

48V RSG Systeme

Funktion und Marktübersicht

Markus Pauly, Moritz Schirmer
Sommersemester 2020 – Vorlesung Bordnetze moderner Kraftfahrzeuge

Ablauf

- Definition und Aufbau des RSG
- Funktionen des RSG
- Rentabilität
- Aktuelle Marktübersicht
- Fazit

Definition

Riemen

Starter

Generator

- Verwendung in Micro/Mild-Hybrid
 - 12V oder 48V

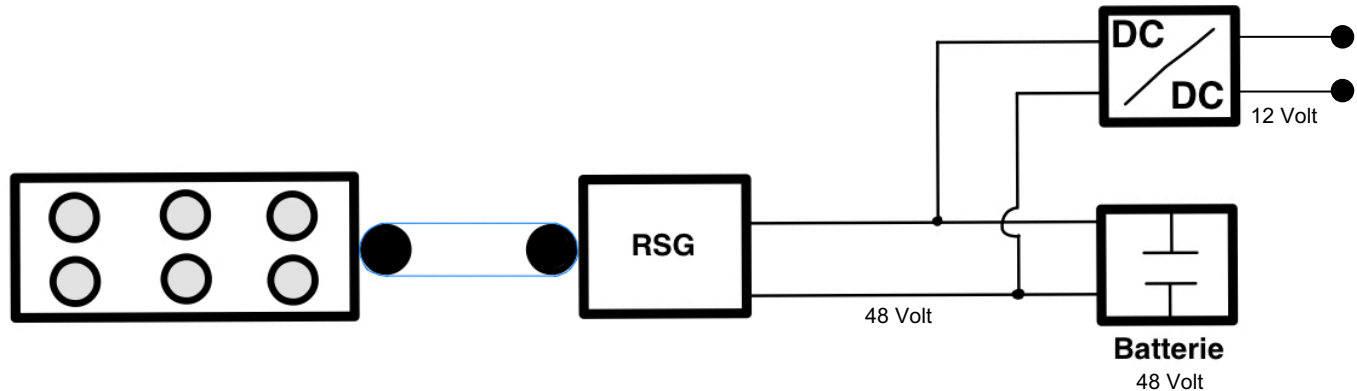
Micro 12 V	P0			✓		
Mild 48 V	P0				✓	
	P1	✓	✓			
	P2	✓	✓	✓		
	P3			✓		
	P4				✓	
Full HV	Px	✓	✓	✓		✓
		Standard without alternator	beltless	BSG 12 V	BSG 48 V	BSG HV
		FEAD				

- 2 Possible combinations of hybrid architecture and accessory drives on the internal combustion engine side
Quelle: **Schaeffler Symposium**

Hybridtopologie

Beispiel:

- P0 (Tausch Drehstromgenerator/Licht-Maschine gegen RSG)

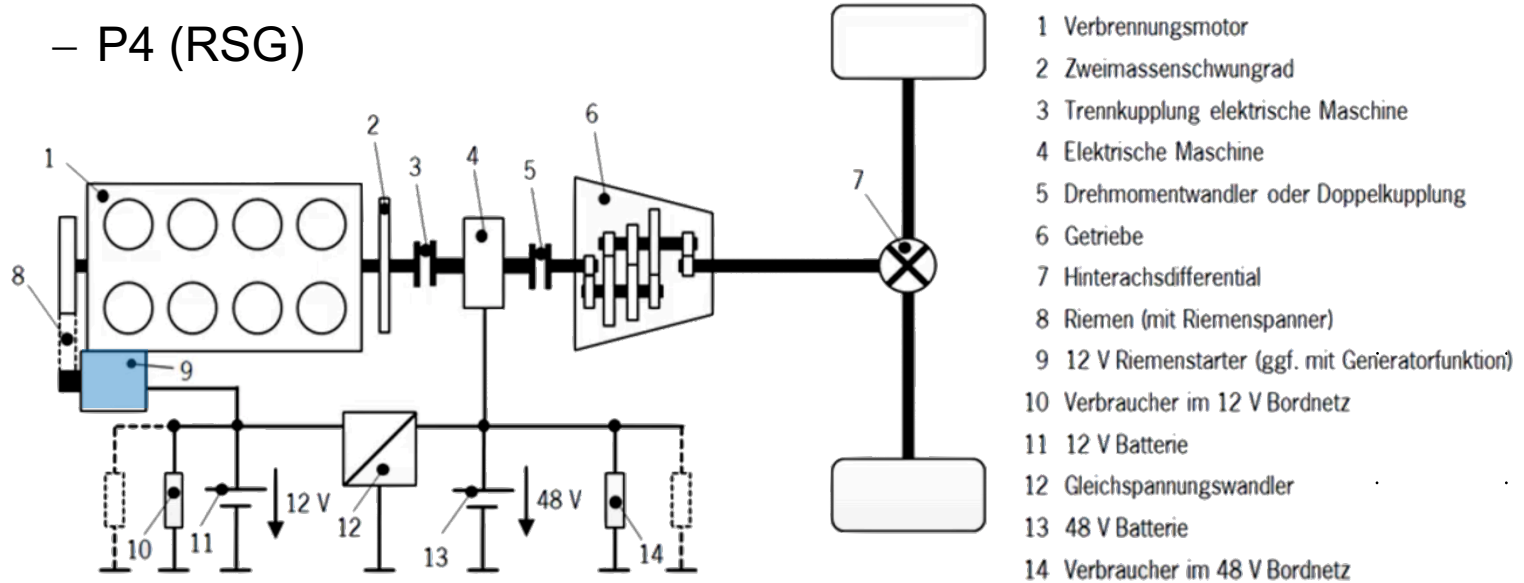


Quelle: „Vorlesung Bordnetze moderner Kraftfahrzeuge“ – Rebholz 2020

Hybridtopologie

Beispiel:

