

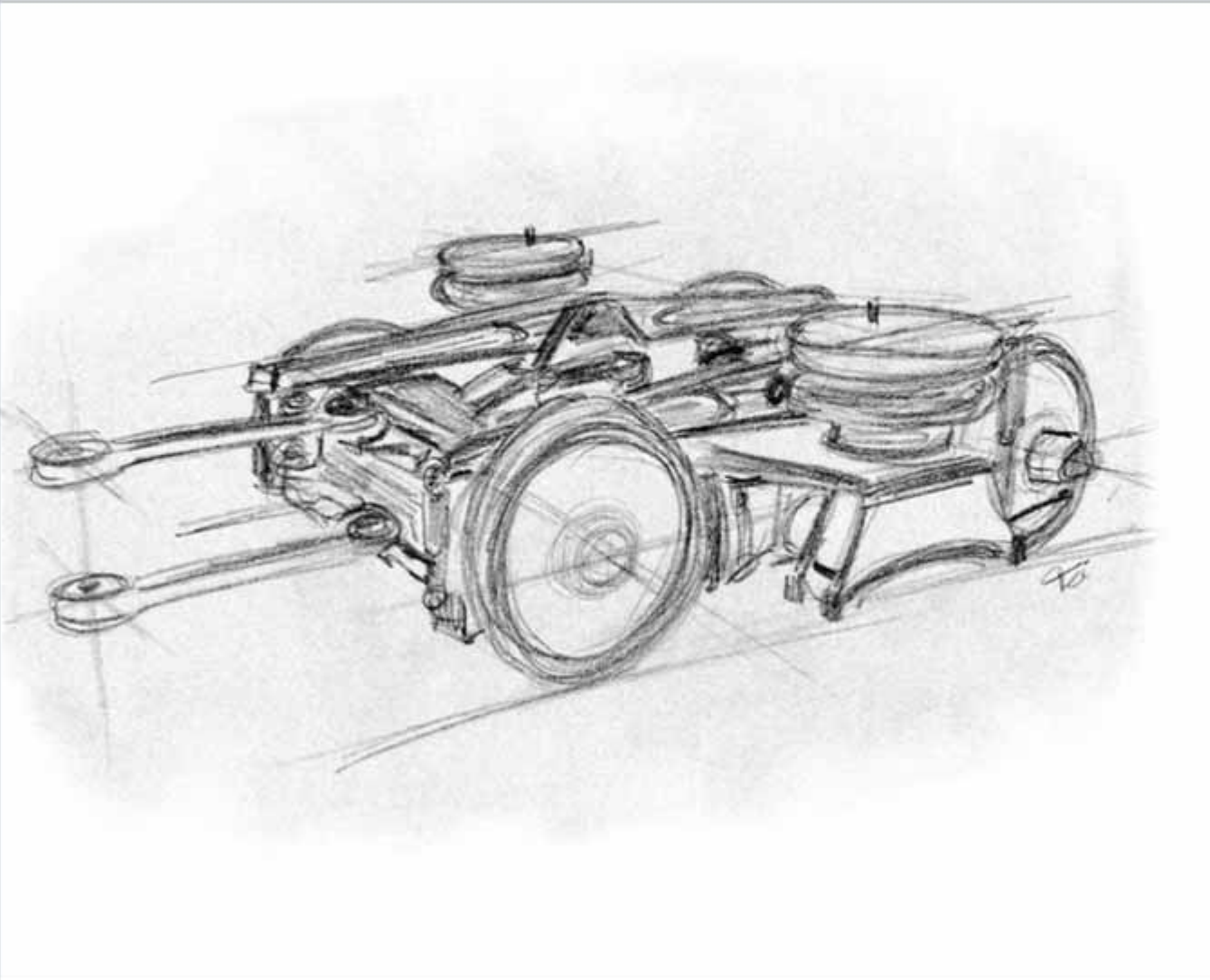
A photograph of a modern subway station with a blue and white train. The station has a glass and steel roof structure. People are waiting on the platform. The Siemens logo is in the top right corner.

**SIEMENS**

# Complete mobility.

Siemens Transportation Systems 2007

Syntegra®



**Dr.-Ing. Andreas Jöckel**  
**Dr.-Ing. Lars Löwenstein**  
**Ing. Martin Teichmann**

**Syntegra® – eine neue Technologie mit geringem Einführungsrisiko und erheblichem Nutzen**

**SIEMENS**

# Syntegra®

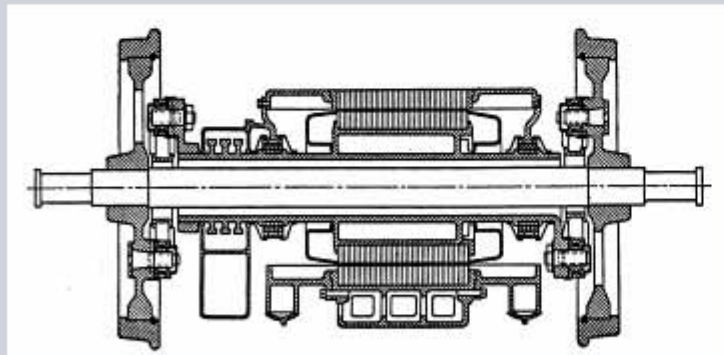
- Technologie
- Absicherung
- Vorteile



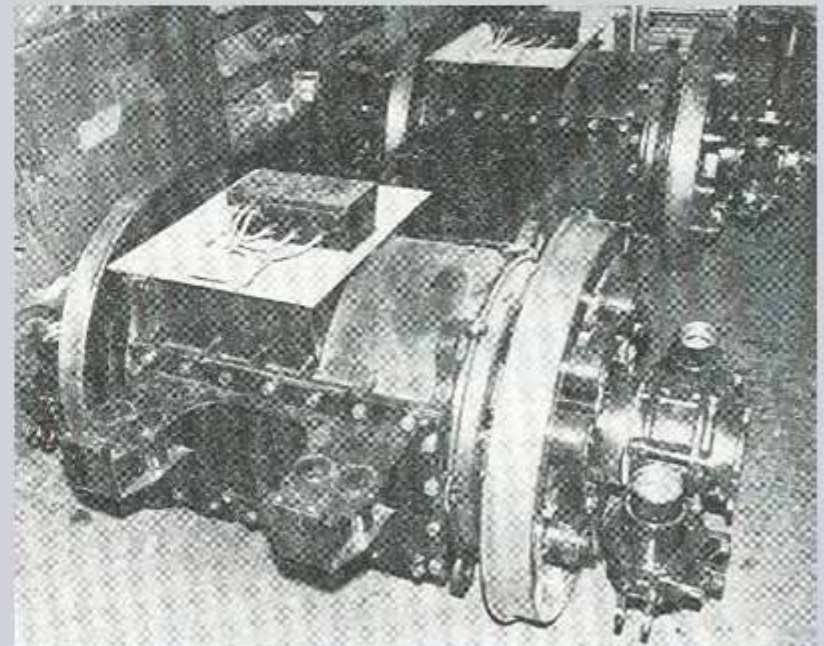
# Hochenergie-Permanentmagnete: neue Materialien als Treiber für neue Motorenkonzepte.

