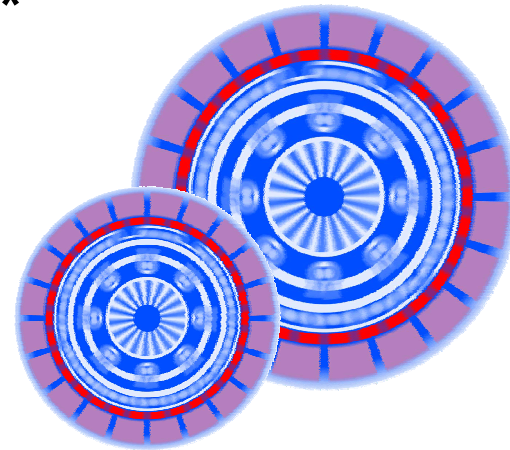


# Startergenerator: System, Funktion, Komponenten

---

Dr. Ing. Hubert Bischof \*  
Dr. Ing. Michael Bork  
Dr. Ing. Robert Schenk



# Startergenerator

## Gliederung

- Kundennutzen
- Systemanforderungen und Randbedingungen
- Systemkonfigurationen
- Antriebskonzepte
- Zukünftiges elektrisches Bordnetz
- Zusammenfassung

# Startergenerator

## Kundennutzen

- Hohe Generatorleistung
- Hoher Generatorwirkungsgrad
- Bremsenergie-Rückgewinnung möglich
- Fähigkeit für Start-Stop-Betrieb
- Niedriges Startgeräusch
- Fähigkeit für Boost-Betrieb
- Entfall des Riementriebs
- Reduzierung der Startemissionen
- Triebstrangfunktionen und Integration in ASG

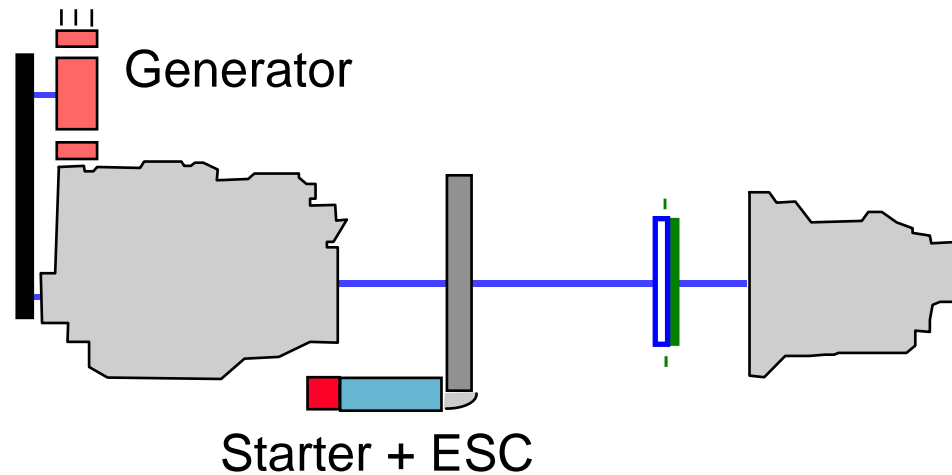
# Startergenerator

## Anforderungen, Randbedingungen

- Bordnetzspannung  $\geq 42$  V
- Generatorleistung 6 - 10 kW
- Wirkungsgrad  $> 80$  %
- Startdrehmoment 200 - 400 Nm
- Rückspeisefähige Hochleistungsbatterie 400 - 1 000 A
- Lebensdauer bis 500 000 Starts
- Kühlwassertemperatur bis  $130$  °C

# Starter, Generator

## Konventionelles System mit Einzelkomponenten



**Startleistung:**  
Einrückstarter (alle Motoren)

**Generatorleistung:**  
bis 3 kW

### Vorteile:

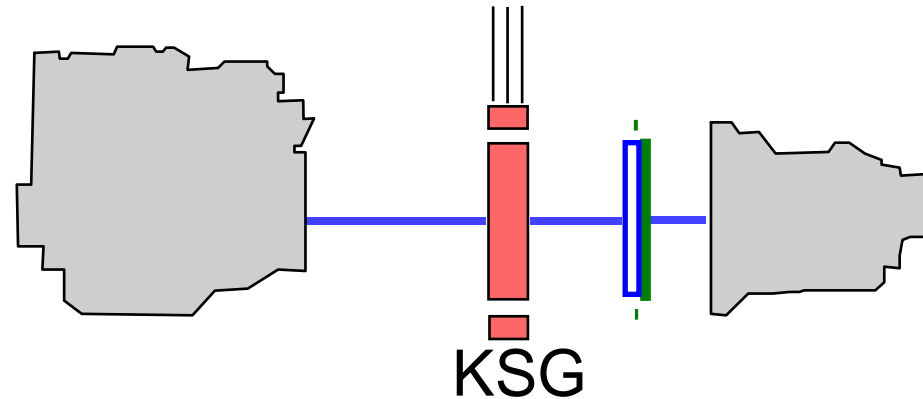
- Serienstand
- Niedrige Kosten
- Start-Stop möglich

### Nachteile:

- Riemen erforderlich
- Generatorleistung beschränkt
- Keine Antriebsfunktion des Generators
- Verschleißbehaftetes Startsystem

