreibt, die von der Ladegruppe erzeugt oder in der Batterie gespeichert wird.



**E** Verbrennungsmotor **B** Batterie

### Paralleler Hybrid

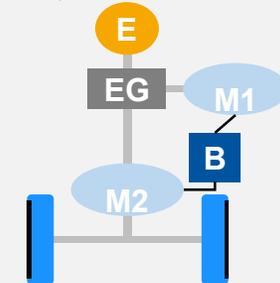
- Der Elektromotor ist parallel zum Verbrennungsmotor und die Leistung beider Systeme überlagert mechanisch den Antrieb des Fahrzeugs.
- Im Gegensatz zu seriellen Hybriden ist nur ein Elektromotor notwendig.
- Die gleichzeitige Nutzung beider Systeme zum Antrieb des Fahrzeugs ermöglicht Boost-Phasen
- Fünf Installationspunkte des Elektromotors im Antriebsstrang sind möglich (P0-P4).



**T** Getriebe **M** E-Maschine **EG** Planetengetriebe

### Leistungsverzweigter Hybrid

- Die zu übertragende mechanische Leistung des Verbrennungsmotors ist in einen mechanischen und einen elektrischen Pfad unterteilt.
- Zum Fahren des Fahrzeugs werden die Pfade wieder vereint.
- Basierend auf dieser Verteilung kann eine variable Übertragung realisiert werden.
- Die Geschwindigkeit des Verbrennungsmotors kann wie gewünscht eingestellt werden.

