



# UNTER STROM AUF DER SCHIENE - AUCH OHNE OBERLEITUNG DIE ROLLE DER ENERGIE ZUFÜHRUNG

Matthias Wimmel, 29.11.2023

**STADLER**

# KURZVORSTELLUNG

## MATTHIAS WIMMEL



### VITA

- 1964 geboren in Kassel
- 1983 –1987 Bundeswehr / Luftwaffe
- 1987 - 1995 Studium Maschinenbau in Darmstadt
- 1995 - 1997 ABB Henschel Waggon Union in Siegen / Berlin  
Firma fusioniert zu ADtranz
- 1997 - 1999 Hübner Übergangssysteme in Kassel
- 1999 - 2002 Bombardier in Nürnberg (Tram)
- 2002 - 2023 Stadler Projektierung in Berlin
- 2023 Stadler Produktmanagement in Berlin

# STADLER RAIL GROUP

## STADLER IN DEUTSCHLAND

Schweiz	Deutschland	Zentraleuropa	Spanien	Signalling	Komponenten	Service
						
Bussnang	Pankow	Siedlce (PL)	Valencia ERION ERION (F)	Wallisellen (CH)	Winterthur (CH)	Algerien Dänemark Deutschland Finnland Frankreich Georgien Italien Kasachstan Niederlande Norwegen Österreich Polen Portugal Russland Serbien Schweden Schweiz Spanien Türkei UK Ungarn USA
						
Rheintal	Chemnitz	Prag (CZE)		Fehraltorf (CH)	Biel (CH)	
						
Salt Lake City (USA)	Velten	Minsk (BLR)		Braunschweig (DE)	Szolnok (HUN)	
						
	Hennigsdorf	Astana (KAZ)		Mannheim (DE) Olten (CH) Oensingen (CH) Vufflens la Ville (CH)	Środa (PL)	