In der Vergangenheit gebaute Direktantriebe sowie intensive Studien zeigen:

- Realisierung von Direktantrieben auf Basis der Asynchronmaschine nicht sinnvoll
- Maschine hätte sehr hohen Strombedarf und zu hohe Verluste



Schleifringläufer-ASM des  
AEG-Schnelltriebwagens von 1903

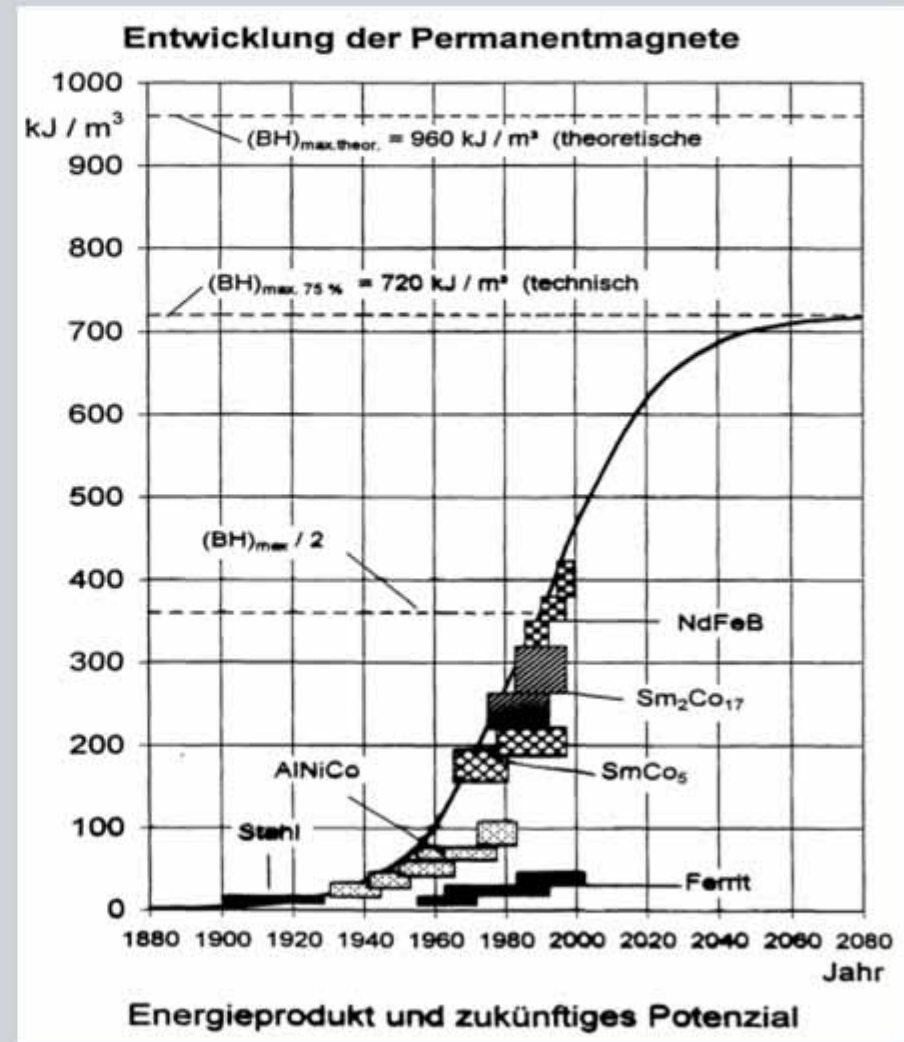


Kurzschlussläufer-ASM der  
Škoda-Lokomotive 85EO von 1988

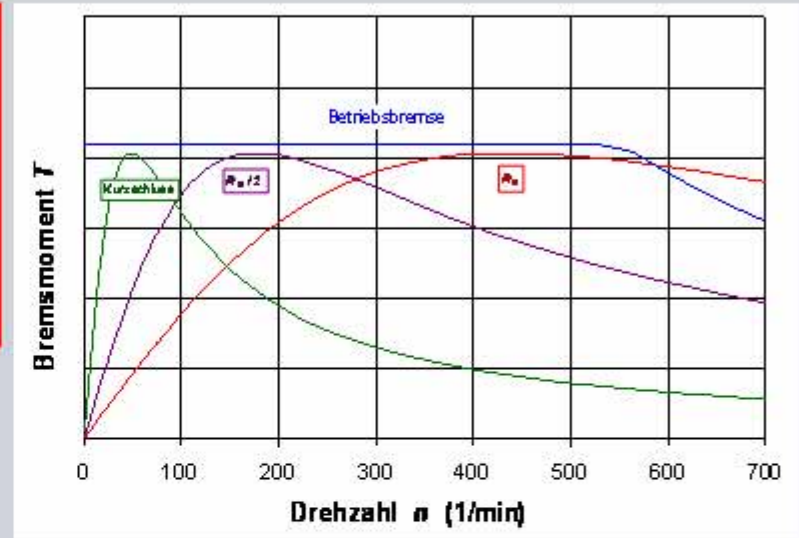
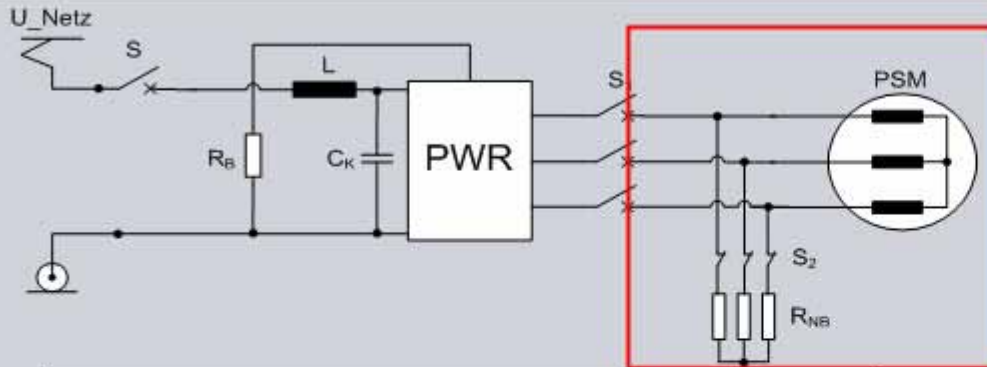
# Hochenergie-Permanentmagnete: neue Materialien als Treiber für neue Motorenkonzepte.