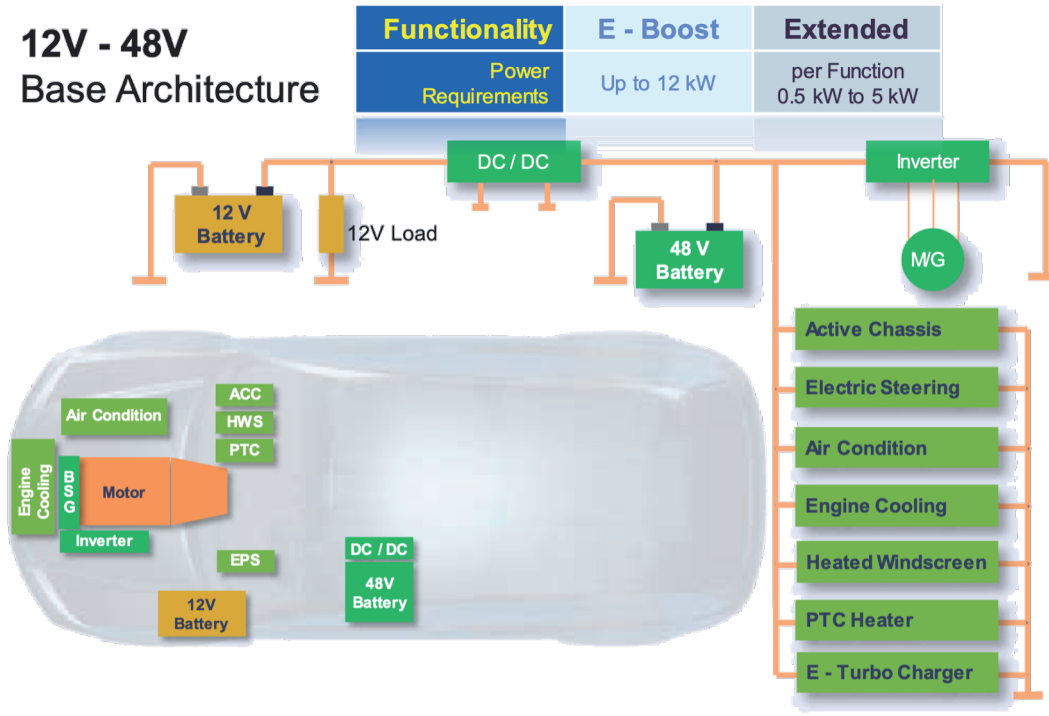
– P4 (RSG)



Quelle: „Vorlesung Bordnetze moderner Kraftfahrzeuge“ – Rebholz 2020

Netzaufbau

12V - 48V Base Architecture



48 V Batterie:
Bis zu 25 Ah Kapazität

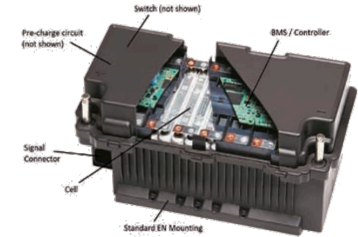
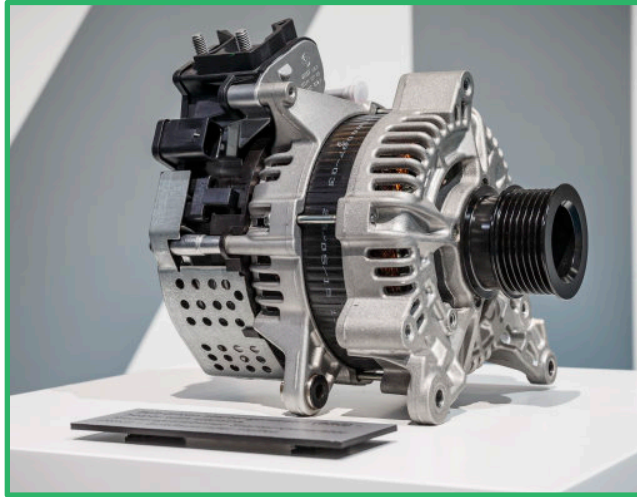


Bild 35: 48-Volt-Lithium-Ionen-Batterie – Quelle: Johnson Controls

Bild 1: Basis-Architektur – Quelle: Delphi

Welche der beiden E-Maschinen ist der RSG?