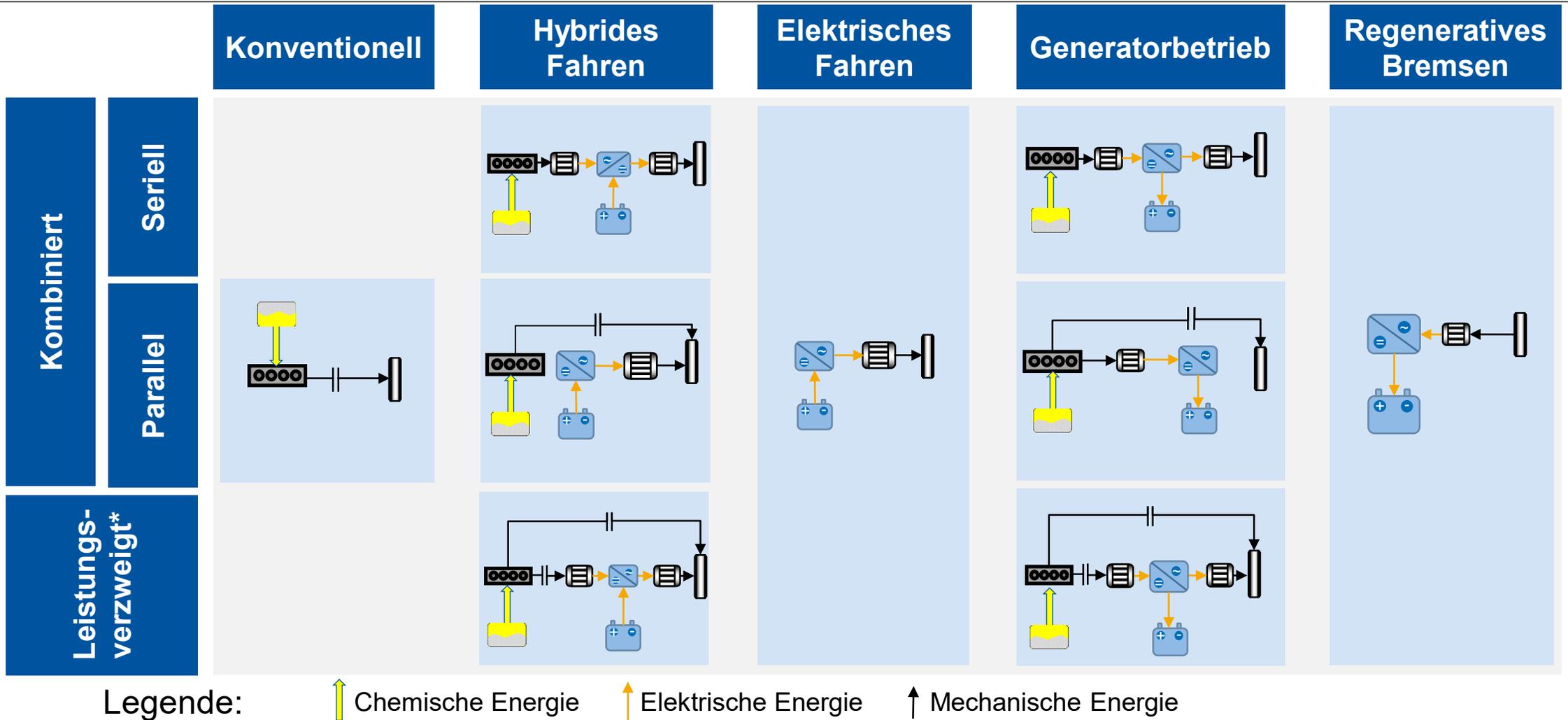


**Kupplung**

**P0**:Riemen-Startergenerator **P1**: E-Maschine auf der Kurbelwelle **P2**: E-Maschine auf der Getriebeeingangswelle  
**P3**: E-Maschine auf der Getriebeausgangswelle, „im Getriebe“ oder Kardanwelle **P4**: E-Maschine auf der Achse

# Leistungsübertragung der hybriden Antriebsstrangarten

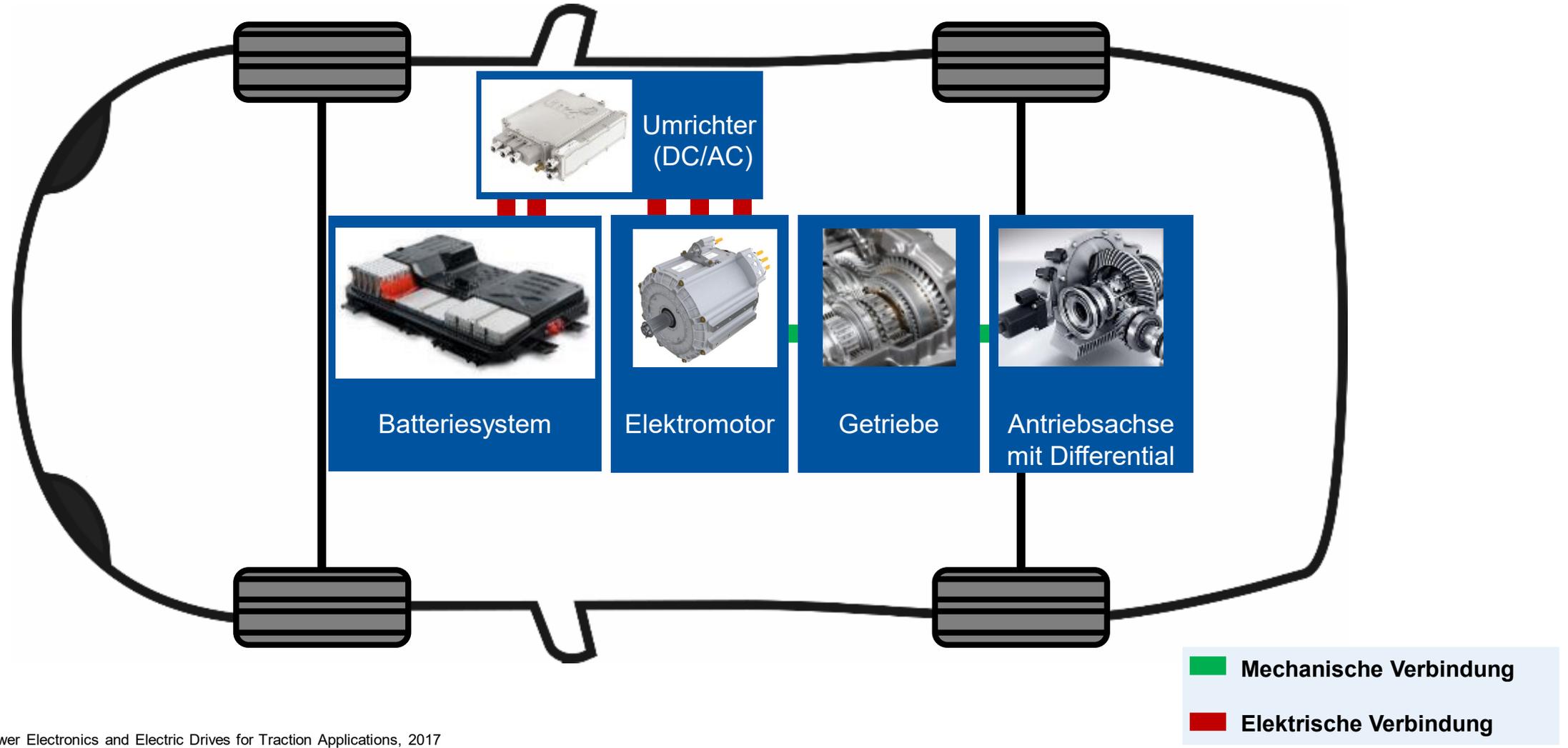
## Verschiedene Betriebsmodi sind möglich