Konsolidierter Umsatz 2022: ca. CHF 3.8 Mia.  
Anzahl Mitarbeiter: ~ 13 500

---

## 01 Akkufahrzeuge im Zeitstrahl

Historischer Rückblick – Akkufahrzeuge vergangener Zeiten

Moderne Akkufahrzeuge – STADLER FLIRT

Wesentliche fahrzeugseitige Unterschiede – Damals und heute

## 02 ...Auch ohne Oberleitung... Oder: Welche Rolle spielt die Oberleitung ?

Schnell Ladefähigkeit moderner Li-IO Energiespeicher

Die Rolle der Oberleitung

Moderne zeitgemäße Betriebsszenarien

Grenzen, Limits, Denkanstöße

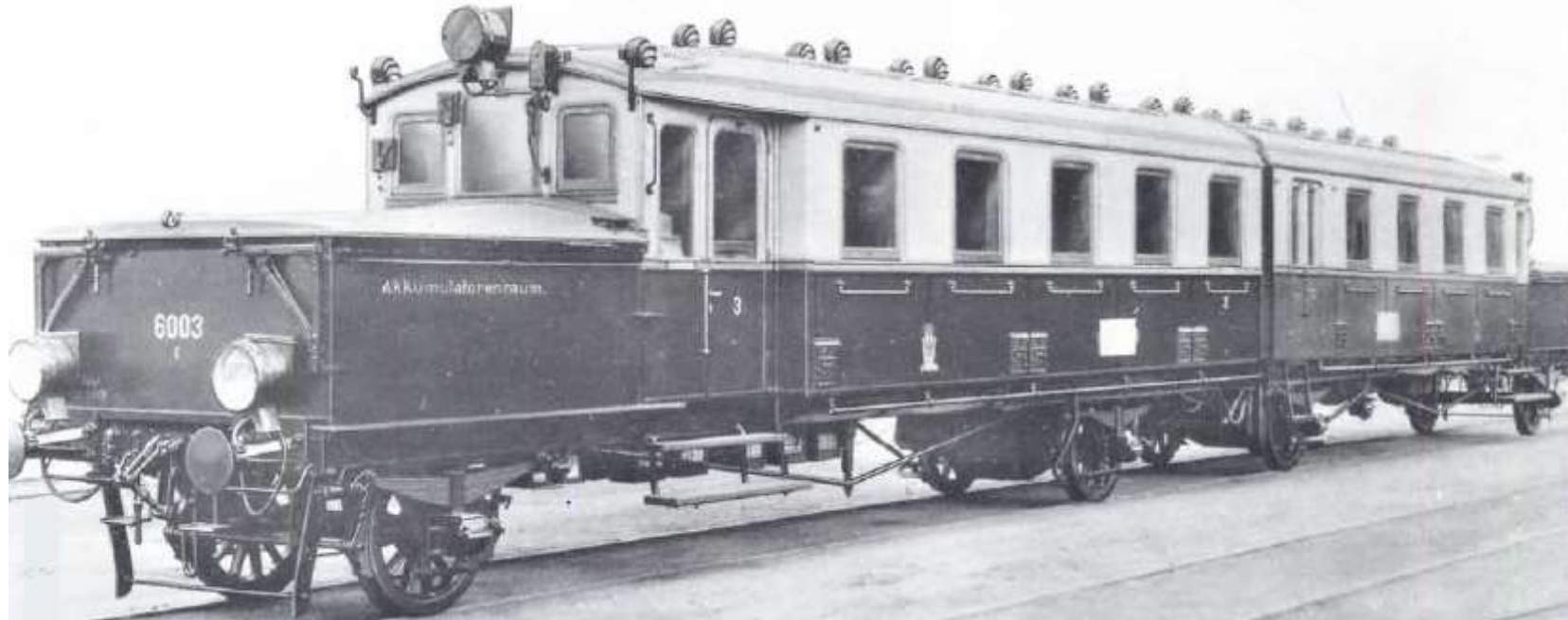
## 03 Fazit

01

Akkufahrzeuge im Zeitstrahl

# 01. AKKUFahrzeuge IM ZEITSTRAHL

## DIE WITTFIELD TRIEBWAGEN

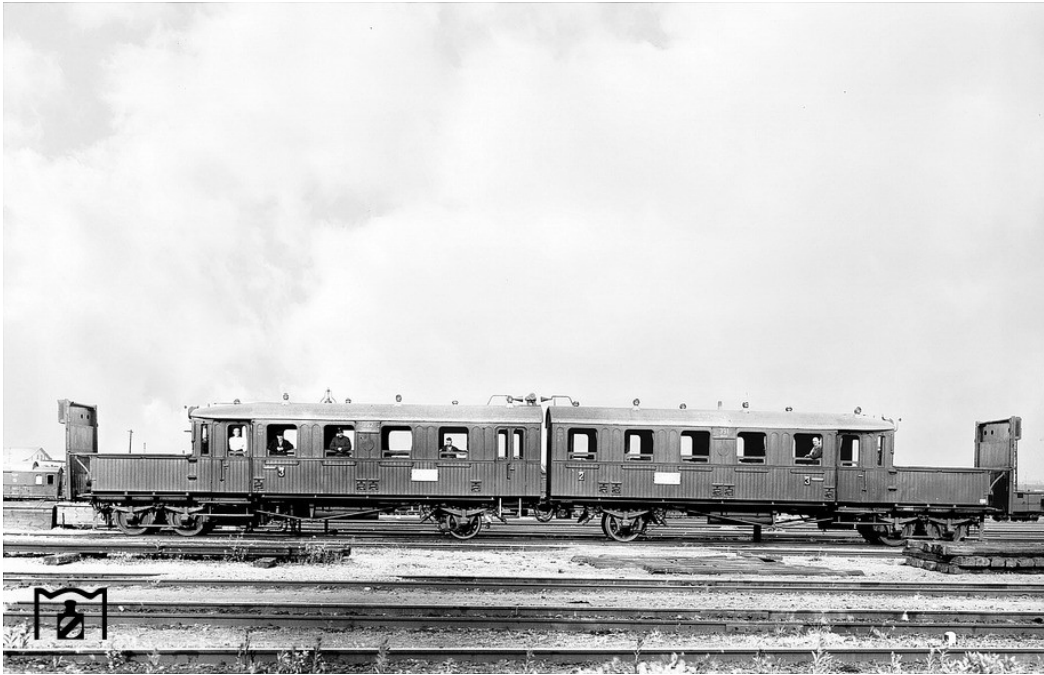


Wittfield-Akkutriebwagen waren die ersten in Deutschland in Serie eingesetzten Triebwagen, die komplett auf die Energieversorgung durch bordeigenen Akkumulatoren ausgelegt waren. Es wurden Blei - Schwefelsäure Akkus eingesetzt.