Hochenergie-Permanentmagnete als "Enabler" haben den Direktantrieb ermöglicht

- Energiedichte von NdFeB stark gestiegen
- Materialkosten gesunken
- PM-Maschine ideal für hochpolige High-Torque-Motoren
- Kaum Läuferverluste, einfache Kühlung möglich



# **Permanenterregter Antrieb ermöglicht eine sichere Bremse als Rückfallebene zur elektrodynamischen Betriebsbremse.**

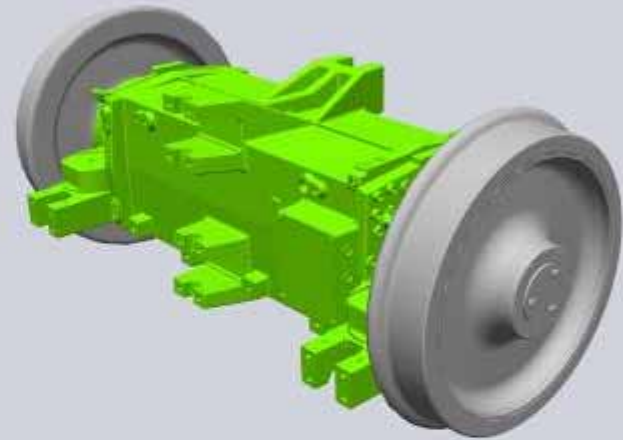
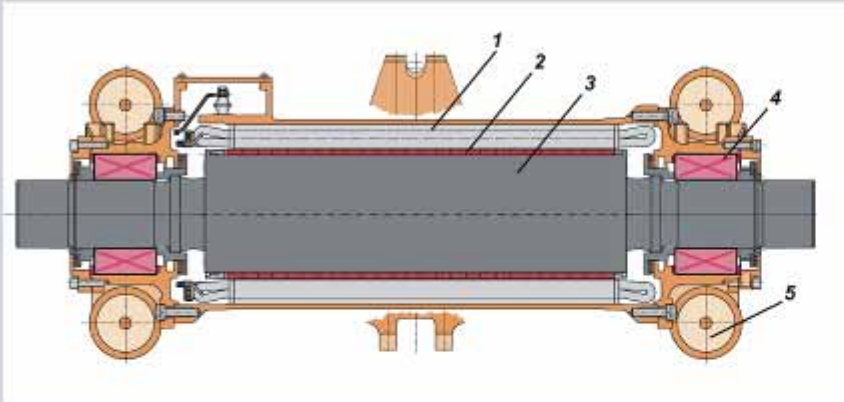


L	Eingangsdrossel	S	Netzschalter
C <sub>K</sub>	Zwischenkreiskondensator	S <sub>1</sub>	Motorschütz
R <sub>B</sub>	Bremswiderstand	S <sub>2</sub>	Notbremserschütz
R <sub>NB</sub>	Schnellbremswiderstand	PSM	Synchronmaschine

- Permanenterregte Synchronmaschine erzeugt bei Schaltung auf 3-phasigen Widerstand ein inhärentes Bremsmoment
- Sichere elektrische Bremse verwendet minimale Anzahl von Komponenten mit sehr geringer FiT-Rate und hoher Redundanz
- Notbremserschütz in Fail-Safe-Ausführung



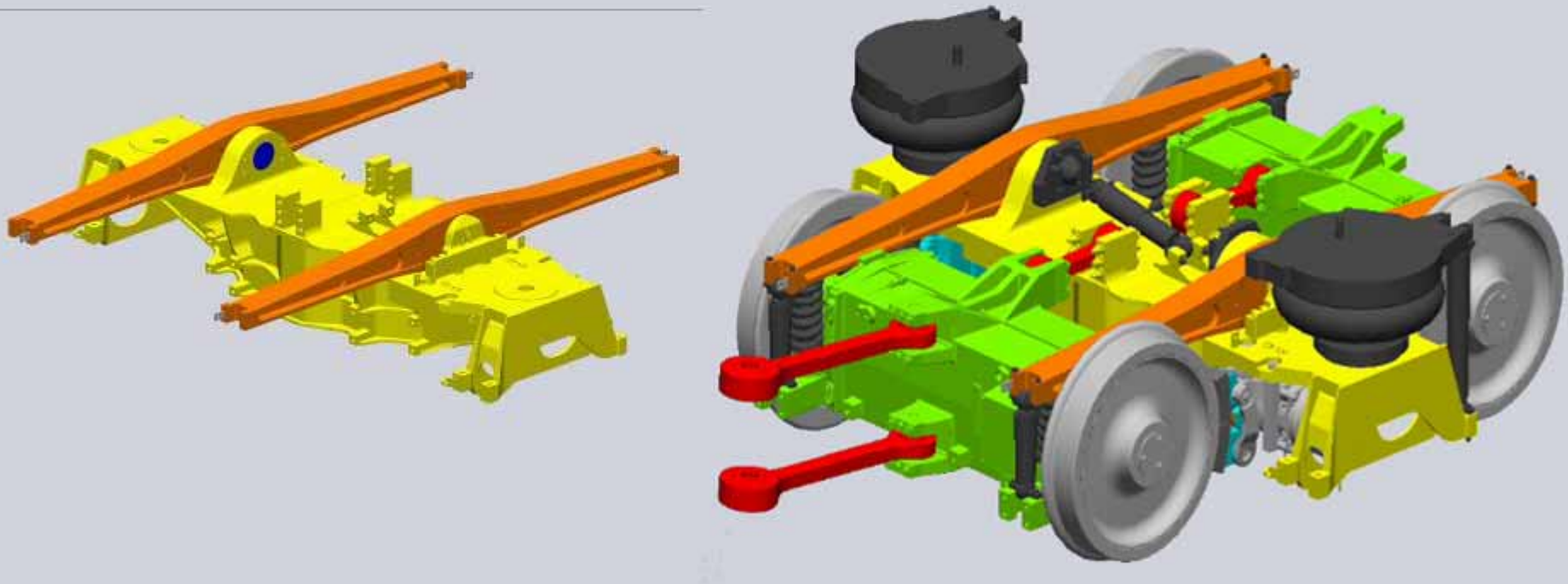
# Der Antrieb wird vollständig in das Fahrwerk integriert, Motorlager + Radsatzlager = Hauptlager



- Fahrmotor vollständig gekapselt
- Ständer mit bewährter und robuster Formspulenwicklung
- Läufer auf Radsatzwelle trägt die Permanentmagnete
- Gussgehäuse mit Wasserkühlung oder Fahrtwindkühlung