ESC - Elektronische Startersteuerung

# Kurbelwellenstartergenerator für Direktstart



**Startleistung:**  
Direktstart (alle Motoren)

**Generatorleistung:**  
bis 10 kW

## Vorteile:

- Schneller, geräuschloser Start
- Wenige Komponenten
- Hohe Generatorleistung

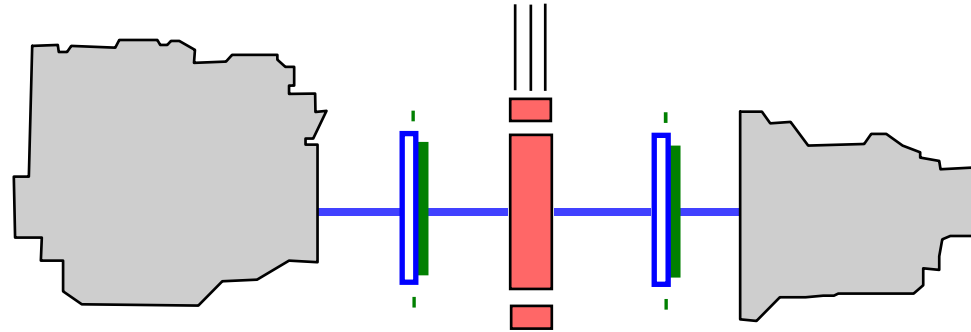
## Nachteile:

- 3-4fache Batterieleistung für Start erforderlich
- Kein Impulsstart / Segelbetrieb
- Rekuperation eingeschränkt
- Hohe Kosten

KSG - Kurbelwellenstartergenerator

# Startergenerator

## Kurbelwellenmaschine mit Doppelkupplung



### Startleistung:

Impuls- / Direktstart (alle Motoren)

### Generatorleistung:

bis 10 kW

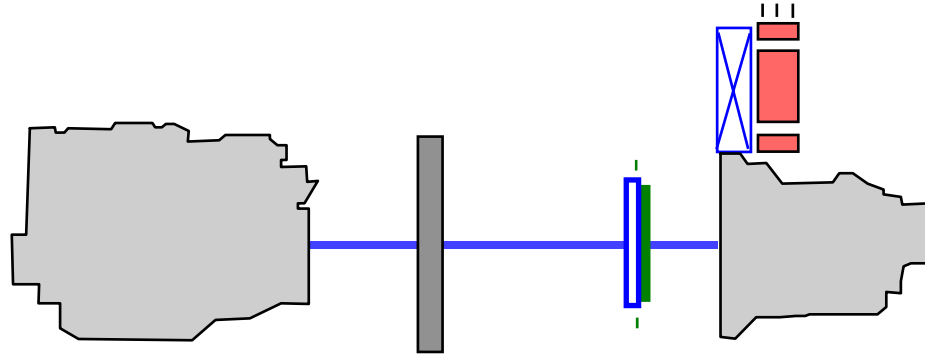
### Vorteile:

- Schneller, geräuschloser Start
- Hohes Startmoment und moderater Leistungsbedarf bei Impulsstart
- Synchronisationsunterstützung
- Rekuperation möglich

### Nachteile:

- Zweite Kupplung erforderlich
- Wartezeit bei Kaltstart
- Hohe Kosten

# Getriebeseitiger Startergenerator



## Startleistung:

Impulsstart (alle Motoren)

## Generatorleistung:

bis 10 kW

## Vorteile:

- Kein Eingriff in den Triebstrang
- Guter Zugang zur Maschine
- Segelbetrieb möglich
- Moderater Leistungsbedarf
- Rekuperation möglich

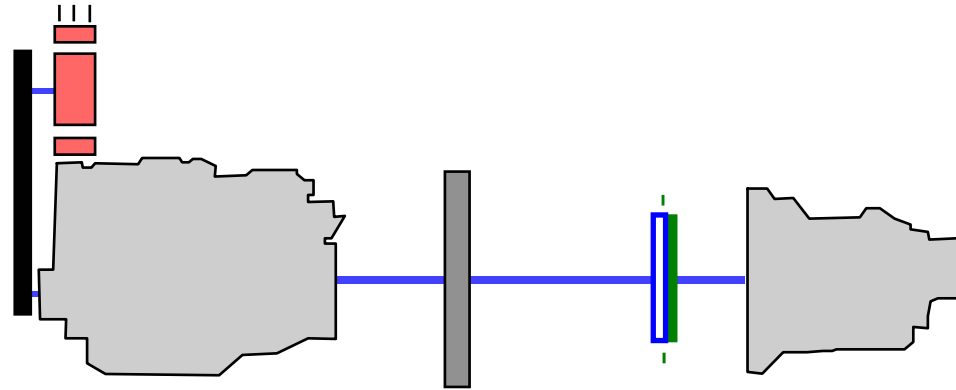
## Nachteile:

- Direktstart nur bei Getriebeleerlauf
- Modifikation am Getriebe
- Hohe Kosten



# Startergenerator

## Riemengekoppelte Klauenpolmaschine



### Startleistung:

Direktstart

(bis 1,6 l Otto, 1,2 l Diesel)

