



# Siemens Dual Mode Lokomotiven

Vortrag anlässlich der 47. Grazer Schienenfahrzeugtagung 03.-05. April 2022

# Technische Anforderungen an moderne Passagierloks in den USA

- **US Normen Konformität (CFR, AAR, APTA, PRIIA)<sup>1)</sup>**

- AAR S-580: 800,000 lbs (3,6 MN) 'Buff Strength, Collision- & Corner Posts'
- Emissionstufe Tier IV gemäß 40CFR1033 ab Januar 2015

- **Max. Geschwindigkeit**

- 125 mph am North East Corridor, 110 mph auf einigen Strecken im mittl. Westen

- **Dieselmotorleistung**

- hohe Leistung für hohe Zug- und ZSS- Lasten
- 'Long Distance' (Zuggewicht 750 t) bzw. 'Autotrain' (Zuggewicht  $\geq 3200$  t)
- Intercity
- Commuterbahnen

- **Reichweite**

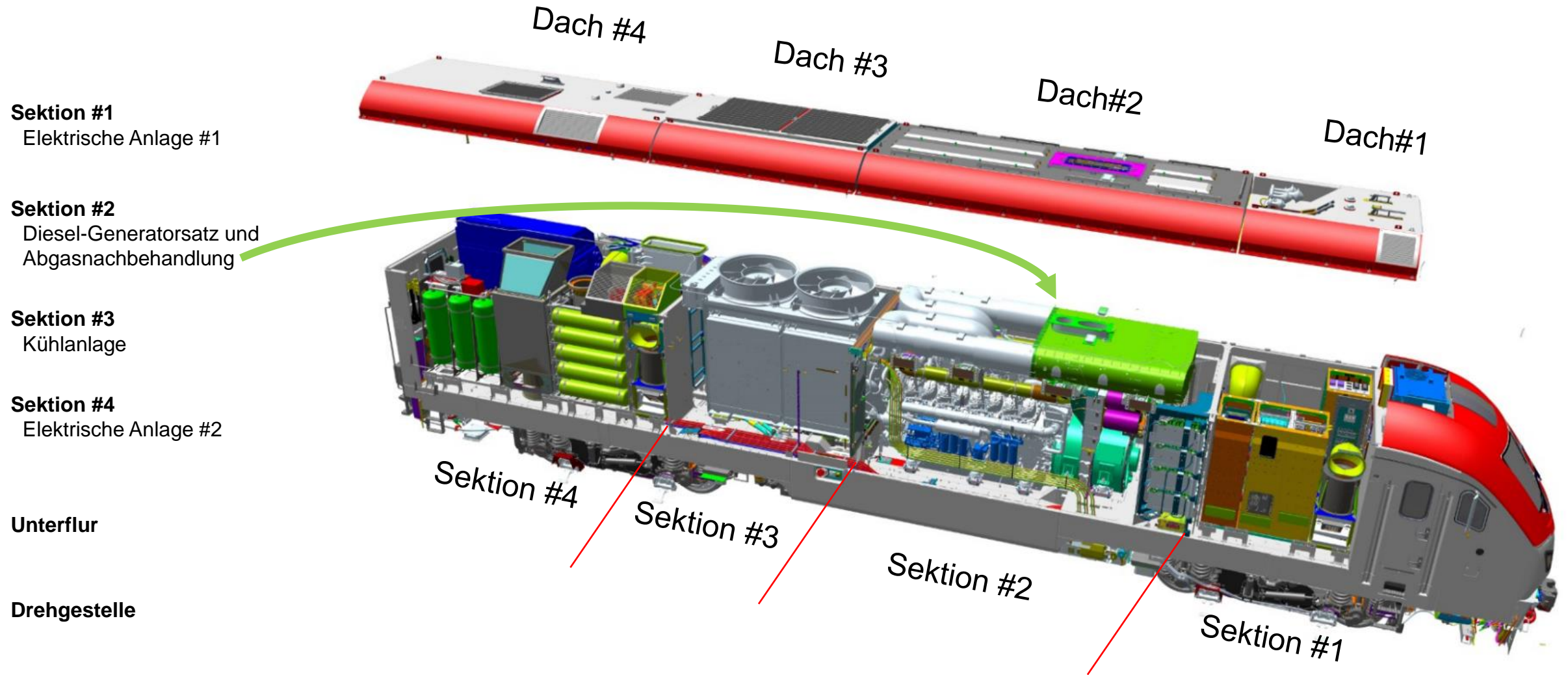
- mehr als 1700 km zwischen Tankstops

		Techn. Daten Charger
Radsatzanordnung		Bo'Bo'
Spurweite	[mm]	1.435
<b>Betriebsmasse</b>	<b>[t]</b>	<b>123</b>
Länge über Puffer	[mm]	21.905
Breite	[mm]	3.111
Höhe	[mm]	4.468
Treibraddurchmesser	[mm]	1.117 / 1.041 (neu/alt)
Umgebungstemperatur	[°C]	-37 bis +42
<b>Höchstgeschwindigkeit</b>	<b>[km/h]</b>	<b>201</b>
Dieselmotorleistung (UIC)	[kW]	3.133
Zugsammelschiene (ZSS) 3 x 480 V / 60 Hz	[kW]	660 oder 1000
Anfahrzugkraft	[kN]	290
Dynamische Bremskraft	[kN]	150
Antriebsart		teilabgefedert
<b>Kraftstoffbehälter</b>	<b>[l]</b>	<b>8.360</b>

<sup>1)</sup> CFR: Code of Federal Regulations  
AAR: Association of American Railroads  
APTA: American Public Transport Association  
PRIIA: Passenger Rail Investment and Improvement Act