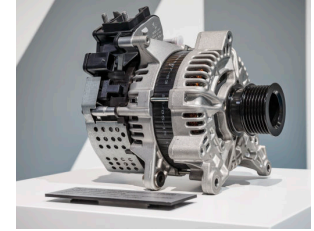


Quelle: **Media.Daimler**



Quelle: **A-I-Shop**

Der RSG



– Merkmale

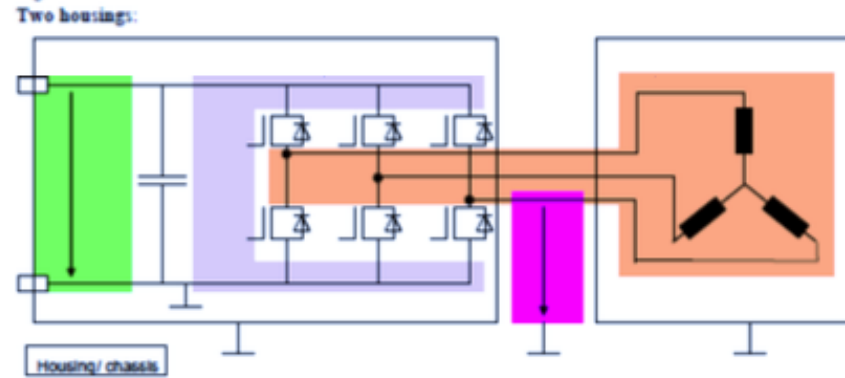
- Motor Art: Synchronmaschine oder Asynchronmaschine
- Kühlung: Luft oder Wasser gekühlt
- Gewicht: ~Lichtmaschine
- Leistung (in/out): ~11,5-16kW (48Volt)
~2,2kW (12Volt)
 - Maximale Leistung in (elektr. Rekuperation): 11,5-16 kW
 - Maximal Leistung out (mech. Boost): 9,7-14 kW
- Spitzendrehmoment: 70-150Nm
- Kat1 - Bordnetz Komponente (nimmt & gibt)

Quelle:
Bordnetze-HR
Daimler AG
Bosch
Continental
Schaeffler3

Interner Aufbau des RSG

Eigentlich:
12/48V
Komponente

Intern:
>30V AC, HV
Komponente



Quelle:
Bordnetze-HR

- A.C.: a.c. voltages (switched/sinusoidal), a.c. current (sinusoidal)
 $\Rightarrow$ in some operation modes $U > 30V$ a.c. between phases,
 $\Rightarrow$ but switched d.c. voltage $U < 60V$ d.c. between phase and chassis
- D.C. voltage, switched current (ripple)
- D.C. voltage, d.c. current $\Rightarrow U < 60V$ d.c.
- D.C. voltage switched

Entkopplungsspanner



RSG-Start oder Boost

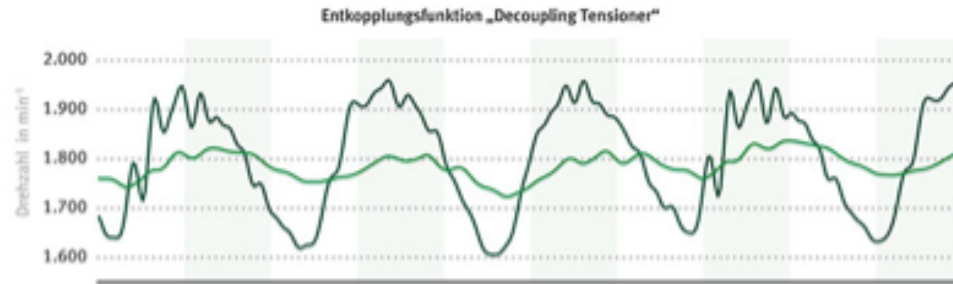


Entkopplung um die RSG Achse



Rekuperation

Je nachdem, welche Funktion der RSG übernimmt (Starten, Boosten oder Rekuperieren) wechselt sich Zug und Leerturm ab und die Spannerfunktion wird an unterschiedlichen Abschnitten des Riemens benötigt. Der Entkopplungsspanner kann hierbei die Position wechseln und für die jeweilige Funktion die optimale Arbeitsposition ermöglichen. Außerdem werden Drehzahlamplituden durch den Entkopplungsspanner reduziert, was sich günstig für die Effizienz und das Fahrgefühl auswirkt. Die links angefügten Grafiken zeigen den Entkopplungsspanner in den verschiedenen Arbeitspositionen. Die untenstehende Grafik zeigt die Reduzierung der Drehzahl Amplituden.



Funktionen

Starter

- Kaltstart (falls möglich, ansonsten zusätzlicher Starter)
- Analog Start/Stopp
- Im Segelbetrieb: Freilauf Motor „aus“

Generator / “Lichtmaschine“ / Rekuperieren

- Bremsenergie wird in elektrische Energie umgewandelt
- Erzeugung der Gesamtenergie für das 12V & 48V Netz

Zudem wird aufgrund der höheren Ladeleistung der 48-Volt-Batterie eine deutlich höhere Rekuperation der Bremsenergie im Vergleich zur 12-Volt-Bleibatterie erreicht

Funktionen

E-Booster/Elektrischer Antrieb:

- Anfahrunterstützung
- Fahrzeug im Segelbetrieb halten (Geschwindigkeit halten)
- Lastpunktverschiebung des Verbrenners
- Boost (zusätzliches Drehmoment zur Beschleunigung)

Funktionen

Dienlich für:

- 3S (**S**tart **S**topp - **S**ystem)
- Lastpunktverschiebung (verschiebt den Motorlastpunkt in einen wirkungsgradtechnisch effizienten Bereich)
- Rekuperation (Bremsen)
 - Größenordnungen Rekuperation
17-23 kJ/km
- Synchronisierung Motor / Getriebe
- NVH-Verhalten (Noise, Vibration, Harshness)

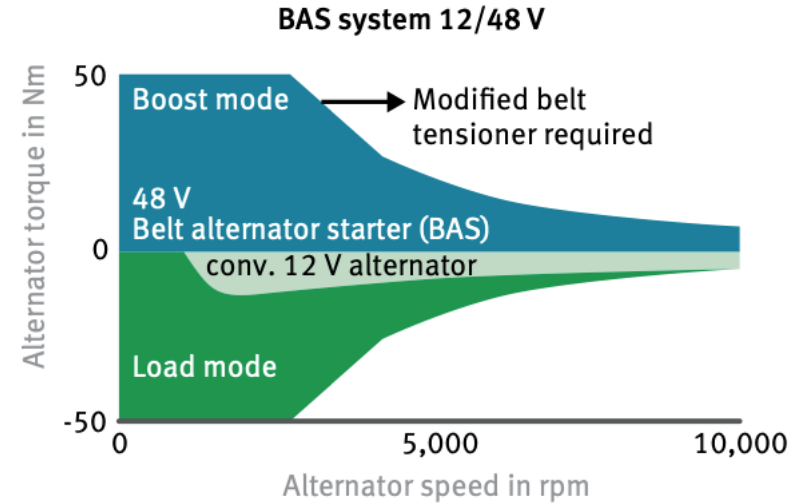
Schnüpk, et al., 2017, S. 14

Quelle: Daimler AG
Bild: Schaeffler,
Gesamtsystemmodellierung für
Hybridfahrzeug

Funktionen

Dienlich für:

- 3S (Start Stopp)
- Lastpunktverschiebung
- Rekuperation (Bremsen)
 - Größenordnungen Rekuperation
17-23 kJ/km
- Synchronisierung Motor / Getriebe
- NVH-Verhalten (Noise, Vibration, Harshness)



Schnüpk, et al., 2017, S. 14

Quelle: Daimler AG
Bild: Schaeffler,
Gesamtsystemmodellierung für
Hybridfahrzeug

Funktionen

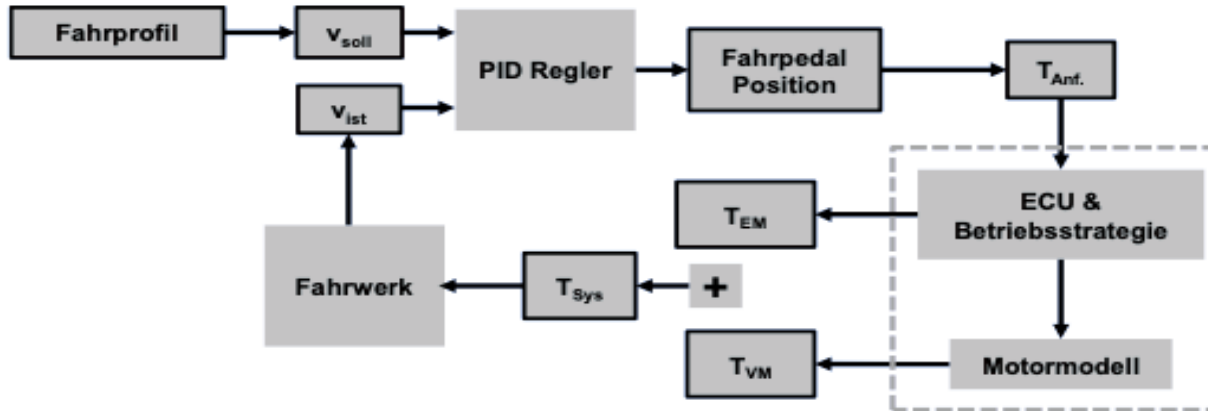


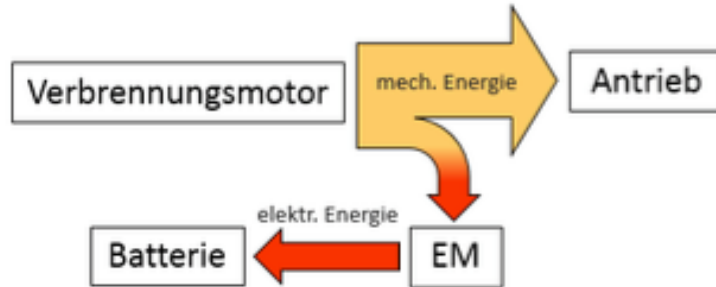
Abbildung 3.1: Regelkreis des Gesamtsystemmodells

Ablauf der Regelkreises zur Momenten-Addition für das Fahrerwunschemoment.