### Vorteile:

- Keine Modifikation des Systems
- Guter Zugang zur Maschine
- Niedrige Kosten

### Generatorleistung:

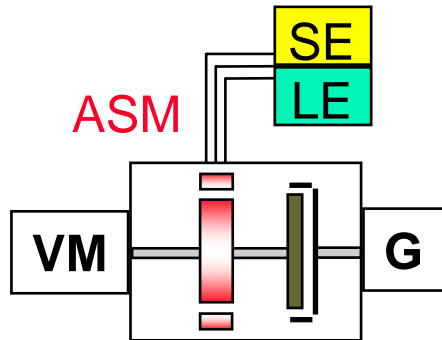
bis 6 kW mit Leistungselektronik

### Nachteile:

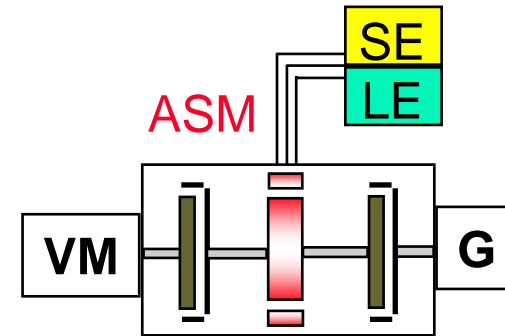
- Riemen bleibt erhalten
- Kaltstart bei großen Motoren erfordert zusätzlich konventionellen Starter