## Der Rahmen ist als verwindeweiche Struktur ausgeführt

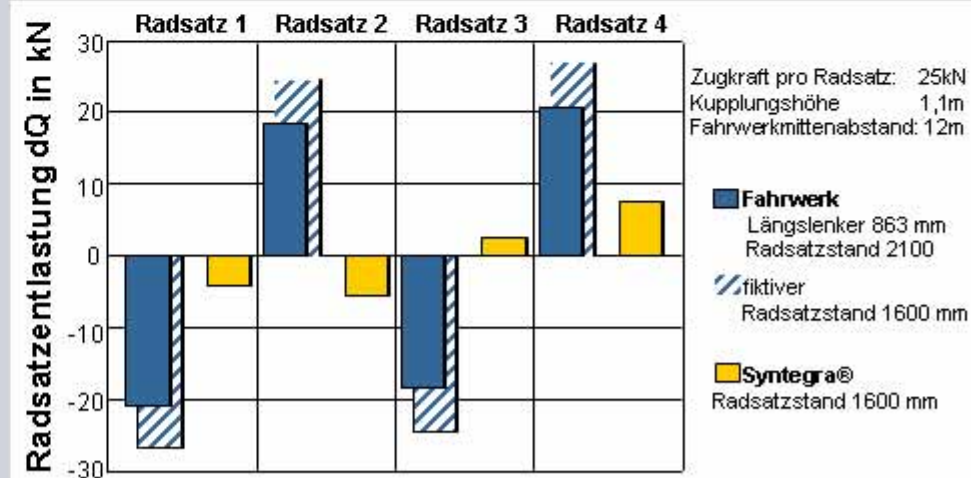
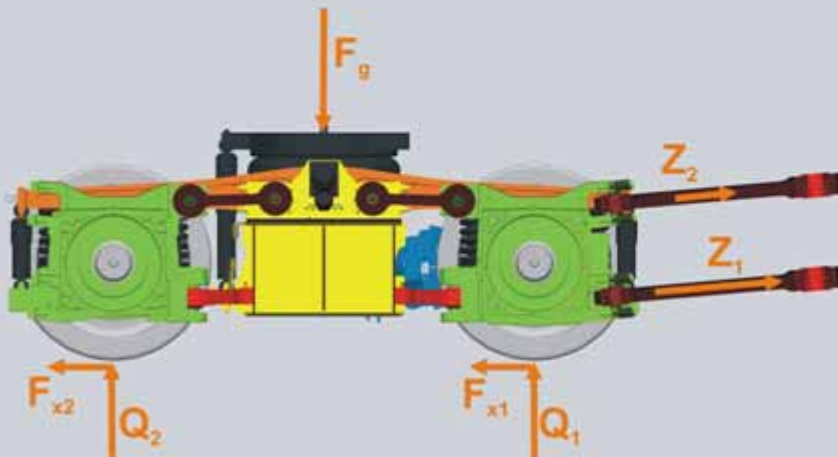
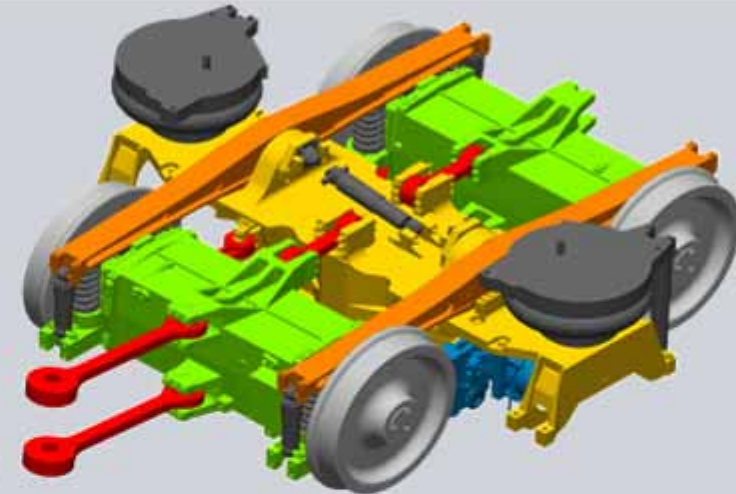
- Gelenke verbinden die Längsträger mit dem Querträger
- hohe Entgleisungssicherheit
- Erhöhung der Nutzlast möglich





# Direkte Übertragung der Längskräfte vom Fahrmotor an den Wagenkasten

- kein Absetzen von Antriebskräften im Fahrwerkrahmen
- geringe Radsatzentlastung durch Antriebskräfte



# Syntegra®

- Technologie
- Absicherung
- Vorteile

# Minimiertes Einführungsrisiko durch Verwendung von konventionellen Bauteilen und Technologien

**SIEMENS**



Konventionelle Feder- und Führungsbauteile  
Schrauben-, und Luftfedern, Metallgummiteile