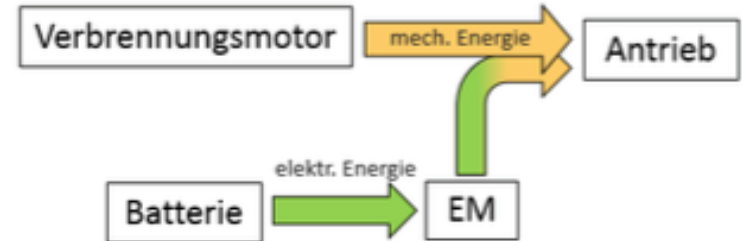
- v_{soll} ...Fahrerwunschgeschwindigkeit [km/h]
- v_{ist} ...Momentangeschwindigkeit [km/h]
- $T_{Anf.}$...Benötigtes Moment [Nm]
- T_{EM} ...Moment Elektromotor (RSG) [Nm]
- T_{VM} ...Moment Verbrennungsmotor [Nm]

Funktionen

Auflasten



Ablasten

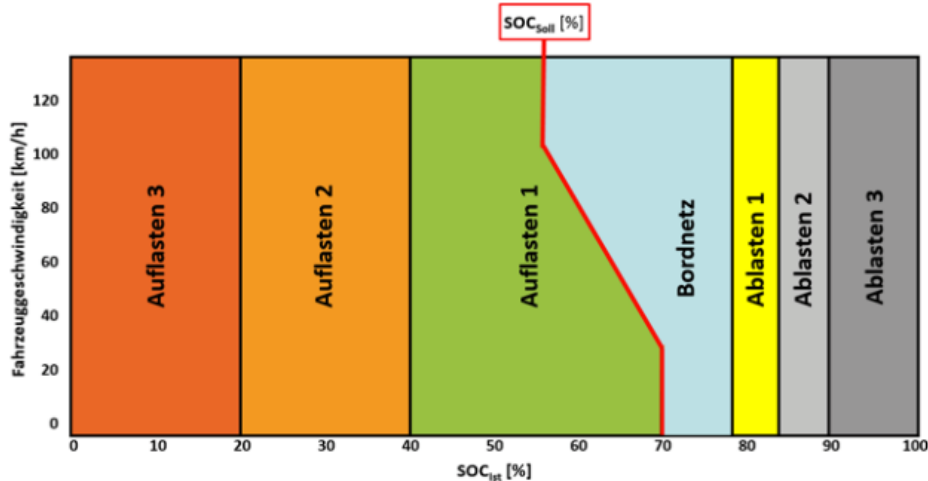


Auflasten: zu viel gestelltes Moment des Motors wird über den Generator in elektrische Energie umgewandelt

Ablasten: Stellt Verbrenner weniger Moment als das gewünscht kompensiert die Elektromaschine durch Momenten-Addition

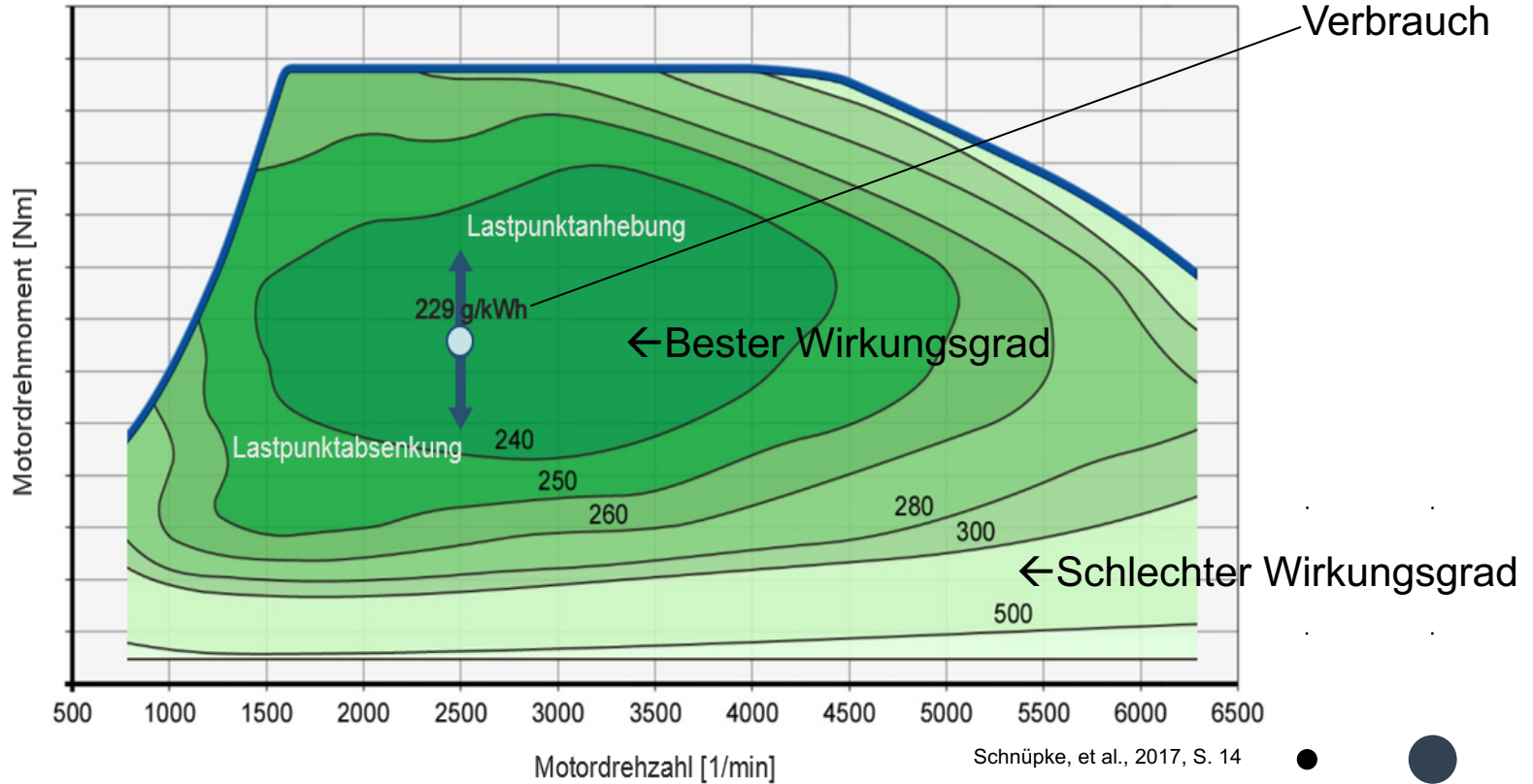
Wie viel jeweils abgelastet bzw. aufgelastet wird entscheidet hierbei das aktive geschwindigkeitsabhängige Lastkennfeld.