# Startergenerator - Studienprojekte

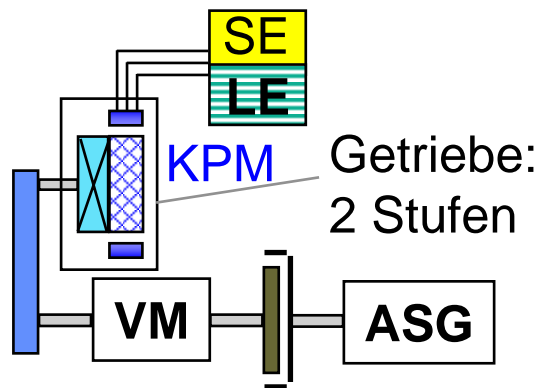
Direktstart, 6 kW



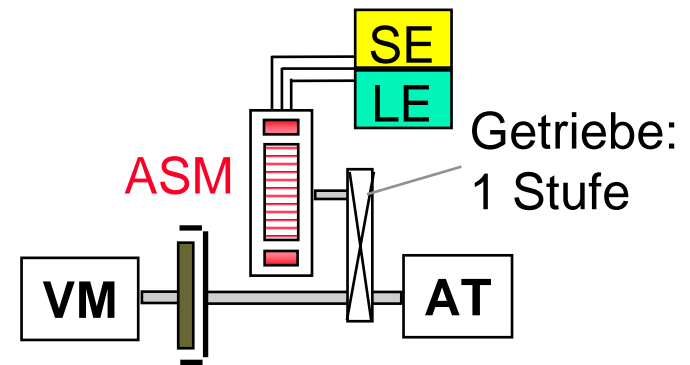
Impulsstart, 10 kW



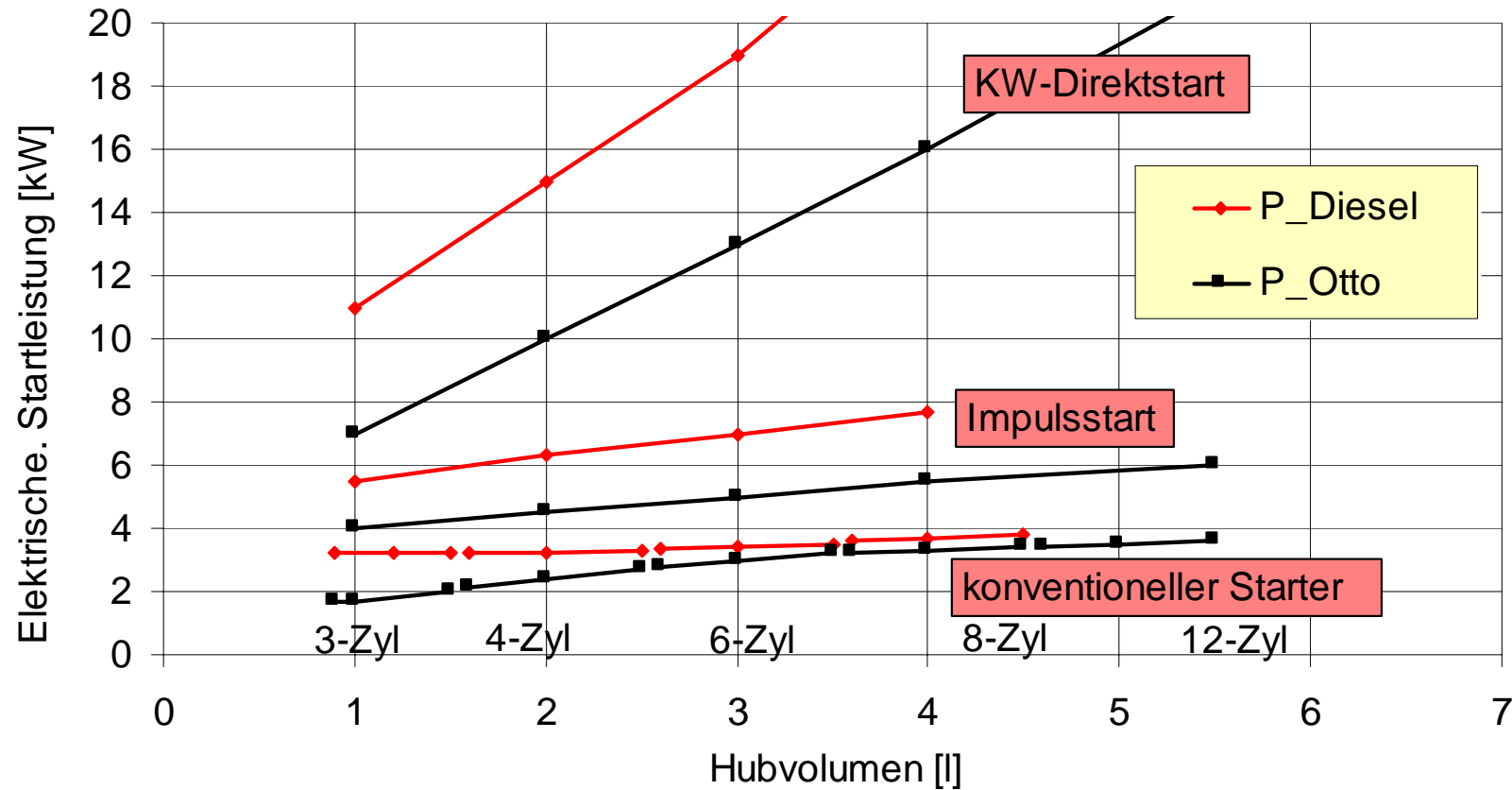
Riemenkopplung, 4 kW



Festes Getriebe, 6 kW



# Startergenerator Elektrische Startleistung



© Alle Rechte bei Robert Bosch GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

# Startergenerator

## Vergleich Antriebskonzepte

### Asynchronmaschine

- + Großer Feldschwächbereich