# Charger Plattform - Aufbau

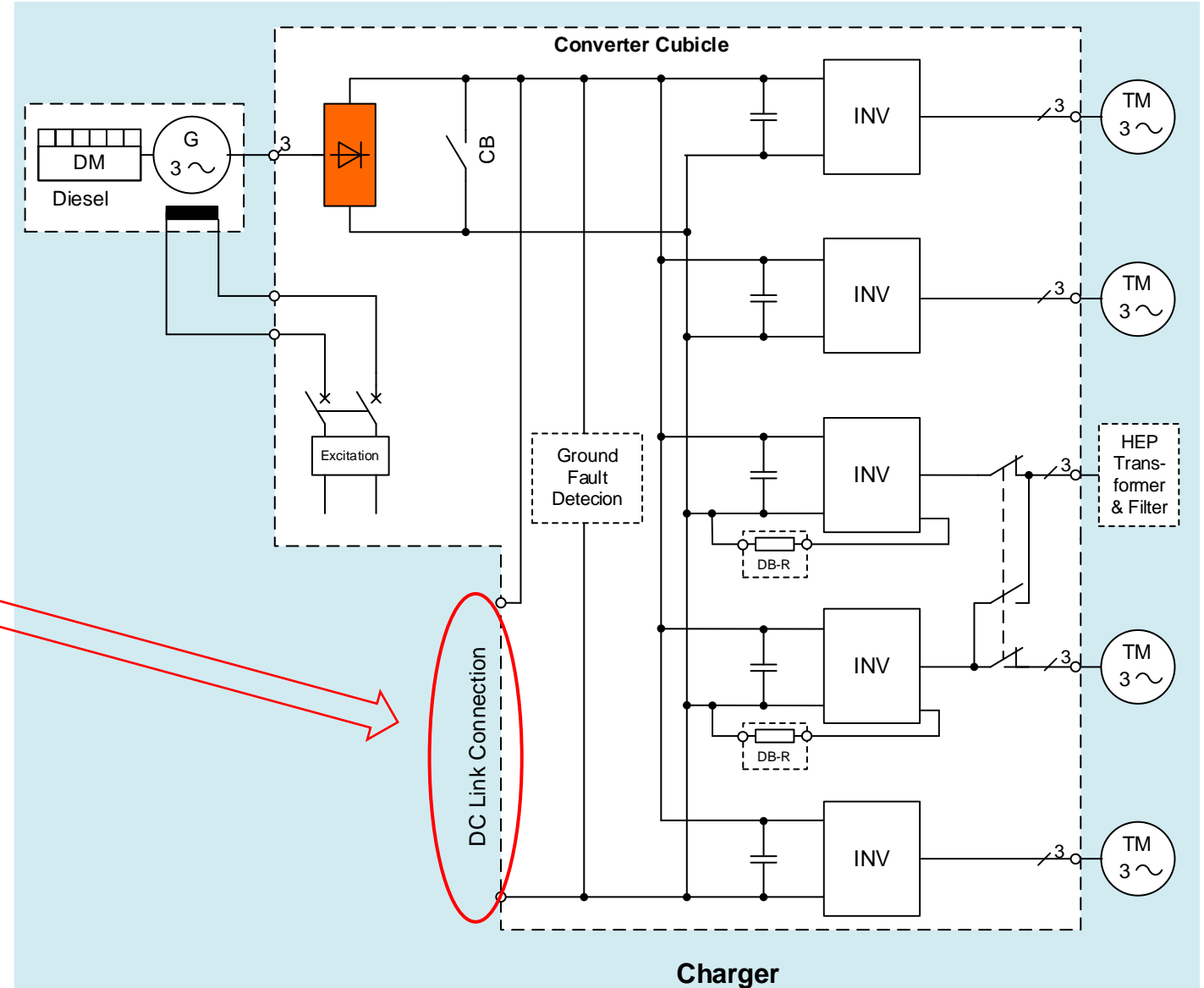


# Siemens Charger

## Elektrisches Prinzipschaltbild Plattform

### Charger Plattform Stromrichter (hellblau unterlegt):

- Achsspeisung
- Stufenlos regelbare dynamische Bremse (DB-R) via Chopper
- **Zwischenkreisanbindung**  
(**'DC Link Connection'**) für:
  - Dual Mode Lok (intern)
  - (APV<sup>1)</sup>) Speisung (extern):
    - Fahrdrachtspeisung
    - Batteriespeisung