Kennfelder



Die Auf- und Ablast-Kennfelder sind Geschwindigkeitsabhängig um stets einen großen Bereich der Batterie nutzen zu können. Der Übergang ist hierbei verschliffen und nicht wie dargestellt eine harte Grenze. Die Grafik zeigt den SOC (State Of Charge) über die Fahrzeuggeschwindigkeit. Eine hohe Kennzahl (Bsp. Ablasten 3) steht hierbei für ein starkes durchführen des jeweiligen Kennfelds.

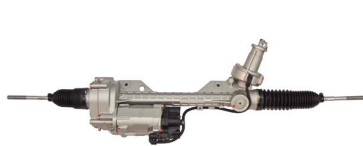
Funktionen



Weitere Möglichkeiten durch das 48V-Bordnetz

Alle Funktionen Unabhängig von Motordrehzahl des VM

- Elektrischer Klimakompressor
- Elektrische Wasserpumpe
- Elektrischer Zusatzverdichter (Bsp. E-Turbocharger)
- Lenkantriebe
- Elektrische Wank Stabilisierung



Bildquelle: Ebay, Borg Warner, Schaeffler, BMW
Quellen: [Daimler AG](#) & [Vorlesung Rebholz](#)

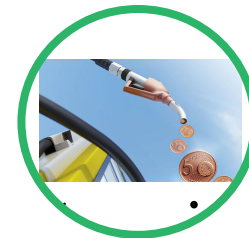
HTWG **Rentabilität**

Für den Kunden:

- Kosten müsse getragen werden ohne große Zusatzfunktionen (100€ bis 1500€)
- Keine oder nur wenige sichtbare Zusatzfunktionen („elektrisches“ Parken)
- Kein elektr. Fahrerlebnis



- + Geringerer Spritverbrauch (0,2Liter/100km) vor Kunde



Quellen:
Bordnetze-HR
Schaeffler

HTWG **Rentabilität**

Für den OEM:

- Hohe MEK & Entwicklungskosten
- Wettbewerbsnachteil durch Parallelentwicklungen
- + Einfache Implementierung
- + Neue teilelektrische Funktionen möglich
- + CO2 Flottenreduktion

+/- Einfluss auf die Zukünftige Flottenentwicklung

Quellen:
Bordnetze-HR
Schaeffler
48V HR
48V BO

Zulieferer

→ Alle großen Zulieferer der Automobilindustrie

Delphi
Technologies

Continental



BorgWarner



SCHAEFFLER

Quellen: Marken-Webseiten

*„Nach Einschätzung [...] führen diese Eigenschaften dazu, dass das Segment der P0-Mild-Hybride in den kommenden Fahrzeuggenerationen deutlich ansteigt. Für das **Jahr 2030** wird für reine **P0-Antriebe auf 48-Volt-Basis** ein weltweiter Markt von **rund 20 Millionen Einheiten** erwartet“ – Schaeffler 2019*

Einsetzung RSG

Definition:kleine Motoren ≤ 2 Liter Hubraumgroße Motoren > 2 Liter Hubraum

	Einsetzung 12V RSG	Einsetzung 48V RSG kleine Motoren	Einsetzung 48V RSG große Motoren
Volkswagen Group	-		
PSA			(?)
Toyota	-	-	-
Ford	-		
Daimler			-
General Motors	-		(?)
BMW Group	-		
Renault Group	-		(?)