- + Überlastfähigkeit, Robustheit
- Niedriger Wirkungsgrad bei kleinen Drehzahlen

### PM - Synchronmaschine

- + Guter Wirkungsgrad
- Kaum Feldschwächung möglich
- Befestigung der Magnete
- Hohe Kosten

### Reluktanzmaschine

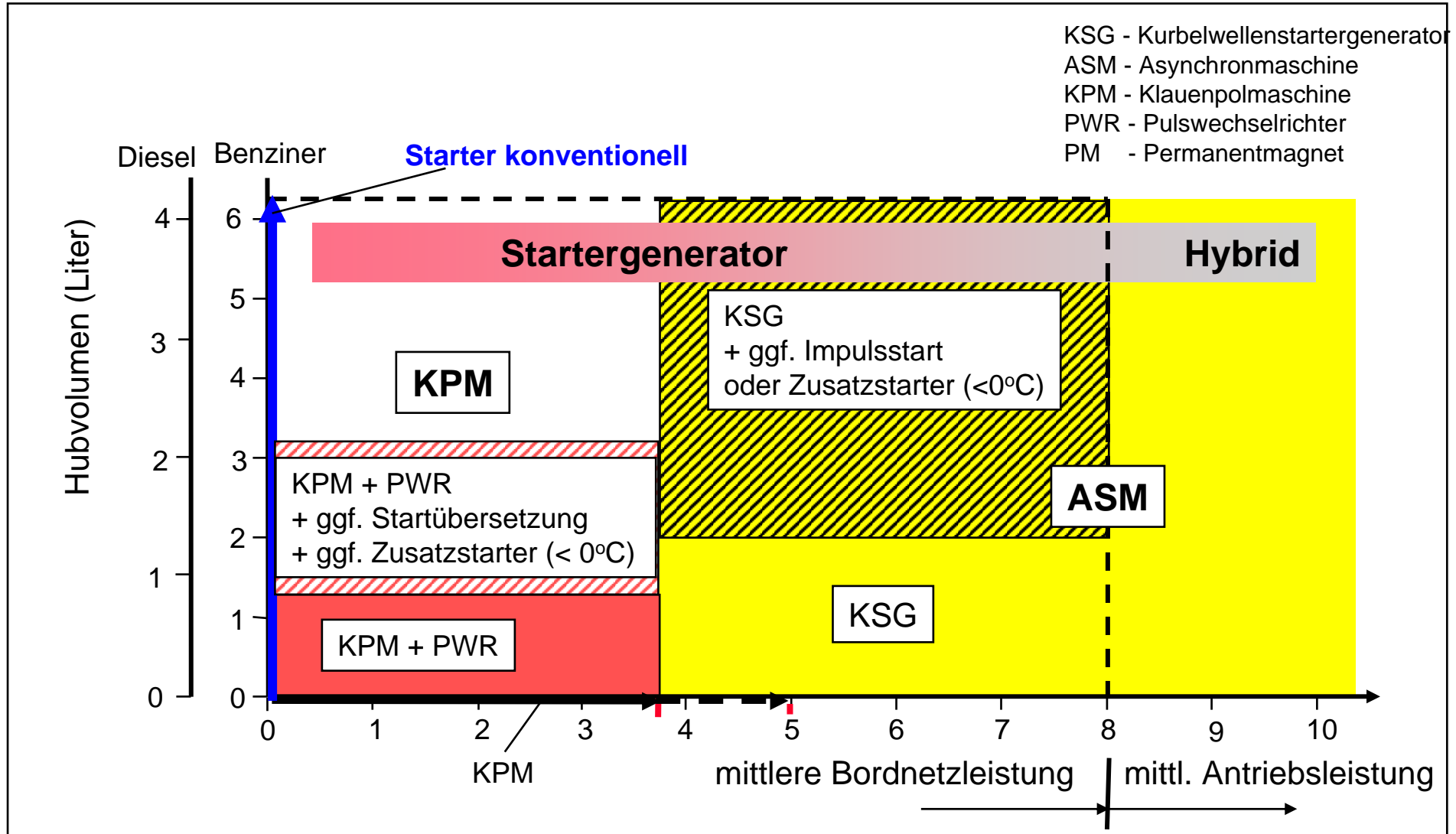
- + Großer Feldschwächbereich
- Sehr kleiner Luftspalt erforderlich
- Hohe Geräusentwicklung
- Aufwand für Leistungselektronik