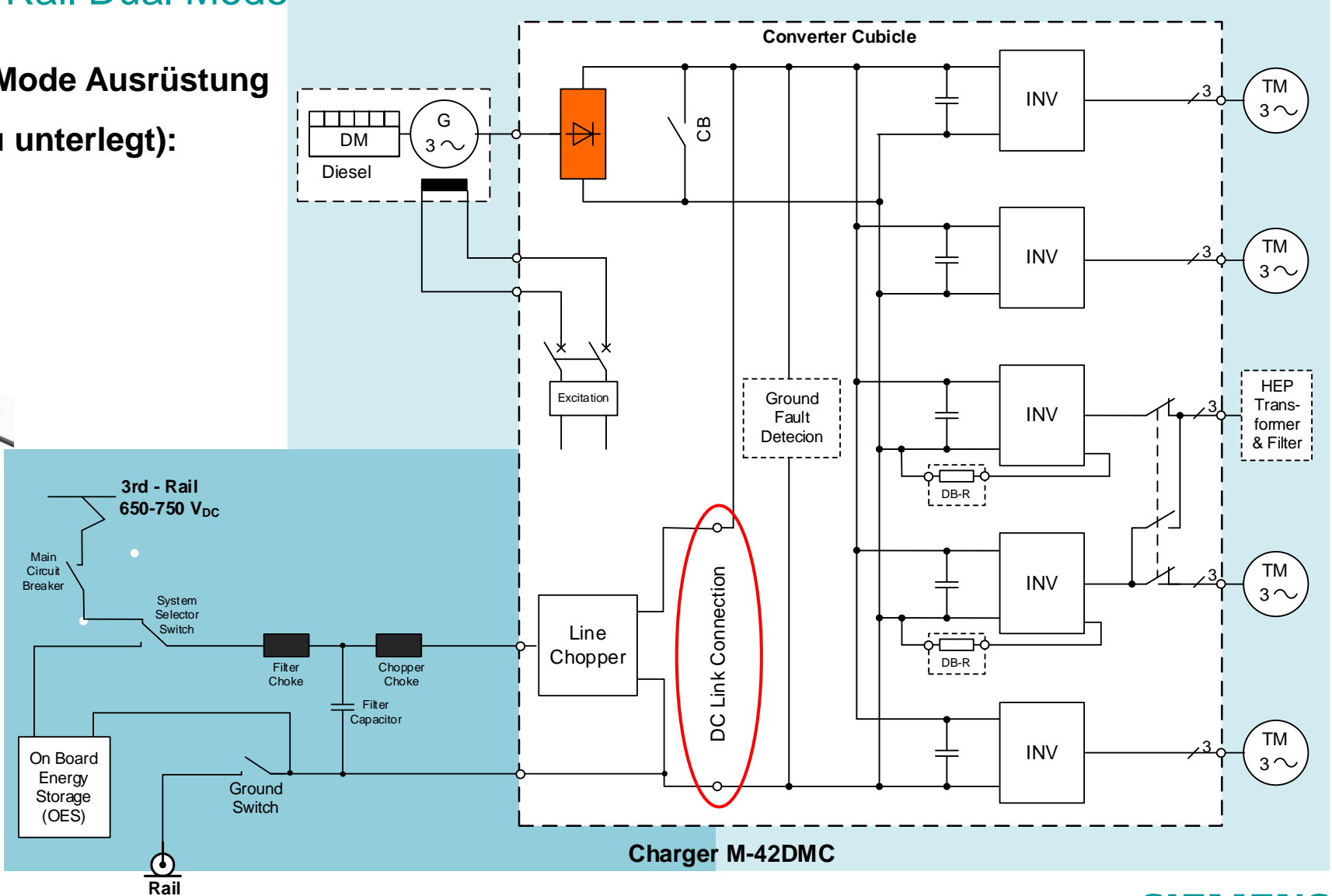


<sup>1)</sup> APV: Auxiliary Power Vehicle

# Siemens Charger

## Elektr. Prinzipschaltbild – 3<sup>rd</sup> Rail Dual Mode

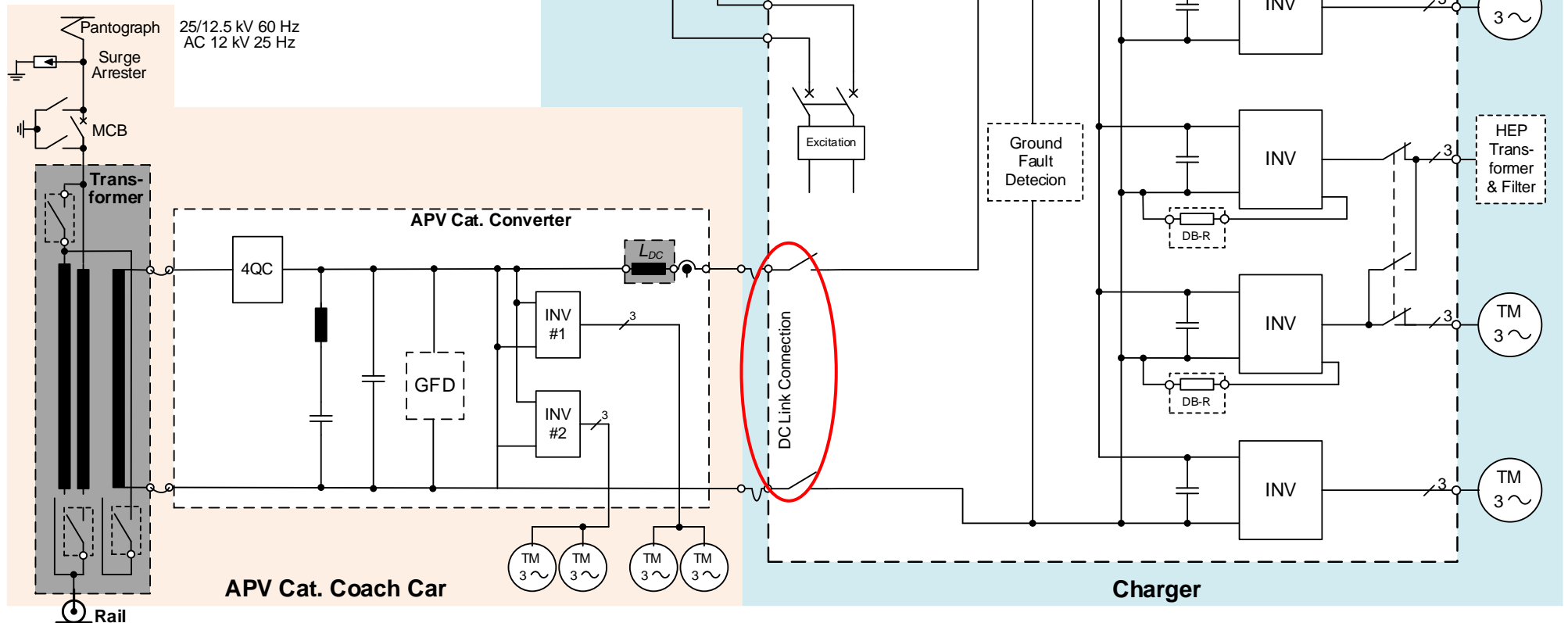
**Stromrichter mit Dual Mode Ausrüstung  
für die 3. Schiene (blau unterlegt):**