Fazit

Vorteile, Nachteile & Einschätzung

HTWG **Vorteile & Nachteile**

Vorteile:

- CO2 Reduzierung (-18%) bei vertretbaren Kosten
- Einfache Fahrzeugintegration
 - Ideal zur Produktaufwertung
 - Keine Änderungen am Antriebsstrang
 - Keine Änderung am Riementrieb
- Unabhängiger Betrieb von Systemkomponenten

Nachteile:

- CO2 Einsparung limitiert
- Momentbegrenzung (10-15kw)
- Je nach Motor ein zusätzlicher Starter Notwendig

Quellen:
Bordnetze-HR
Schaeffler
48V HR
48V BO

Entwicklung

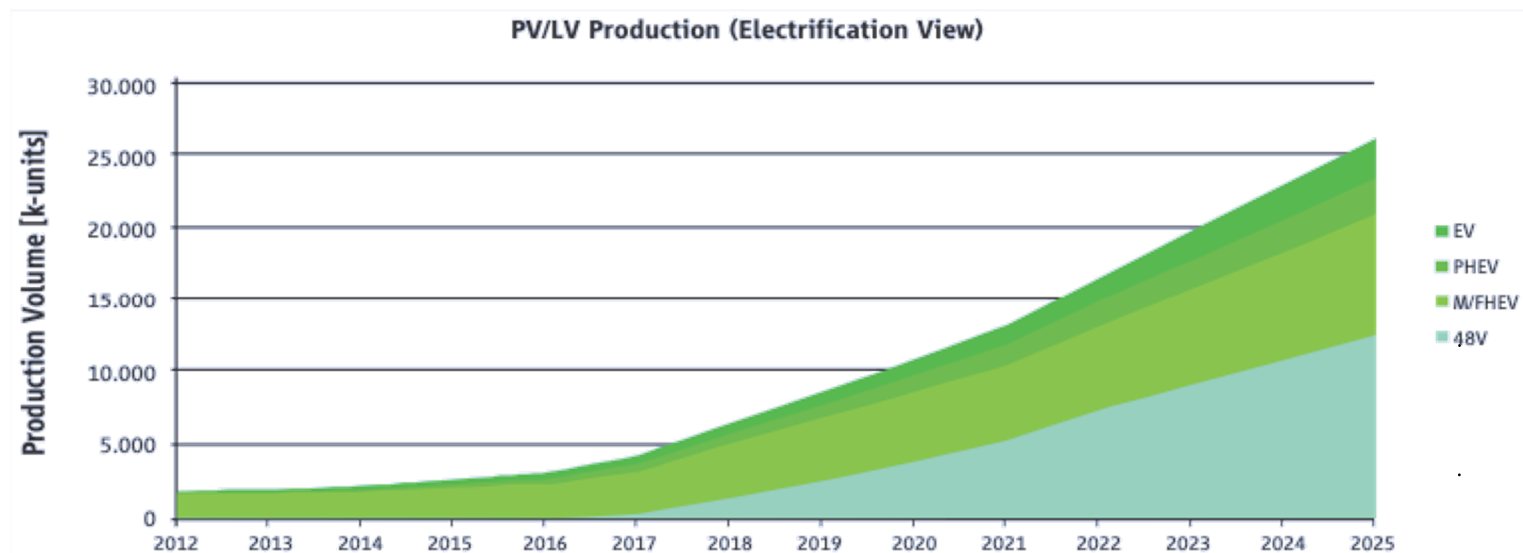


Bild 5: Marktentwicklung elektrifizierter Antriebe bis 2025 – Quelle: Continental

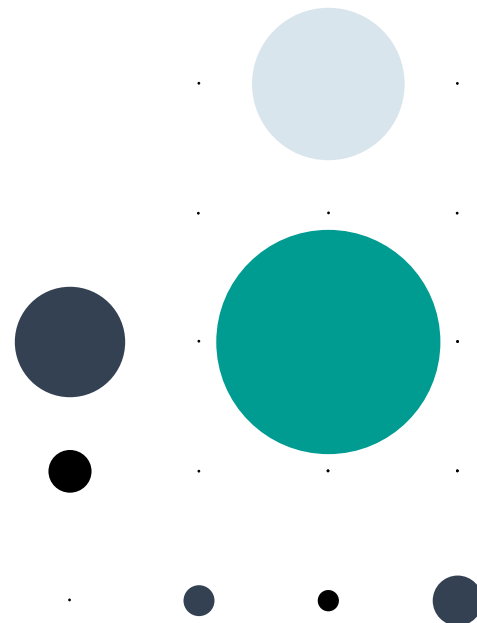
Entwicklung

- Zusammenfassend:
 - RSG 12V nur noch selten vertreten
 - RSG 48V nimmt in den kommenden Jahren stark zu
 - Anteil der P2 Konfiguration (ISG) nimmt durch zunehmende HV-Hybridisierung zu.
 - Setzt sich HV gegenüber dem Verbrenner durch, hat auch der RSG samt 48V es schwer.