### Klauenpolmaschine

- + Gute Regelmöglichkeiten
- + Kostengünstige Fertigung, Serie
- o Mittlerer Wirkungsgrad
- Baugröße / Leistung begrenzt

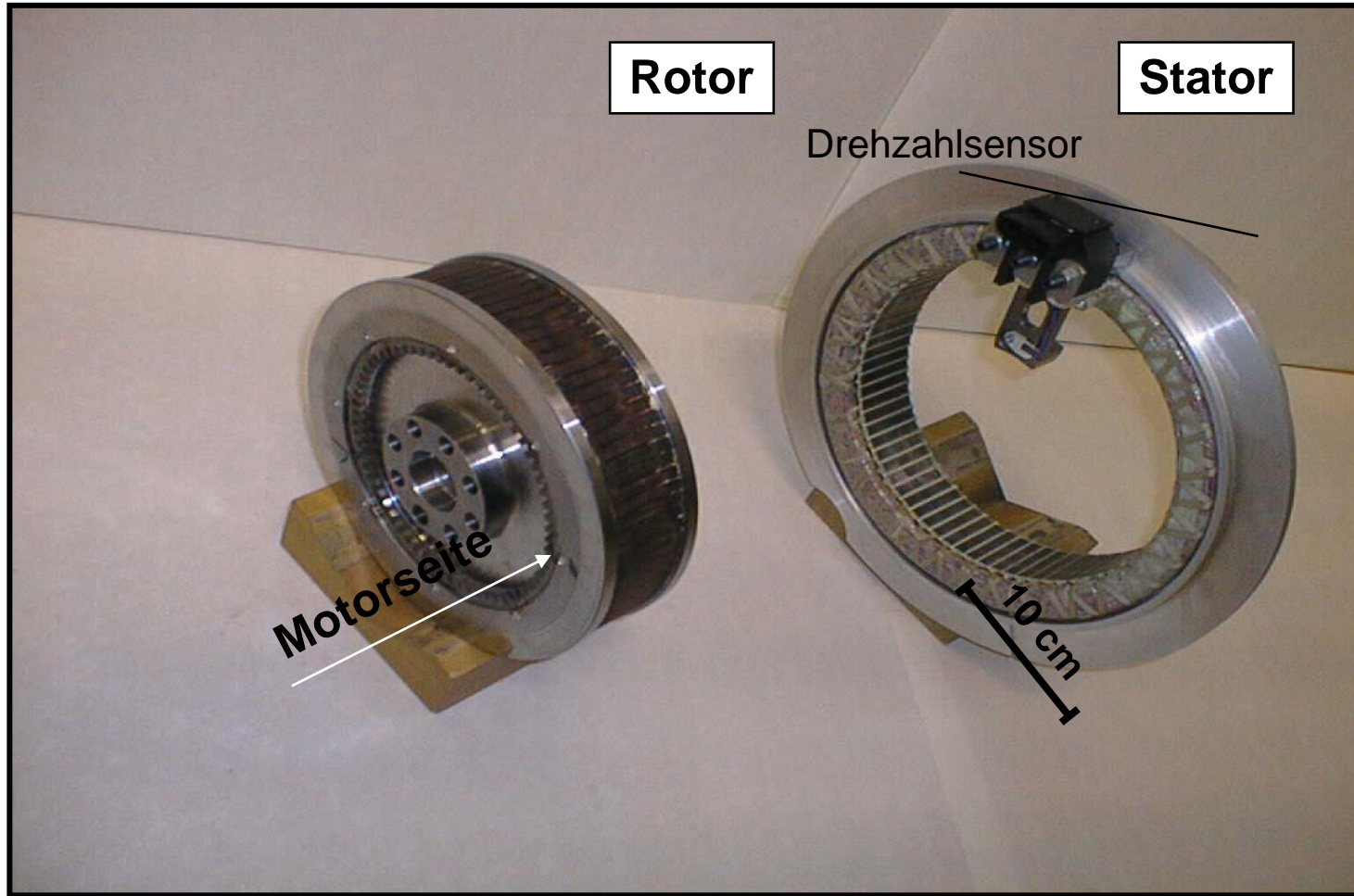
# Startergenerator

## Einsatzbereich Startergenerator, Hybridantrieb



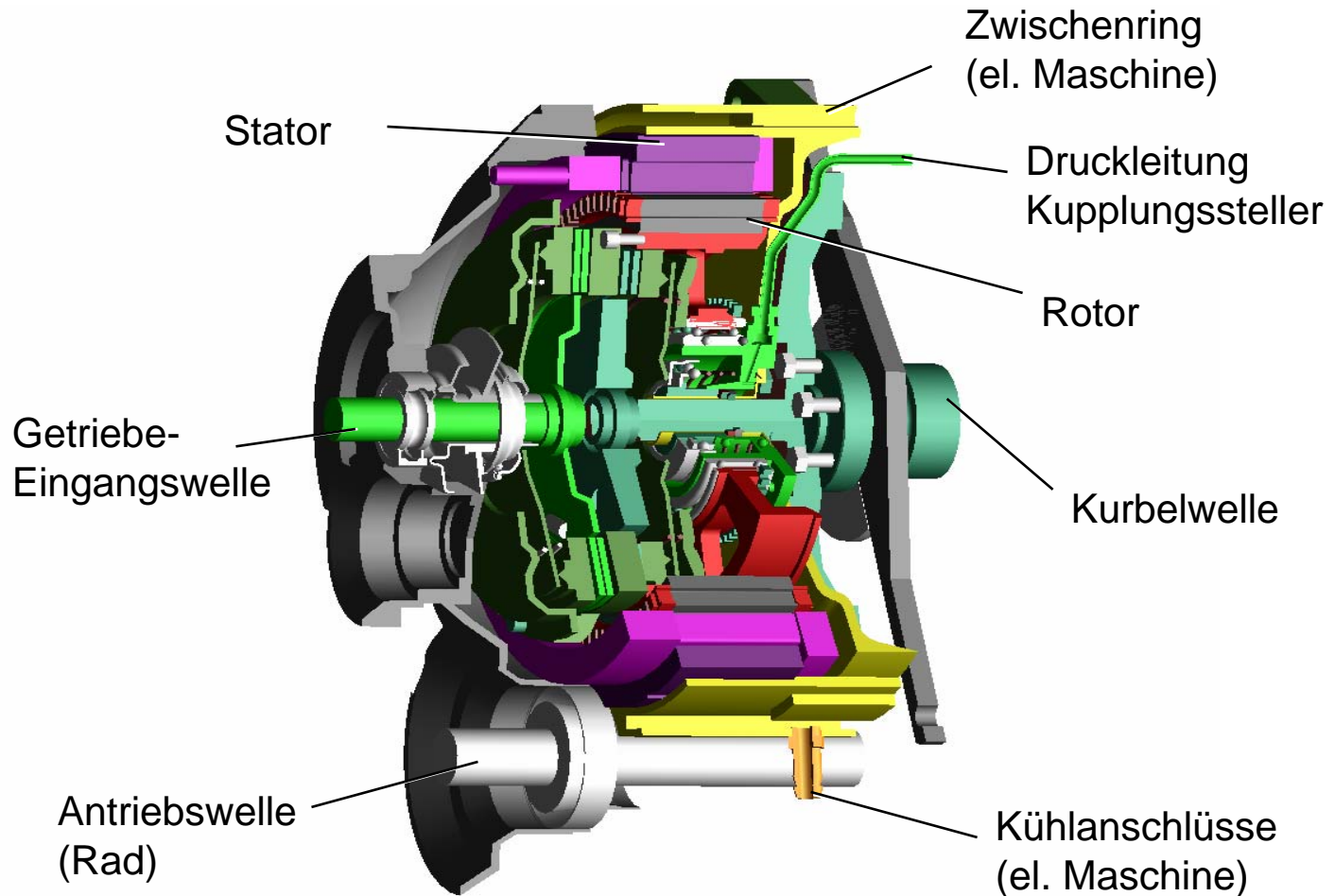