# Siemens Charger ALC-42E

## Elektr. Prinzipschaltbild vom APV mit Pantograph

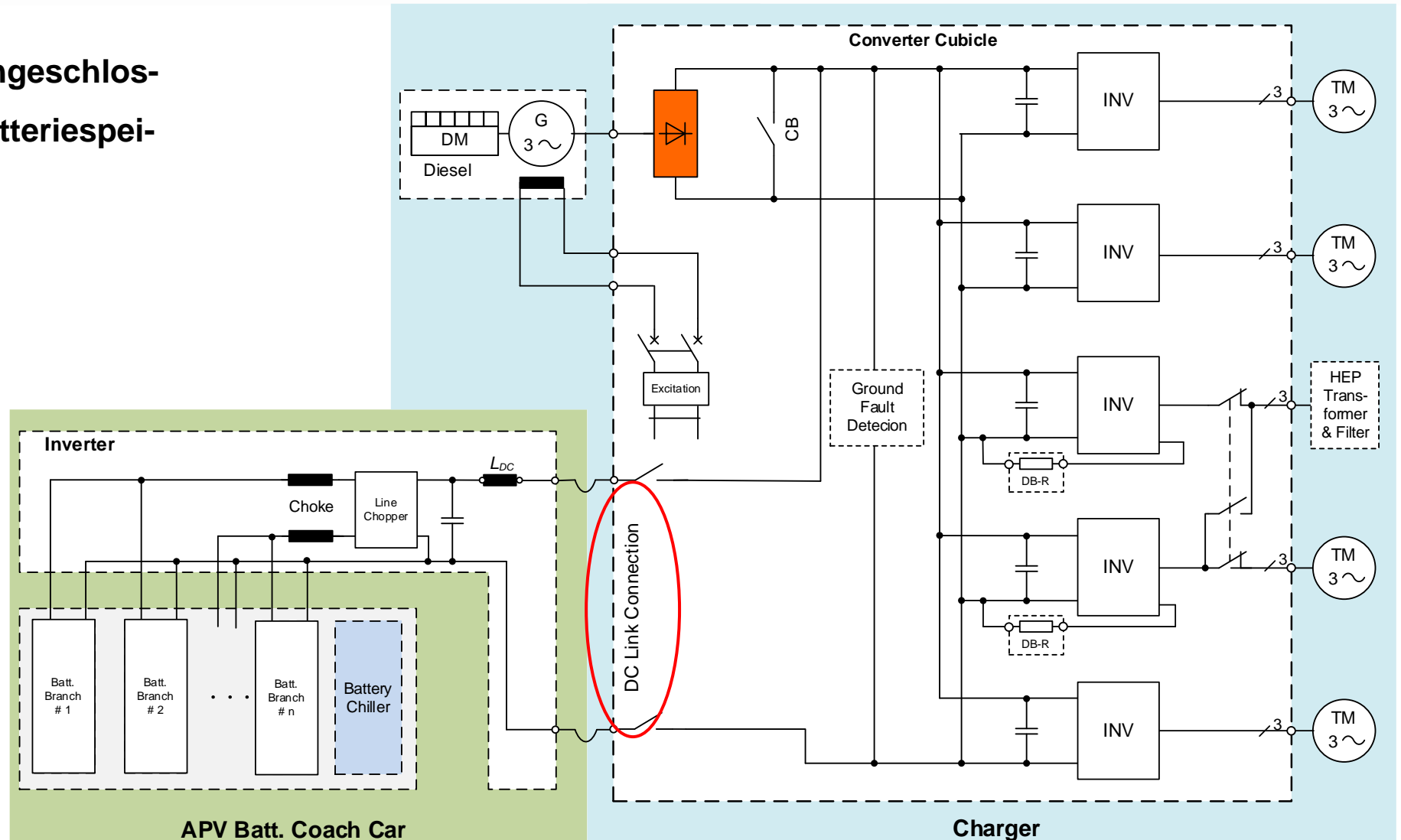
**Charger Stromrichter mit angeschlossenem APV mit Fahrdrachtspeisung (orange unterlegt):**



# Siemens Charger ALC-42E

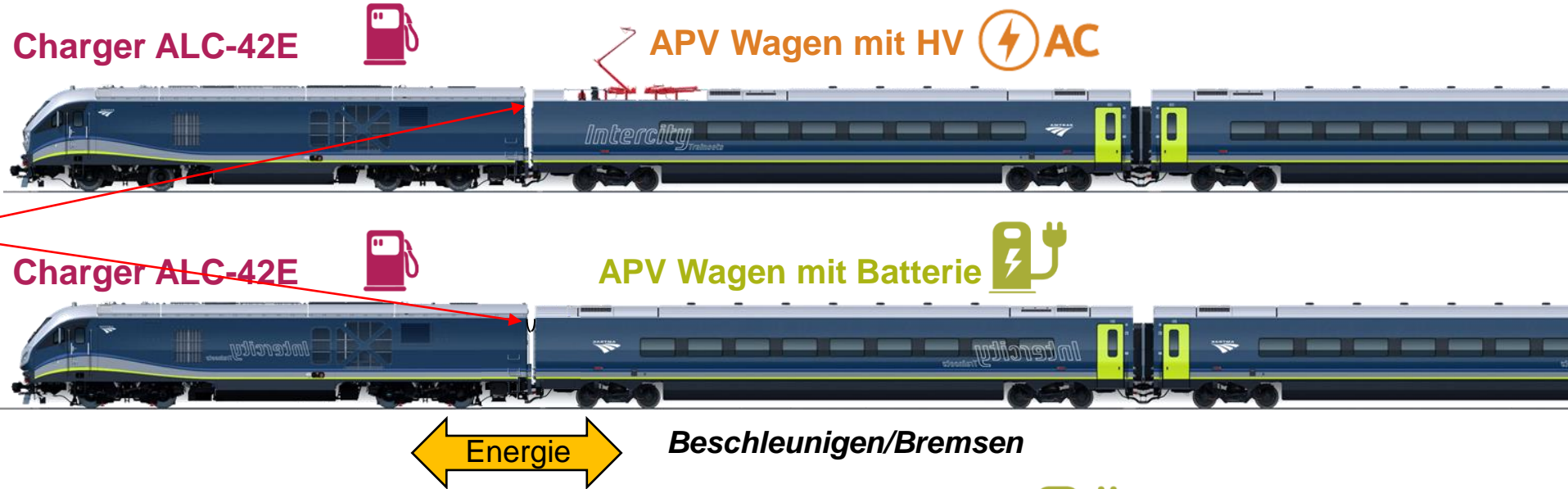
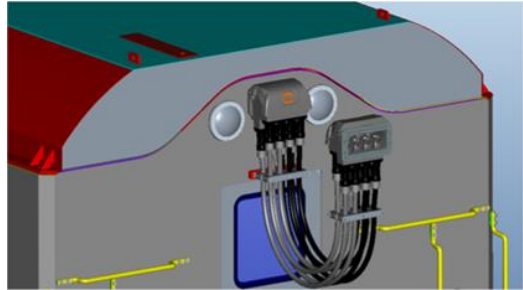
## Elektr. Prinzipschaltbild vom APV mit Traktionsbatterie

**Charger Stromrichter mit angeschlossenem APV mit Traktionsbatteriespeisung (grün unterlegt):**



# Amtrak Intercity Trainsets

## Konfigurationen mit Hochspannungs- (HV) und Batteriewagen



### Fahrdraht Modus:

- Diesel aus
- Fahrdraht speist Transformator auf HV Wagen
- Transformator speist Zwischenkreis im Wagen und ALC-42E



### Batterie Modus:

- Diesel aus
- Batterie speist Zwischenkreis der ALC-42E
- Bremsenergie fließt zurück in die Batterie