*Die Abbildung zeigt eines der ersten Vorserienfahrzeuge (Bau ab 1907) Quelle: Eisenbahn-Journal 11/1989*

# 01. AKKUFahrzeuge IM ZEITSTRAHL

## DIE WITTFIELD TRIEBWAGEN



Gewicht: ca. 60 t  
 Höchstgeschwindigkeit 60 km/h.  
 Batteriemasse und Reichweite wurden im Laufe der Zeit gesteigert.  
 Lebenserwartung Batterie: ca. 4 Jahre

Typ	VGC 185	6 GC 185	6 GC 235	8 TM 450	8 TM 645
Baujahr	1908	1912	1913	1913	1923
Kapazität in Ah	420	504	642	633	920
Energieinhalt in kWh	134	160	204	201	293
Entladespannung in V	318	318	318	318	318
Batteriemasse in t	18	20	25,5	19	23,5
Spez. Masse in kg/Ah	42,86	39,68	39,72	30,02	25,65
max. Fahrbereich in km für zweiteilige Fahrzeuge	100	130	280	165	300

Nur einige wenige Fahrzeuge erhielten „Nebenschlussmotoren“ und konnten die Bremsenergie zum Aufladen der Akkus nutzen.

Das hohe Gewicht der Akkumulatoren unter dem Vorbau, machte schnell den Einbau einer zusätzliche Laufachse erforderlich, um die Radsätze, wie auch den Streckenunterbau nicht zu überlasten

*Die Abbildung zeigt ein frühes Fahrzeug mit sichtbarer Holzverkleidung (AT 393 / AT 394) Quelle: www.marklinfan.net*

# 01. AKKUFahrzeuge IM ZEITSTRAHL

## DIE WITTFIELD TRIEBWAGEN



Abbildung: Serienfahrzeug mit Blechverkleidung Quelle: www.marklinfan.net

Die Wagenkästen in Holzkonstruktion, bei den meisten Fahrzeugen mit Blechverkleidung.  
Die Fahrzeuge haben sich bewährt. Das letzte Fahrzeug fuhr bis 1962.

Heizung: von außen bestückter Brikettofen  
„Air-Condition“ gab es noch nicht.  
Im Sommer wurden die Fenster geöffnet.



Seitlicher Brikettofen Quelle: www.bahnfotokiste.de



# 01. AKKUFahrzeuge IM ZEITSTRAHL

## DIE BAUREIHE 515



*BR 515 in weinroter Lackierung* Quelle: [www.bahnfotokiste.de](http://www.bahnfotokiste.de)

**Die nächste größere Serie:**  
ETA 150 (später Br 515)  
Von DB ab 1955 entwickelt & beschafft

232 Motorwagen  
216 Steuerwagen

Einsatz: kurze Nebenstrecken.

Gewicht Motorwagen 50-55t

Einsatz bis 1995

# 01. AKKUFahrzeuge IM ZEITSTRAHL

## DIE BAUREIHE 515



*BR 515 in oceanblau-beiger Lackierung mit geöffneten  
(geplünderten) Batteriefächern* Quelle: [www.bahnfotokiste.de](http://www.bahnfotokiste.de)

Unter Strom auf der Schiene | M. Wimmel | © Stadler 2023. Alle Rechte vorbehalten. | 11.2023

Keine Vervielfältigung, Verwendung oder Weitergabe an Dritte ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung. | Diese Informationen können ohne Ankündigung geändert werden.

Antriebsleistung 2 x 100 kW  
Höchstgeschwindigkeit 100 km/h.

Batterie: Blei Säure Akkus

Batteriekapazität 352 kWh bis 603 kWh  
Reichweiten von 300 bis 500 km  
(je nach Batterie)

Batterie Anordnung in Fahrzeugmitte  
unterflur

Spitznamen wie „Akkublitz“, „Säurekübel“,  
„Heulboje“, „Taschenlampen-Express“  
oder „Hängebauch Schwein“.

# 01. AKKUFahrzeuge IM ZEITSTRAHL

## DIE BAUREIHE 515



*Innenraum BR 515* Quelle: [www.bahnfotokiste.de](http://www.bahnfotokiste.de)

Heizung: zentral mit einem Ölbrenner.