© Alle Rechte bei Robert Bosch GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

# Startergenerator KSG-Prototyp



© Alle Rechte bei Robert Bosch GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

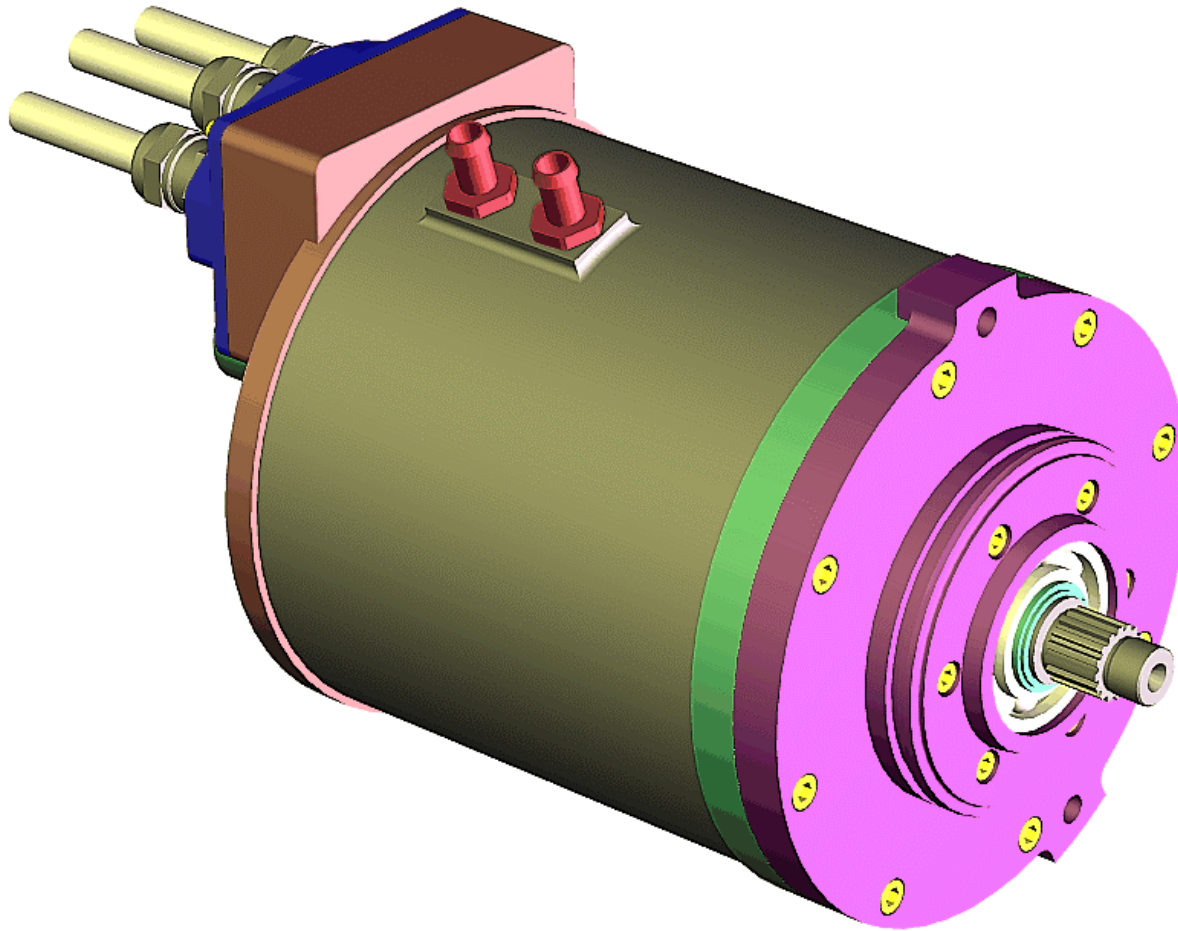
# Startergenerator System mit 2 Kupplungen