Quelle: Reif, K.: Konventioneller Antriebsstrang und Hybridantriebe, 2010

# Aufbau des elektrischen Antriebsstrangs

## Generische Produktarchitektur



Quelle: Abad, G., Power Electronics and Electric Drives for Traction Applications, 2017

# Typische vollelektrisch Antriebsstrangtopologien für elektrisch angetriebene Fahrzeuge

## Zentralantrieb vs. Einzelrad-Direktantriebe

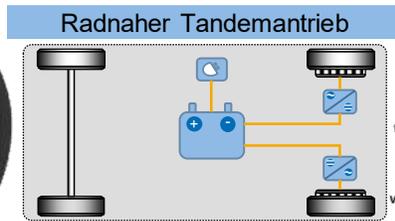
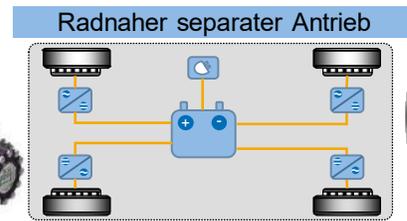
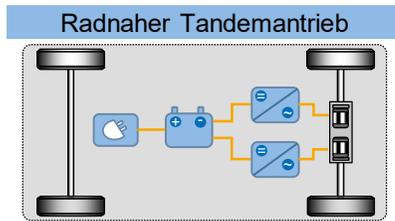
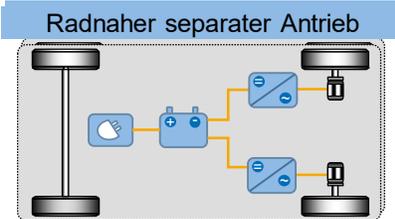
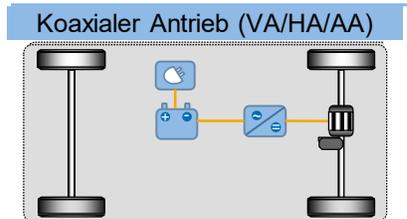
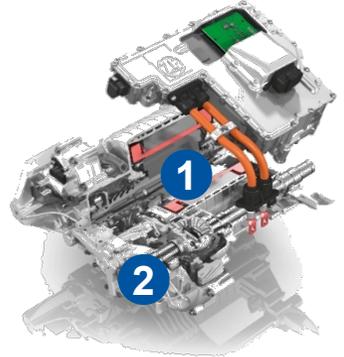
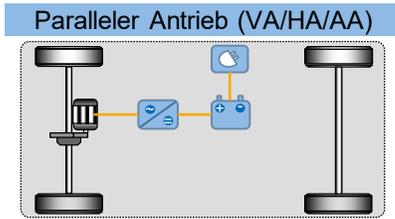
Zentralantrieb		Einzelrad-Direktantriebe	
Zentralmotor mit Schaltgetriebe und Differential	Motor mit fester Übertragung direkt am Differential	Möglicher Entwicklungsschritt für den Einzelradantrieb	Direktantrieb durch Einzelradantrieb
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verwendung des Motors in normalen Geschwindigkeitsbereichen und mit mäßigen Geschwindigkeitsanforderungen.</li> <li>• Verringerung der Effizienz des gesamten Antriebsstrangs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromotoren mit hohem Drehmoment für hohe Beschleunigungen.</li> <li>• Bei höheren Drehzahlen → Wirkungsgradverluste und negative akustische Einflüsse durch hohe Drehzahl des Elektromotors.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexible, elektronisch gesteuerte Drehmomentverteilung.</li> <li>• Hohe Effizienz durch Verzicht auf Schaltgetriebe und Differentialgetriebe.</li> <li>• Hohe Flexibilität im Layout.</li> <li>• Höhere Kosten, mehr Gewicht und mehr Platzbedarf.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitstellung der erforderlichen Kilometerleistung ohne zusätzliche mechanische Übertragungselemente.</li> <li>• Schnelle und radspezifische Drehmomentkontrolle.</li> <li>• Erhöhung der ungefederten Radmassen durch Bewegung der Motormassen.</li> </ul>



Alle genannten Topologien können auch in Kombination mit einem Verbrennungsmotor angewendet werden