### Hybrid / Diesel Modus:

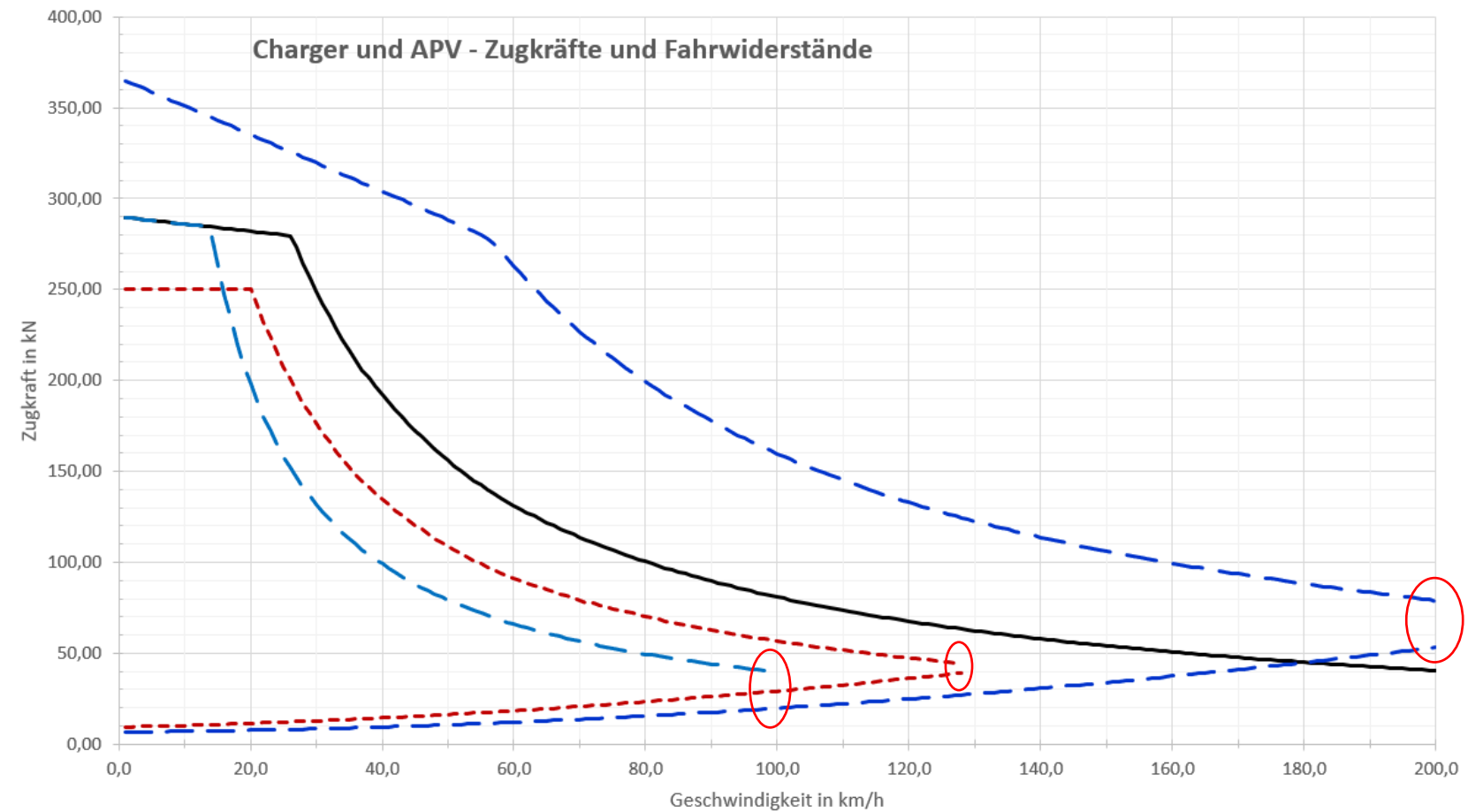
- Diesel läuft, Batterie wird geladen
- Bremsenergie fließt zurück in die Batterie
- Batterie boostert beim Beschleunigen



# Charger Varianten mit und ohne APV

## Leistungs- & Fahrwiderstandskurven

- ALC-42E & APV in Catenary E-Mode
- alle Charger in DE-Mode
- - M-42DMC in 3rd Rail Mode
- - MN specified Train - Resistance (max)
- - Amtrak specified Trainset - Resistance (max)
- - ALC-42E & APV in Batt E-Mode



# Der Vectron Dual Mode Aktueller Status

## Vectron Dual Mode

**66 Lokomotiven bestellt** von 20 Kunden

**21 Lokomotiven ausgeliefert** an 10 Kunden

Kumulierte Laufleistung **>750.000 km**

### Kundenrückmeldung O-Ton:

*"Der Test der neuen Vectron Dual Mode Lok verlief überaus positiv. Die Lokomotive konnte unter anderem im Allgäu vergleichbare Leistungen erbringen **wie eine 6-achsige Lok** älterer Bauart. Das haben wir in der Form nicht erwartet, denn andere 4-achsige Dieselloks haben das nicht geschafft."*

- Der VDM ist integraler **Bestandteil der Vectron-Plattform**
- **Plattform-Weiterentwicklungen und Optimierungen** stehen auch dem VDM zur Verfügung

© Gerfried Moll, ig@tauernbahn.at





# Der Vectron Dual Mode Aktueller Status

## Vectron Dual Mode light

**Rahmenvertrag mit DB Cargo über 400 Lokomotiven (ZKL)**

**Davon bisher 150 Lokomotiven abgerufen**

**Lok 1 in der Inbetriebsetzung**

**Lok 2 in der Endmontage**

**Erste Testfahrten geplant April 2022**

**Abschleppversuche auf der Strecke Köln-Rhein/Main**

- 1 x VDM mit BR101 + BR403
- 2 x VDM (ZKL-Kennlinie) mit BR101 + 2 x BR403
- Anfahrt jeweils bei 40 ‰



## Vectron Dual Mode

### Vergleich der Varianten

	VDM light (ZKL)	VDM
Radsatzlast:	21 t	22,5 t
Streckenklasse:	CM2	D2
Rangierfunktion:	Rangiertritte an beiden Seiten mit Rangierkupplung RK 900, Funkfernsteuerung (DB-spezifisch)	Funkfernsteuerung
Dieselmotorleistung:	950 kW, max. 1119 kW im Boostbetrieb	2400 kW
Abgaseinstufung:	Stage V mit SCR	Stage V mit AGR & DPF
Tankvolumen (nutzbar):	1500 l	2600 l
Anfahrzugkraft:	300 kN	300 kN
Traktionsleistung am Rad:	2210 kW (E-Betrieb) 750 kW, max. 926 kW (im DE-Betrieb)	2400 kW (E-Betrieb) 2000 kW (DE-Betrieb)
Höchstgeschwindigkeit:	120 km/h	160 km/h