Auch hier war eine Klimaanlage nicht vorgesehen.

Geöffnete Fenster genügten im Sommer den Ansprüchen.

Diese Hochflurfahrzeuge waren noch nicht barrierefrei.  
Ansprüche dazu sollten sich erst später entwickeln.

# 01. AKKUFahrzeuge IM ZEITSTRAHL

## STADLER FLIRT BEMU

Willkommen in der Gegenwart. Stadler präsentiert den FLIRT BEMU (**B**attery **E**lectric **M**ultiple **U**nit)



FLIRT AKKU Testträger - (hier auf einer Präsentation auf der Heidekrautbahn)...

# 01. AKKUFahrzeuge IM ZEITSTRAHL

## STADLER FLIRT BEMU

FLIRT BEMU (Battery Electric Multiple Unit)



Serienfahrzeuge für das Pfalznetz (170 Sitzplätze)

Serienfahrzeug für Schleswig Holstein (123 Sitzplätze)

**Freuen Sie sich auf einen kurzen Filmbeitrag, der Ihnen die Fahrzeuge vorstellt.**

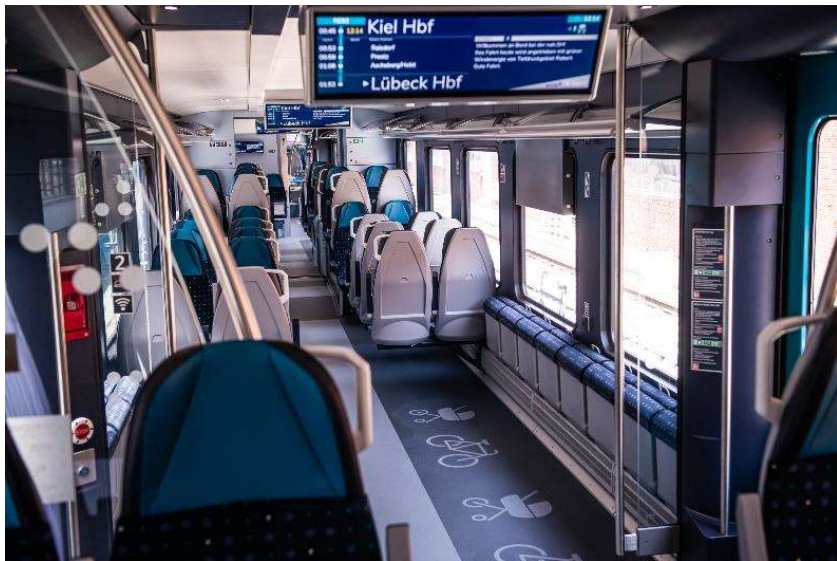
# 01. AKKUFahrzeuge IM ZEITSTRAHL

## STADLER FLIRT BEMU

Was unterscheidet diese neue Generation von Akkufahrzeugen von ihren Vorgängern ?

### der Komfort

- Elektrische Heizung und Klimatisierung
- Barrierefreie Gestaltung, Rollstuhlzugang mit Niederflureinsteigen, großzügige Fahrrad-Stellflächen.
- Infotainmentangebot mit großen Monitoren, Steckdosen, Passenger W-LAN



Alle diese System erzeugen zusätzlichen elektrischen Verbrauch

Unter Strom auf der Schiene | M. Wimmel | © Stadler 2023. Alle Rechte vorbehalten. | 11.2023

Keine Vervielfältigung, Verwendung oder Weitergabe an Dritte ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung. | Diese Informationen können ohne Ankündigung geändert werden.

# 01. AKKUFahrzeuge IM ZEITSTRAHL

## STADLER FLIRT BEMU

Was unterscheidet diese neue Generation von Akkufahrzeugen von ihren Vorgängern ?