Quellen:
Bordnetze-HR
Schaeffler
48V HR
48V BO

H T
W E
G I

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit



Quellen-Bildquellen:

- **Media.Daimler:** <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/picture/Riemengetriebener-Starter-Generator-RSG.xhtml?oid=11123442> (aufgerufen 02.06.2020)
- **A-I-Shop:** <https://www.a-i-shop.de/5585-Lichtmaschine-Bosch-0121715103-VOLKSWAGEN-SKODA-180A-12V.html>
- **Volkswagen Golf 8** – Mild Hybrid: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/stories/the-new-golf-with-48v-technology-5004> (aufgerufen 02.06.2020)
- **48-Volt-Bordnetz** – Schlüsseltechnologie auf dem Weg zur Elektromobilität (ZVEI)
- <https://www.delphi.com/innovations/48-volt-mild-hybrid> (aufgerufen 17.06.2020)
- <http://www.brand.bosch.com> (aufgerufen 17.06.2020)
- https://press.zf.com/press/en/media/media_1933.html (aufgerufen 17.06.2020)
- https://www.delphi.com/themes/contrib/delphi_base/images/logo_black.svg (aufgerufen 17.06.2020).
- <https://www.valeo.com/en/> (aufgerufen 17.06.2020)
- <https://www.khl.com/international-cranes-and-specialized-transport/eturbo-turbocharger/140243.article> (aufgerufen 02.06.2020)

Quellen-Bildquellen:

- <https://www.continental.com/resource/blob/2568/23b172d39759fd4f3a67f9df08cbeccd/icon-i-logo-svg-data.svg> (aufgerufen 17.06.2020)
- <http://seekvectorlogo.com/borgwarner-vector-logo-svg/> (aufgerufen 17.06.2020)
- <https://brandportal.vitesco-technologies.com> (aufgerufen 17.06.2020)
- <https://www.audi-mediacycenter.com/en/audimediatv/video/audi-q7-air-suspension-with-electromechanical-active-roll-stabilization-animation-4734> (aufgerufen 02.06.2020)
- <https://www.bolha.com/podvozje-avto-deli/volanska-letev-s5120031-bmw-serije-1.3-oglas-1779242> (aufgerufen 02.06.2020)
- **Bosch4:** https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/media/migrated_download/de/BRS_Broschuere_RZ_de.pdf
- **FMT:** <https://www.future-mobility-tech.com/de/technologien/elektrisches-fahren>
- **Autozeitung:** <https://www.autozeitung.de/mega-test-die-100-sparsamsten-autos-verbrauchs-vergleich-66107.html>

Quellen-Literatur-Quellen:

- **Bordnetze HR:** „Vorlesungsunterlagen & Youtube-Reihe: Bordnetze moderner Kraftfahrzeuge“ – Rebholz 2020
- **48V HR:** „48V Bordnetzsysteme - Die nächste Generation der Spannungsversorgung?“ – Rebholz
- **48V BO:** „48 Volt Technology - For more efficiency and fun to drive“ - Bernhard Klein, Oliver Maiwald, ISBN 978-3-86236-102-1
- **Bosch 1:** „Das Boost Recuperation-System: schneller beschleunigen mit mehr Komfort und weniger Verbrauch“ – Robert Bosch GmbH
- **Schaeffler Symposium:** „Mobility for tomorrow – Schaeffler Symposium 2018“ - Schaeffler Technologies AG & Co. KG (2018)
- **Schaeffler1:** „Der Riemengetriebene Startergenerator (RSG)
Eine innovative Funktionserweiterung des Nebenaggregatetriebes“ - Schaeffler Technologies AG & Co. KG (2004)
- **ZVEI:** „48-Volt-Bordnetz – Schlüsseltechnologie auf dem Weg zur Elektromobilität“ - ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (2015)
- Schnüpké, H., Máass, T., Rehberger, A., May, M., Schmitt, J.-C., Zimmer, S., . . . Trochet, P. (2017). 26th Aachen Colloquium Automobile and Engine Technology 2017.

Quellen-Internetquellen:

- **Bosch2:** <https://www.bosch-mobility-solutions.com/de/produkte-und-services/pkw-und-leichte-nutzfahrzeuge/antriebssysteme/hybridisierungslösungen-mit-48-v-systemen/48-v-elektrisches-power-pack-p4-modul/> (aufgerufen 02.06.2020)
- **Bosch3:** <https://www.bosch-mobility-solutions.com/de/produkte-und-services/pkw-und-leichte-nutzfahrzeuge/antriebssysteme/elektroantrieb/48v-batterie/> (aufgerufen 02.06.2020)
- **Wikipedia:** <https://de.wikipedia.org/wiki/Startergenerator>
- **Autophorie:** <https://autophorie.de/2020/05/20/bmw-520d-xdrive-touring-test-mild-hybrid/> (aufgerufen 17.06.2020)
- **Schaeffler2:**
https://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/technicalpresentation/downloads_20/fv_20040615_riemstart_de_de.pdf (aufgerufen 03.06.2020)
- **Schaeffler3:** <http://schaeffler-events.com/kolloquium/lecture/h2/index.html> (aufgerufen 03.06.2020)
- **Daimler AG:** <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Road-1-Dieselmotoren-Ottomotoren-ISG-und-RSG-48-Volt-Bordnetz-Hocheffiziente-Verbrennungsmotoren-Alles-neu-beim-Alten.xhtml?oid=11108680> (aufgerufen 03.06.2020)

Quellen-Internetquellen:

- **Chevrolet:**
https://media.gm.com/media/cn/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/cn/en/2020/May/0511_Chevrolet.html (aufgerufen 25.06.2020)
- **AutomotiveNews:**
<https://translate.google.com/translate?hl=de&sl=en&u=https://europe.autonews.com/article/20170923/AN E/170929892/vw-psa-volvo-others-adopt-48-volt-mild-hybrids-in-response-to-diesel-decline&prev=search&pto=aue> (aufgerufen 25.06.2020)