## Vectron Dual Mode Ausblick

Frühjahr 2022: Doppeltraktion, Abgasstufe Stage V  
Zulassung in Deutschland



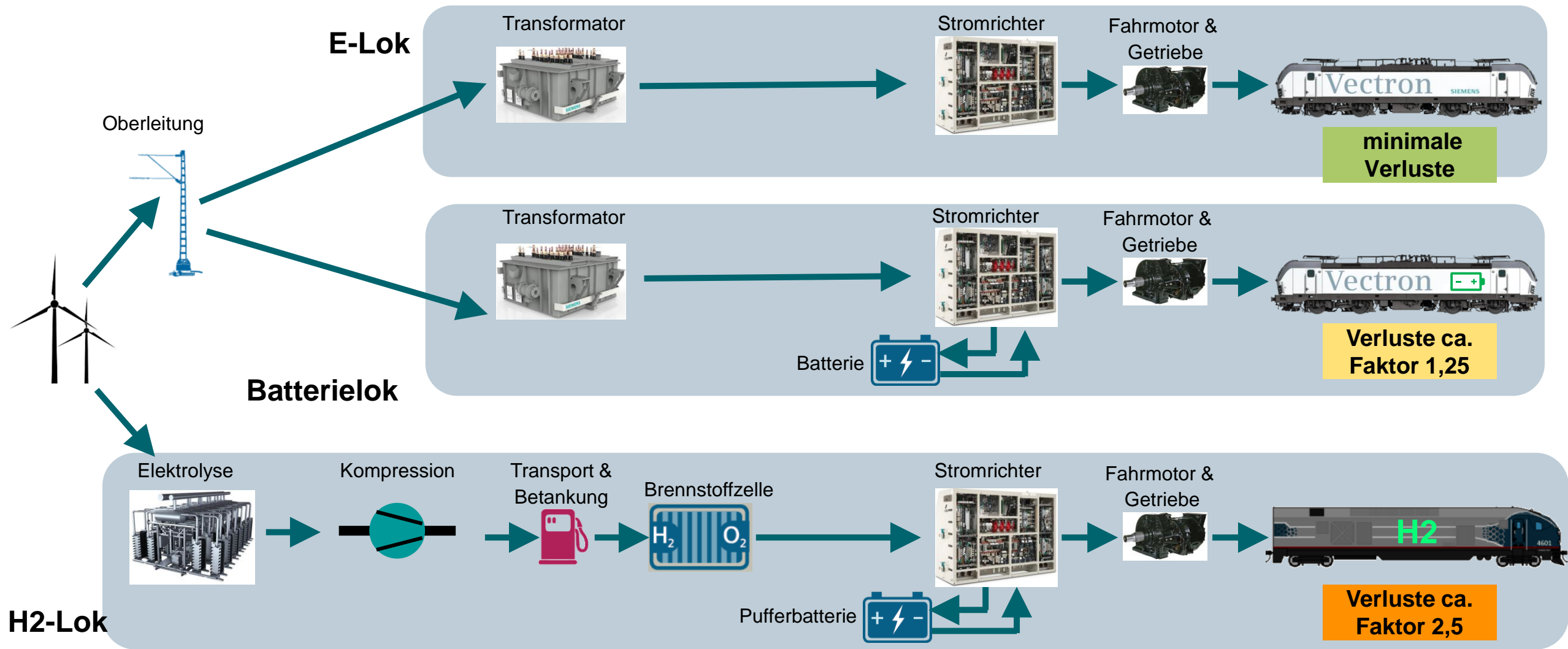
Ende 2024: Integration ETCS BL3.6  
Zulassung in Deutschland / Österreich



Perspektivisch: 2-System elektrisch 15/25kV  
Regio-Variante mit Zugsammelschienenversorgung  
Integration der digitalen automatischen Kupplung

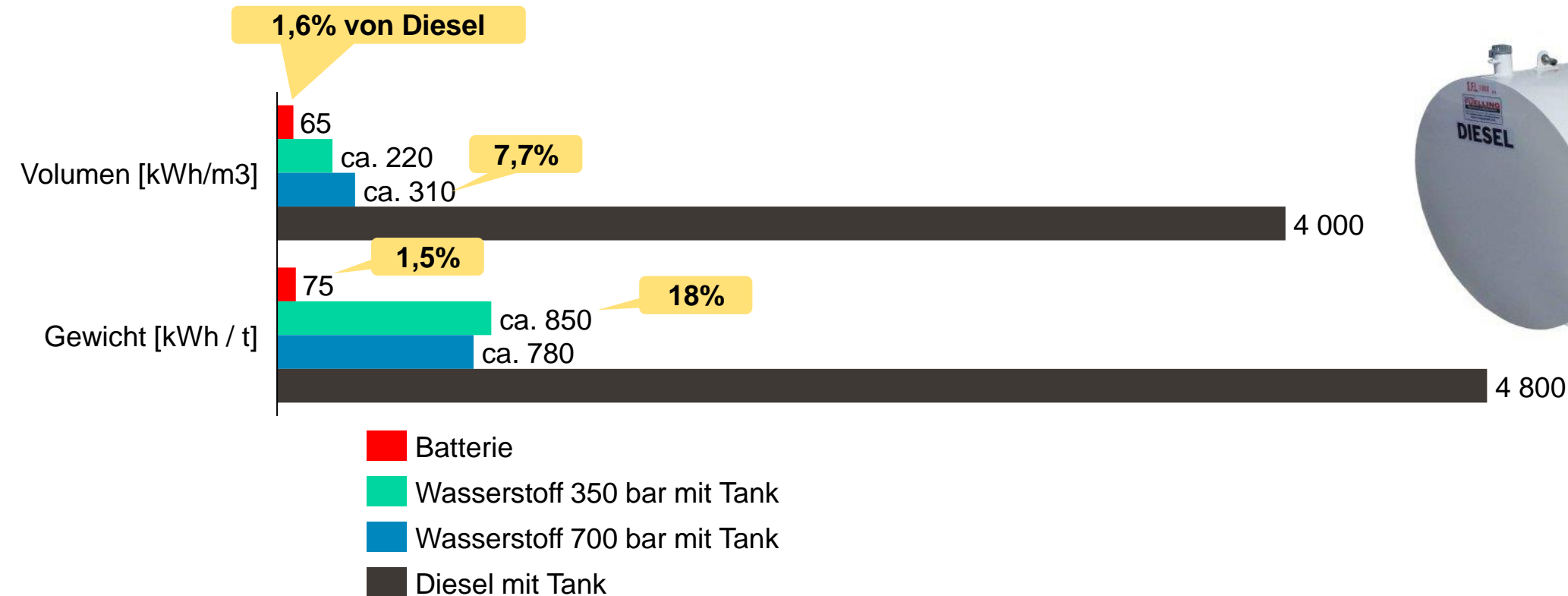
# Herausforderungen alternativer Antriebe