Rahmenbauteile:  
Geschweißter und geschmiedeter Stahl

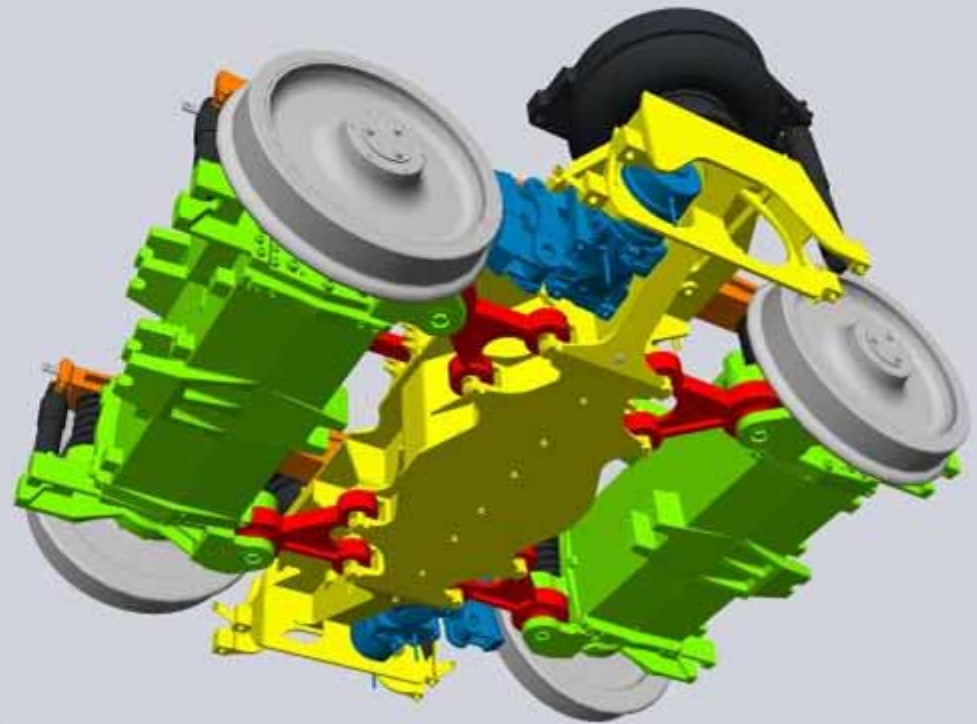
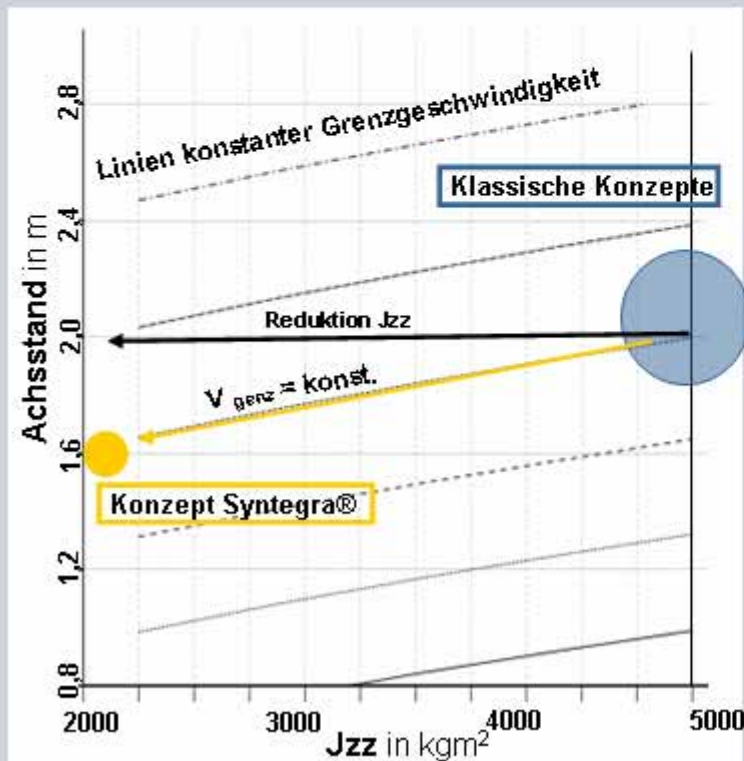


Gehäusebauteile:  
Sphäroguss



## Die Spurführung erfolgt über klassische Radsätze

Die Reduktion der Grenzgeschwindigkeit durch den kürzeren Achsstand wird durch das kleinere Trägheitsmoment um die vertikale Achse kompensiert



**Der mechanisch robuste Motoraufbau eignet sich für den Betrieb als ungefederte Komponente.**

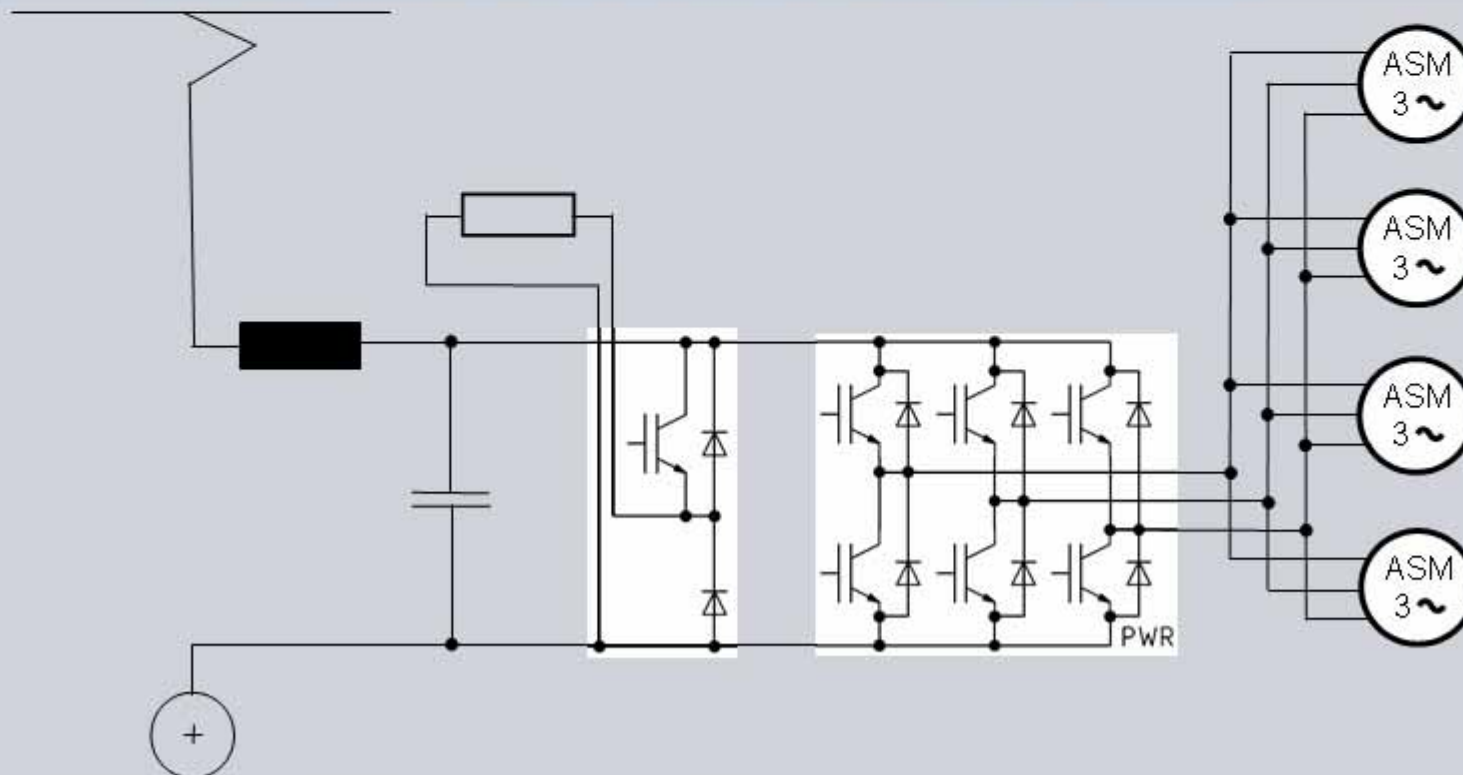
**SIEMENS**



# Der Fahrmotor wird gespeist durch einen konventionellen IGBT-Stromrichter.

Exakt gleiche Anforderungen für den Pulswechselrichter:

- 3-phasige Maschine
- Grundfrequenzen bis 150Hz
- Pulsfrequenzen 500... 1000Hz
- Sensorlose Drehmoment-Regelung in SITRAC®