© Alle Rechte bei Robert Bosch GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

# Startergenerator

## Asynchronmaschine für 20 000 1/min



© Alle Rechte bei Robert Bosch GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

**BOSCH**



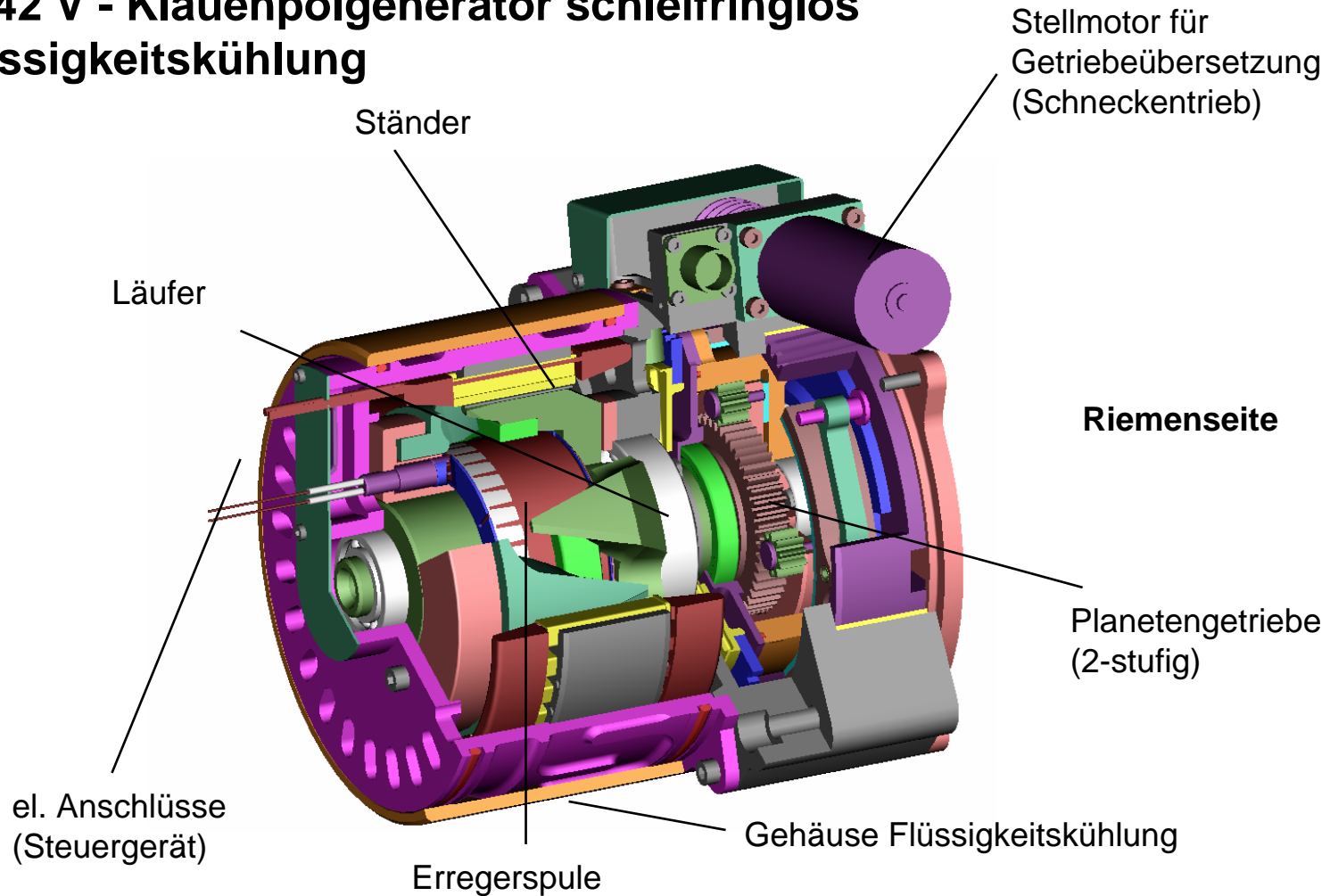
K9/EL-99/17-15



# Startergenerator

## Klauenpolantrieb mit umschaltbarem Getriebe

4 kW / 42 V - Klauenpolgenerator schleifringlos  
mit Flüssigkeitskühlung



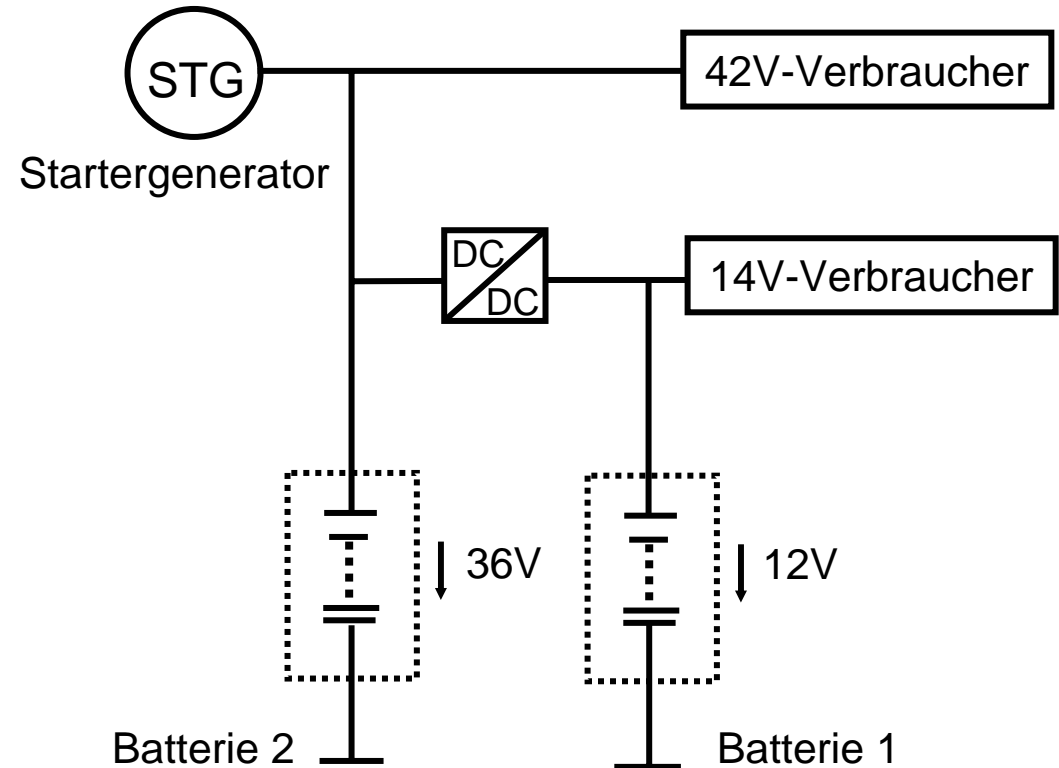
© Alle Rechte bei Robert Bosch GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

# Zukünftiges Energiebordnetze Architektur

## Vorteile 42 V

- ❑ Leistungshalbleiter
- ❑ Kabelbaum, Stecker
- ❑ Ladepriorität für Startspeicher
- ❑ Optimierte Batterieauslegung
- ❑ Gewichtsreduzierung
- ❑ Einbauvorteile
- ❑ Redundanz
- ❑ Voraussetzung für
  - Hochleistungsverbraucher
  - Startergenerator

14/42 V - 2-Spannungs-Bordnetz



# Zukünftiges Energiebordnetz

## 42 V-Verbraucher

### 42 V sinnvoll:

- Elektrische Servolenkung
- Elektrische Wasserpumpe
- Kraftstoffpumpe
- Wankstabilisierung
- Elektromotorische Bremse
- Heckscheibenheizung
- Sitzheizung
- Audio-Komponenten
- ...

### 42 V erforderlich:

- Elektromagnetischer Ventiltrieb
- Startergenerator
- Frontscheibenheizung
- Elektrischer Klimakompressor

# Kooperation LuK - Bosch, K9

## Gemeinsame Projekte

- Hochdrehende Asynchronmaschine
- Startergenerator/Hybridantrieb mit Doppelkupplung
- Riemengetriebener Startergenerator
- Hybridantrieb

# Startergenerator

## Zusammenfassung

- ❑ Startergenerator wieder aktuelles Thema (Emissionen, Verbrauch, Komfort)
- ❑ Kundennutzen vielseitig (Energieerzeugung, Start, Triebstrang)
- ❑ Technische Anforderungen sehr hoch
- ❑ Verschiedene Systemansätze möglich (koaxialer / achsparalleler Anbau)
- ❑ Konventionelles System zeigt Weiterentwicklungspotential
- ❑ Koaxialsystem mit Doppelkupplung hat größtes Potential für Hybrideinsatz
- ❑ Bosch untersucht unterschiedliche Systeme, teilweise gemeinsam mit LuK
- ❑ Künftig größere elektrische Bordnetzleistung gefordert
- ❑ Zweispannungsbordnetz 14/42V mit Einbindung des Startergenerators