### Antrieb mit Traktionsbatterie

- BEMU – Der Name sagt es bereits – Dieser Zug ist ein E-Triebzug und ein Batterie Triebzug
- Traktions-Leistung und Fahrdynamik: Leistung bis 1500 kW
- Höchstgeschwindigkeit 140 km/h bis 160 km/h

### Die möglichen Lade-Strategien

- Laden über Stecker (Fremdeinspeisung)
  - mit 3x400V und / oder
  - 1000V UIC Stecker
- Laden bei Fahrt und im Stand unter Oberleitung



FLIRT SH beim Laden Quelle: Drehscheibe online.de (Udo Allenseuer, Alex Holste)

02

Die Rolle der Oberleitung



## 02. DIE ROLLE DER OBERLEITUNG SCHNELL-LADEFÄHIGKEIT MODERNER LI-IO ENERGIESPEICHER

### Reichweiten mit einer Batteriefüllung

- Wittfeld Triebwagen: bis zu ca. 300 km ( $V_{\max}$  60km/h)
- BR 515 300 bis 500 km ( $V_{\max}$  100km/h)
- STADLER FLIRT gut 200 km ( $V_{\max}$  140 bis 160 km/h)

Anmerkung: Betrieblich wird die max. Reichweite nur ca. 50% ausgenutzt

### • Nachladen



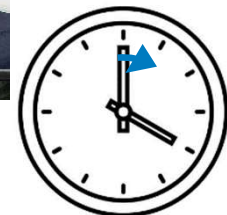
BR 515 beim Laden Quelle: der-lustige-modellbauer.com

Zeitbedarf für Laden 6-8h



FLIRT SH beim Laden Quelle: Na.SH (Boy)

Zeitbedarf für Laden 20-30 Min

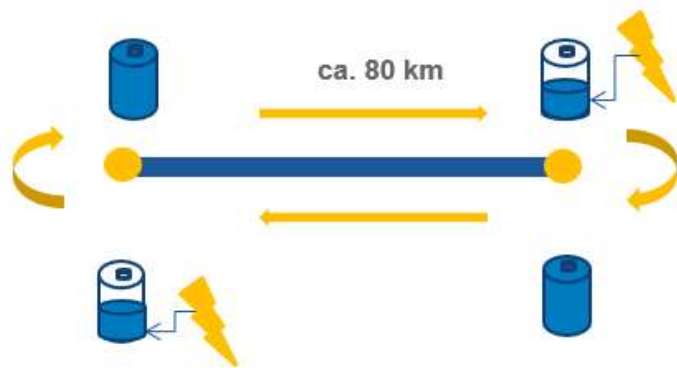


Dies ist der entscheidende Unterschied

Mehrfache Nutzung der Akkukapazität an einem Tag ist möglich

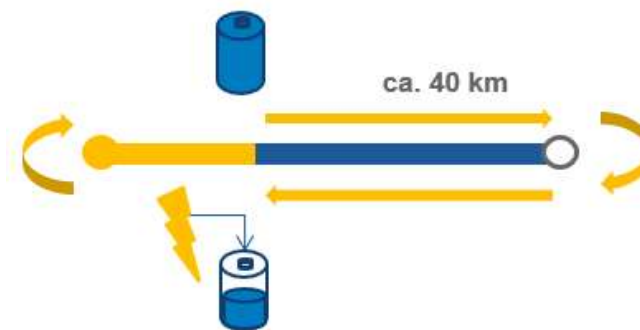
## 02. DIE ROLLE DER OBERLEITUNG MODERNE ZEITGEMÄßE BETRIEBS-SZENARIEN

Typische Einsatzbedingung (Deutschland) für ein Akkufahrzeug



### Szenario: Elektrifizierte Wendebahnhöfe

- Haltezeiten/Puffer konzentriert an Start- und/oder Endbahnhöfe
- Wendezeit ausreichend für betrieblich notwendige Aufladung