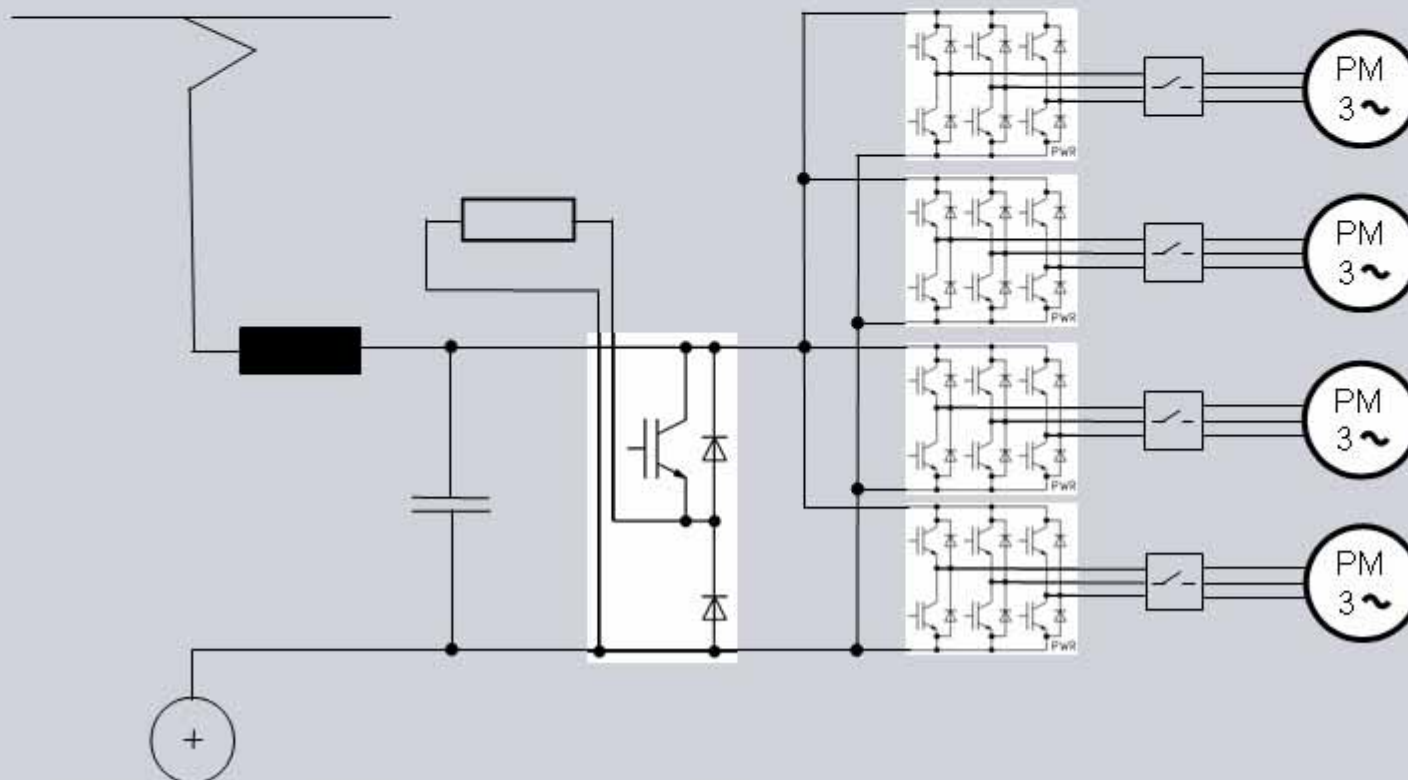




# Der Fahrmotor wird gespeist durch einen konventionellen IGBT-Stromrichter.

Stromlaufplan des Stromrichters:

- gemeinsamer Zwischenkreis
- individuelle Pulwechselrichter (Einzelachsantrieb)
- Anpassung an PM-Maschine nur durch Software

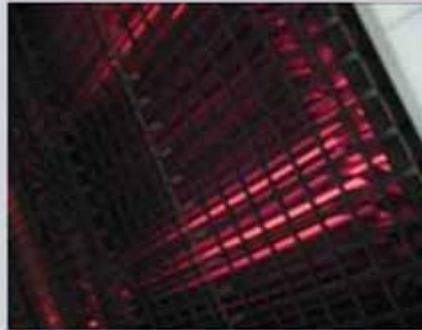


# Die Einführung wird durch umfangreiche Prüfstands-Versuche abgesichert

**SIEMENS**



Rahmen und Fahrwerksversuche in Graz



Test des Widerstands



Test des Antriebs im Systemprüfhaus in Nürnberg



Prüfungen des Fahrzeugs im PCW Wildenrath

# Die Einführung wird durch eine umfangreiche rollende Erprobung abgesichert

**SIEMENS**

Erfolgt:

- IBS in Wildenrath
- Lauftechnische Versuche
- Bremstechnische Versuche
- Sicherheitstechnische Versuche



Plan:

- IBS in München
- Zulassung in München
- Fahrgastbetrieb in München

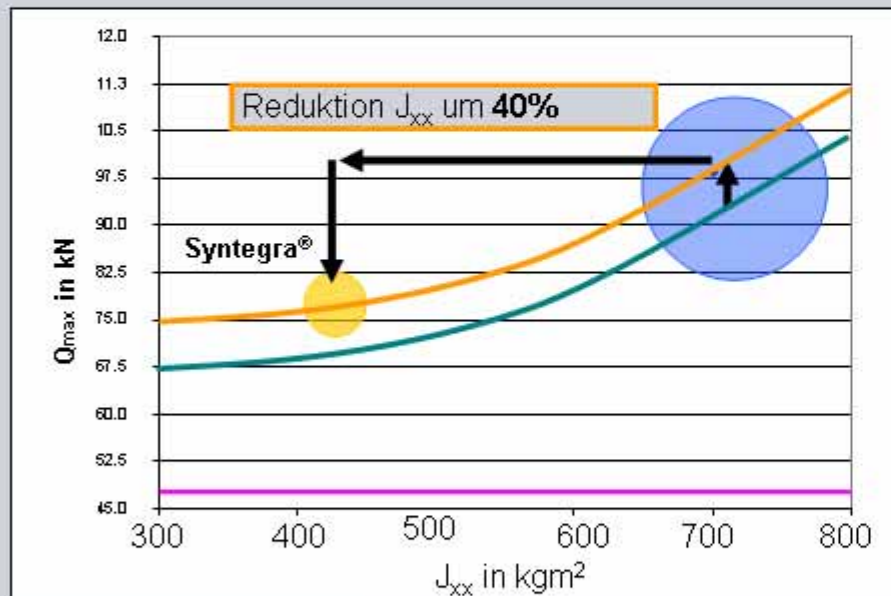


# Syntegra®

- Technologie
- Absicherung
- Vorteile

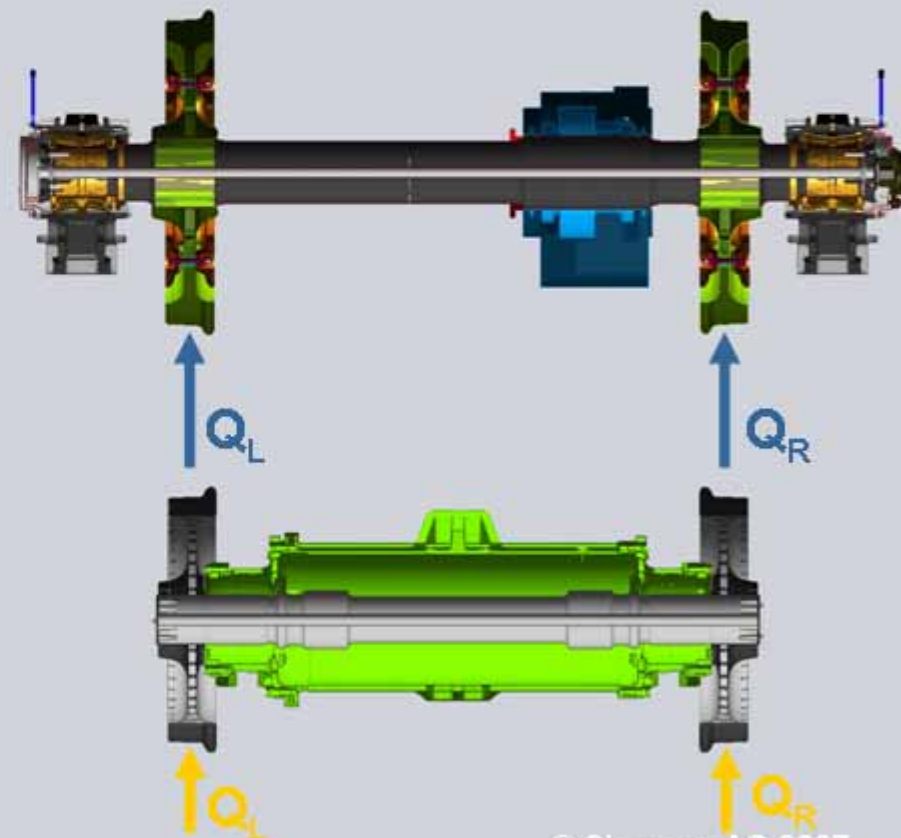
# Geringes Gewicht, kleine Trägheitsmomente führen zu kleinen Gleiskräften

Geringe dynamische Radlasten,  $Q_{dyn}$   
infolge geringer Trägheitsmomente der Radsätze um die Längsachse



Ungefederte Masse — teil Abgefedert  
entsprechend Antrieb — voll Abgefedert  
 $Q_0$

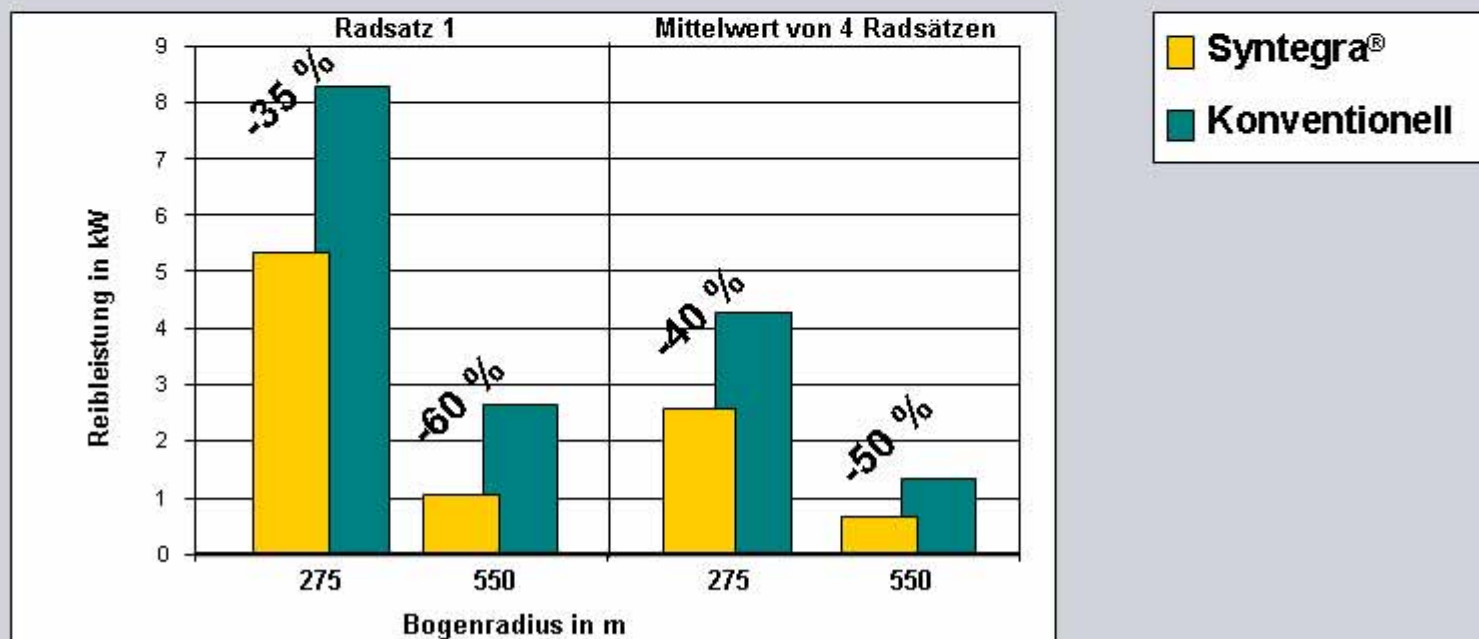
$Q_{max}$  (EN 14363)  
Variation von  $J_{xx}$  des Radsatzes



# Kurzer Achsstand bringt Vorteil bei Bogenfahrt, niedrige Reibleistungen am Rad

Geringer Anlaufwinkel im Bogen zufolge kurzem Achsstand und kleiner Räder

Reibleistungen bei einer typischen Bogenfahrt





## Die Technologie Syntegra® bringt viele Vorteile, die Nutzung ist kundenspezifisch

### Geringe Geräuschemissionen:

- kein Getriebe → kein Getriebelärm
- kein Eigenlüfter → weniger Motorgeräusche
- größere Induktivität → niedrigere PWR- bedingte Anfahrgeräusche