## Wirkungsgrade „well-to-wheel“



# Herausforderungen alternativer Antriebe

## Energiedichte



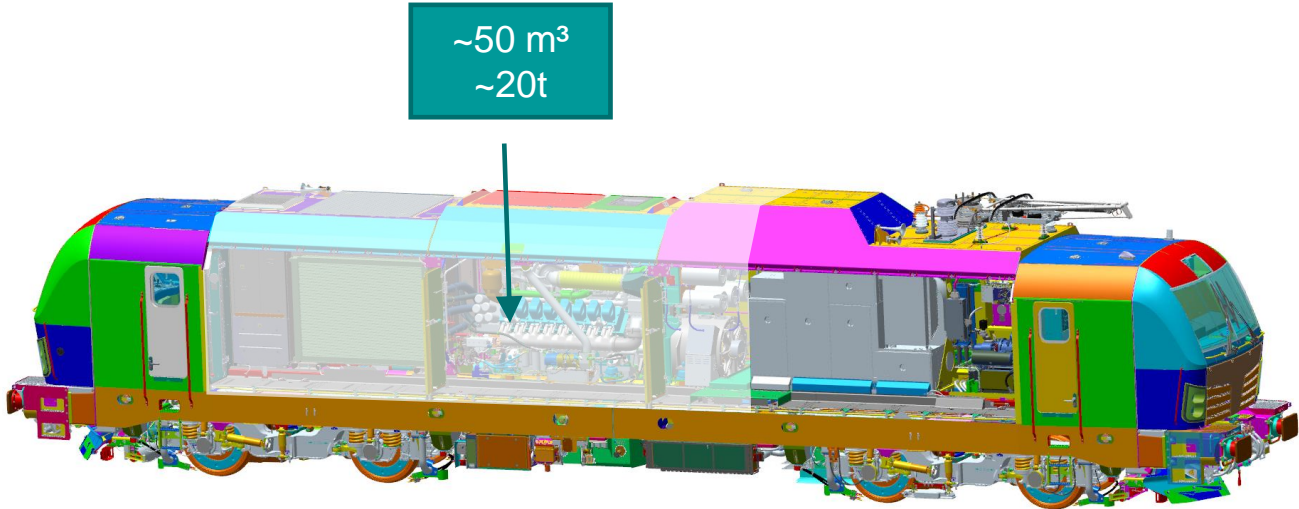
**Begrenzte Speicherkapazität im Fahrzeug erfordert Betrieb mit regelmäßigem Laden bzw. Tanken**

# Machbarkeit alternativer Antriebe für Lokomotiven

## Europa: Vectron Dual Mode mit Batterie

### Zielparameter

- Schwerpunkt: Fahrt unter Fahrleitung
- Dual Mode-Lok: Pantograph + Batterie
- Überbrücken kurzer und mittlerer Distanzen ohne Fahrleitung
- Anfahrzugkraft 300 kN
- Leistung analog *Vectron Dual Mode* (2000 kW) und *Vectron Dual Mode light* (900 kW)
- Laden unter Fahrdraht mit 1..2 MW
- Im Vergleich zu BEMU <sup>1)</sup>:  
Deutlich geringe Anzahl von Zyklen unter Batterie



Gewicht	P <sub>Traktion</sub> mit Batterie	Zellchemie	E <sub>nenn</sub>	E <sub>nutzbar</sub> EoL	Anwendung
<84 t	900 kW	NMC	>1400 kWh	> 900 kWh	min. Achslast
<90 t	2 MW	NMC	>1900 kWh	> 1200 kWh	max. Reichweite
<90 t	2 MW	LTO	>1000 kWh	> 650 kWh	max. Fahrzyklen