# Elektrische Antriebsstrangarten

## Beispiele für elektrische Antriebseinheiten mit unterschiedlichen Integrationsstufen



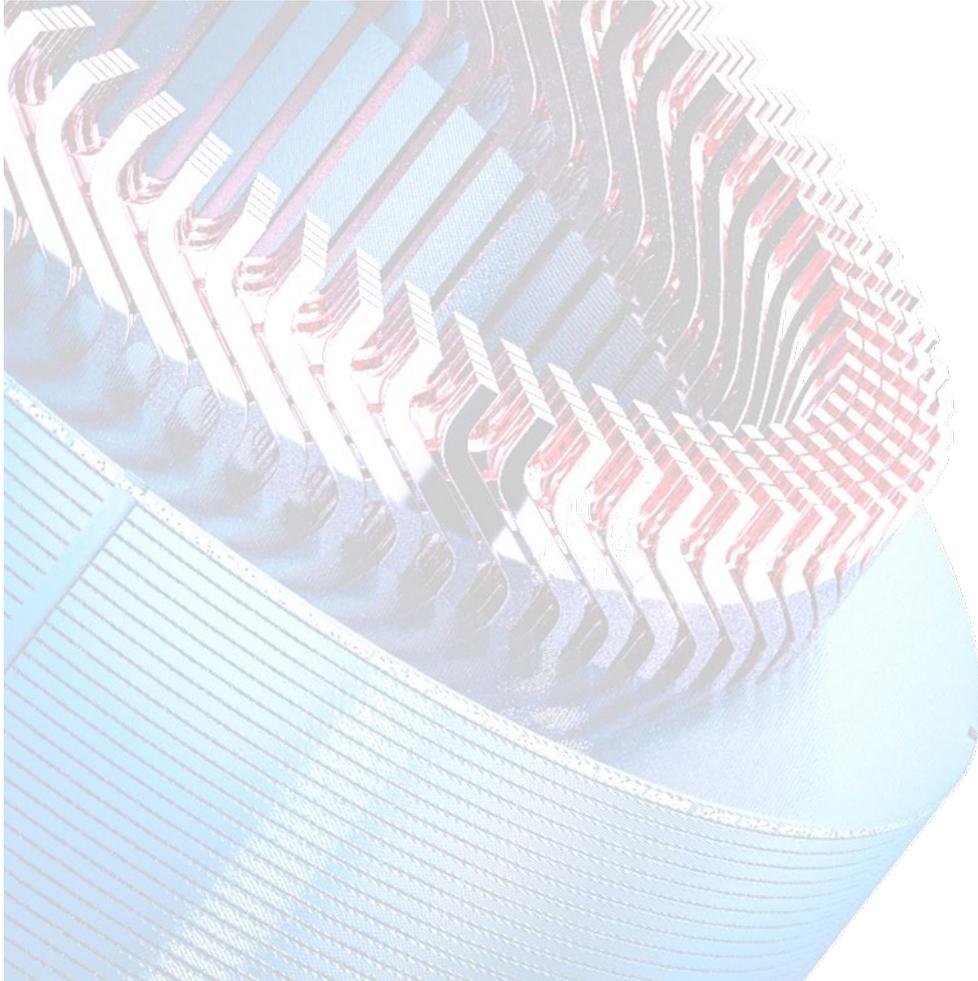
### Legende

- |  |                                 |  |                     |                       |                       |
|--|---------------------------------|--|---------------------|-----------------------|-----------------------|
|  | Elektromotor und/oder Generator |  | Leistungselektronik | AA - Allradantrieb    | HA - Hinterradantrieb |
|  | Getriebeuntersetzung            |  | Ladegerät           | VA - Vorderradantrieb |                       |
|  | Kupplung u. mehrstuf. Getriebe  |  | Traktionsbatterie   | <b>1</b>              | Elektromotor          |
|  | Elektr. Leitung                 |  |                     | <b>3</b>              | Hinterachse           |
|  |                                 |  |                     | <b>2</b>              | Getriebe              |
|  |                                 |  |                     | <b>4</b>              | Radnabe               |

Bildquelle: ZF, GKN, BPW, Protean

# Grundlagen elektrischer Maschinen

## In diesem Vortrag ...



... wurden die Baugruppen Gehäuse, Welle, Lagersystem, Blechpaket und Rotor-/Statorbaugruppen als generische Grundbausteine von Elektromotoren identifiziert

... wurden die derzeit dominanten Traktionsmotortopologien in Automobilanwendungen vorgestellt

... wurde die Möglichkeit des Einsatzes von Elektromotoren sowohl in zentralen als auch in Direktantriebsarchitekturen erläutert

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

---



## **Jose Guillermo Dorantes Gomez, M.Sc.**

---

*Chair of Production Engineering of E-Mobility Components*  
**Wissenschaftlicher Mitarbeiter**

Bohr 12  
D-52072 Aachen  
Tel.: +49 157 5672 6947  
Mail: [j.dorantes@pem.rwth-aachen.de](mailto:j.dorantes@pem.rwth-aachen.de)