### Vorteile bei der Instandhaltung:

- gekapselter Motor → keine Verschmutzung
- kein Getriebe, Kupplung → kein Ölwechsel
- Einzelantrieb → Radsatz- Reprofilierung individuell möglich



## Durch Syntegra® können die Energiekosten deutlich reduziert werden

	Standard-Triebdrehgestell, Asynchronmotor + Getriebe	Syntegra® -Technologie incl. Massereduktion	Einsparung
Masse des 4-Wagen-Zugs (crush-load)	234,6 t	218,6 t	-6,8%
Rotierende Masse der Treibradsätze	22,4 t	4,8 t	-78%
Gesamte kinetische Masse	257 t	223,4 t	-13%
Anfahr-Drehmoment (1,1 m/s <sup>2</sup> )	5,6 kNm	4,9 kNm	-13%
Antriebsverluste im Fahrspiel	124,6 kWh	87,0 kWh	-30%
Energie-Verluste im Bremsen	190,4 kWh	165,5 kWh	-13%
Gesamter Energie-Verbrauch pro Jahr	1,70 GWh	1,36 GWh	-20%
<b>Gesamte Energiekosten pro Jahr</b>	<b>136.000 EUR</b>	<b>108.800 EUR</b>	<b>-20%</b>

Vergleichsbasis:

- Standard-Fahrzeug mit 4 Wagen
- 8 Triebfahrwerke
- mittlere Beschleunigung 1,1m/s<sup>2</sup>
- DC 750V mit 40% Rückspeisung

**→ Einsparung von 340 MWh bzw. 27.000 € pro Zug pro Jahr!**

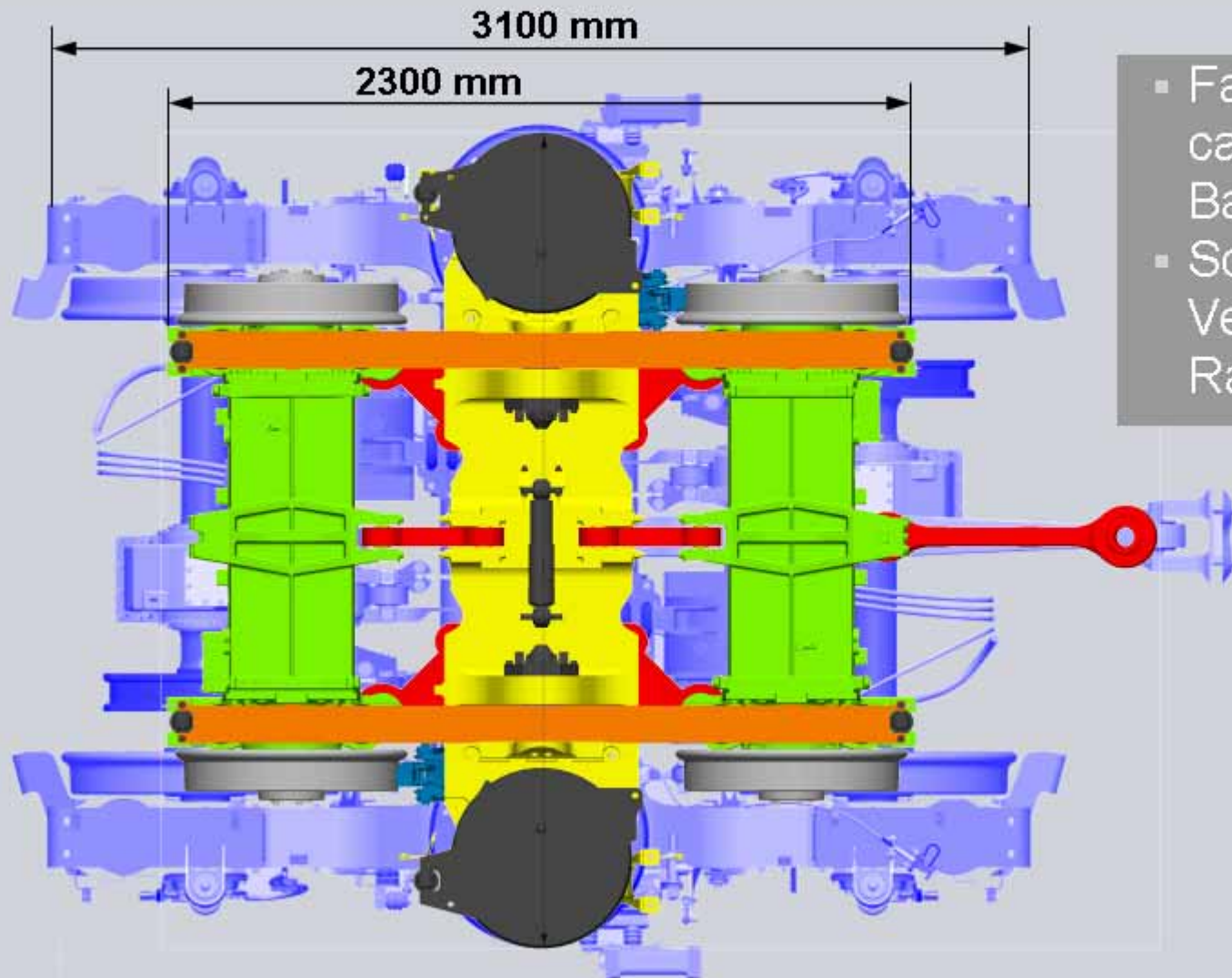
Dies entspricht 235.000 kg CO<sub>2</sub> oder 1,1 Mio Pkw-km oder

dem durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauch von 113 Haushalten.

(Annahme: Bei der Erzeugung von 1 kWh Strom fallen 0,692 kg CO<sub>2</sub> an. 1km Autofahrt erzeugt 0,2 kg CO<sub>2</sub>.)

mittlerer Stromverbrauch deutscher Haushalte 3000 kWh/Jahr)

## Syntegra® baut klein



- Fahrwerke bieten ca. 1 m mehr Bauraum unterflur
- Schalltechnische Verkleidungen der Räder möglich



## Durch hohe Integration hat Syntegra® einen konzeptionellen Gewichtsvorteil von ca. 4 t pro Wagen

**SIEMENS**



Um 4 t mehr Ausrüstung, Klimaanlage, E-Komponenten mit höherem Wirkungsgrad, Einsparung von Maßnahmen zur Gewichtsreduktion,...

oder



Mehrwert durch Mindergewicht und niedrigem Energieverbrauch, Streckenbenützungsgebühren

oder



Um 4 t mehr Zuladung bedeuten ca 50 Personen, entspricht bei einer Metro mit 200 P/ Wagen, +25%

## Syntegra® – ist Realität