<sup>1)</sup> BEMU: Battery-powered Eletrical Multiple Unit

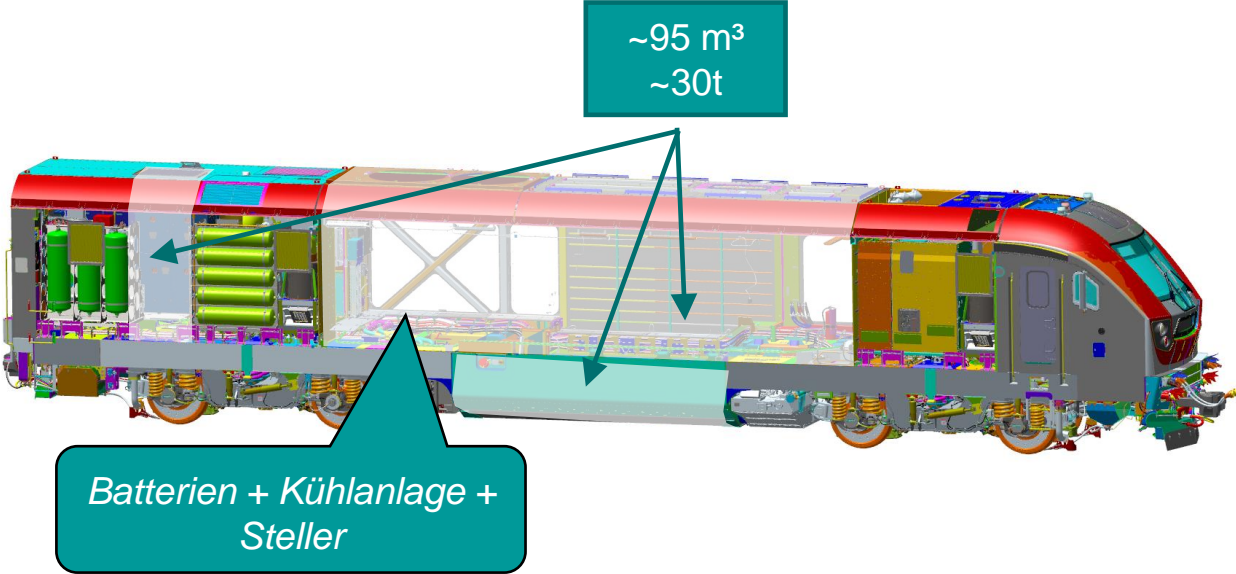


# Siemens-Lokomotiven mit alternativen Antrieben

## Nordamerika: Charger

### Zielparameter

- Personenverkehr nach Fahrplan
- Keine Fahrleitung  
→ max. Energie aufs Fahrzeug
- Ostküste
  - Dual-Mode-Lok: Fahrleitung/Batterie ODER Dritte Schiene/Batterie
- Westküste:
  - Batterie
  - Stationäres Schnellladen
- Leistung analog Charger DE (3000 kW max.)



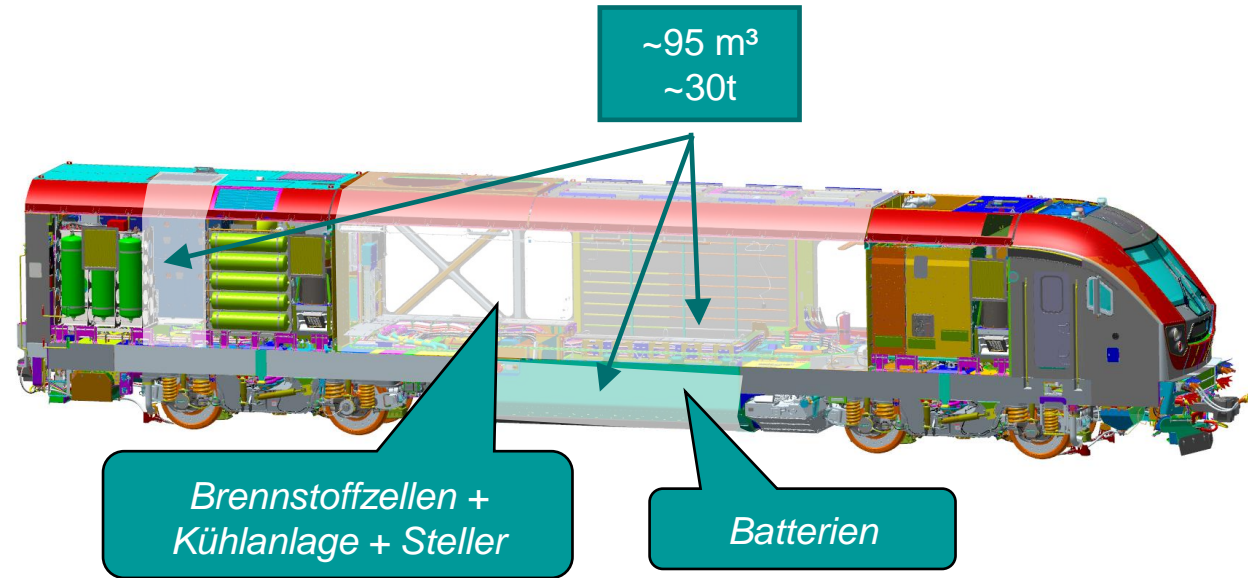
Gewicht	P <sub>Traktion</sub> mit Batterie	Zellchemie	E <sub>nenn</sub>	E <sub>nutzbar</sub> EoL	Anwendung
123 t	3 MW	NMC	>3500 kWh	> 2500 kWh	max. Reichweite
123 t	3 MW	LTO	>2000 kWh	> 1400 kWh	max. Fahrzyklen

# Siemens-Lokomotiven mit alternativen Antrieben

## Wasserstoff

### Zielparameter

- Langstrecke mit Batterien nicht machbar  
→ **Brennstoffzelle**
- Benötigt immer Pufferbatterie
- Benötigt viel freies Volumen für H<sub>2</sub>-Tanks
- Brennstoffzellen: modular >1200kW inkl. Kühlung, Betrieb bei konstanter Leistung
- Pufferbatterie >400 kWh unterflur
- H<sub>2</sub>-Tanks:
  - 350 bar
  - ca. 250kg → 4 MWh  
(SC-44: 6800l Diesel → ~32 MWh)



**Gasförmiger Wasserstoff: deutlich geringere Reichweite im Vergleich zu Diesel  
→ Technologie zur Speicherung von Wasserstoff in Flüssigkeit notwendig**

# Siemens Dual Mode Lokomotiven

## Siemens Charger

Bewährte Technik für den nordamerikanischen Markt



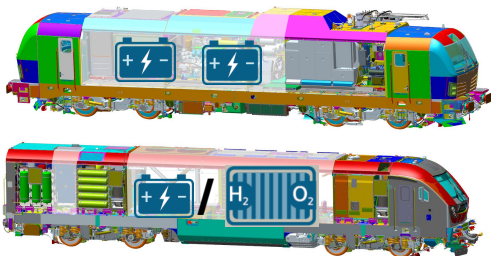
## Siemens Charger 3rd Rail Dual Mode

Innovative Lösung mit Diesel, **dritter Schiene** und **Batterie** für den Notbetrieb



## Zero Emission für Vectron und Charger

Lokomotiven mit alternativen Antrieben **in Serie** verfügbar



2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | ...

## Vectron Dual Mode

Bewährte Technik für den europäischen Markt



## Siemens Charger ALC-42E

innovative Passagierlok mit **Batteriewagen** für abschnittsweise emissionsfreien Betrieb





**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**



# Kontakte



**Dipl.-Ing. (FH) Michael Latour**

Projektleiter Charger-Lokomotiven

E-mail: [michael.latour@siemens.com](mailto:michael.latour@siemens.com)



**Dipl.-Ing. Dipl.-Volksw. Martin Leitel**

Leiter Engineering Lokomotiven

E-mail: [martin.leitel@siemens.com](mailto:martin.leitel@siemens.com)



**Dr.-Ing. Moritz von Zimmermann**

Leiter Engineering Traktionsausrüstung

E-mail: [moritz.von\\_zimmermann@siemens.com](mailto:moritz.von_zimmermann@siemens.com)