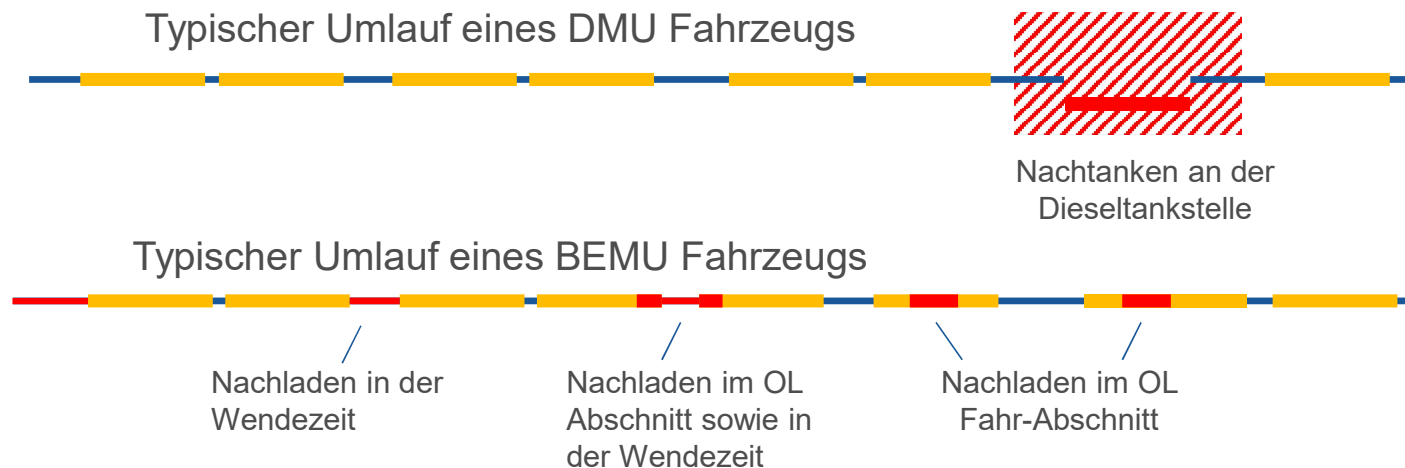
### Szenario: Teilelektrifizierte Strecke

- Aufladung der Batterie während der Fahrt und Wendezeit unter Oberleitung
- Fahr- und Wendezeit reicht für Aufladung aus

## 02. DIE ROLLE DER OBERLEITUNG

### MODERNE ZEITGEMÄßE BETRIEBS-SZENARIEN

#### Umdenken bei der Planung



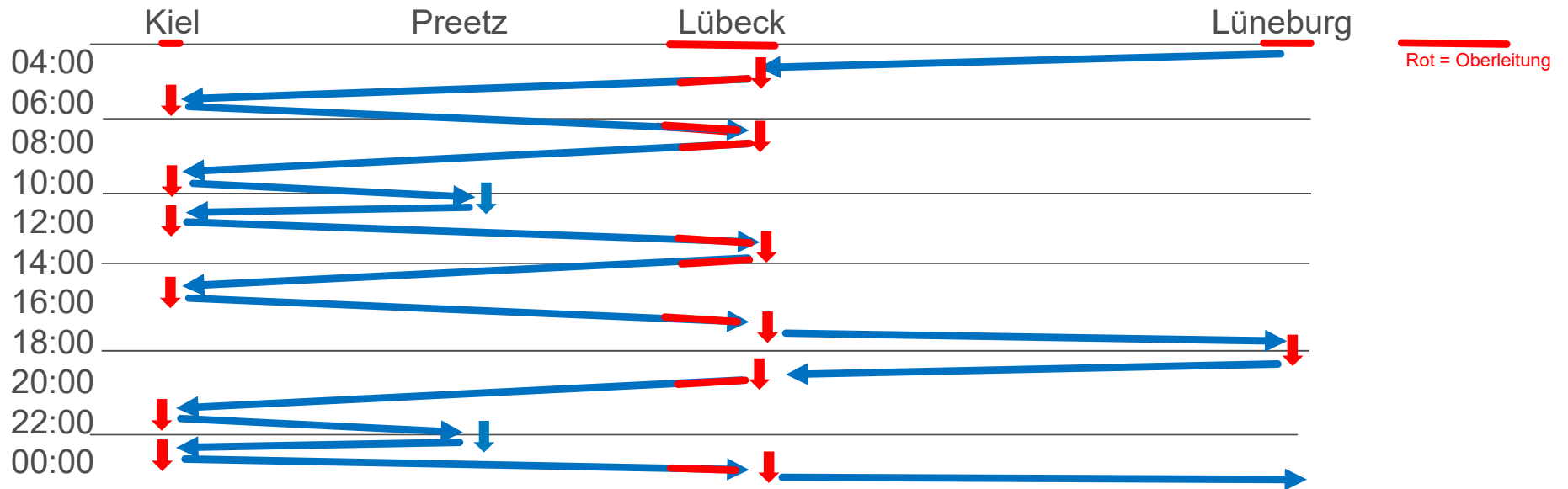
#### Anpassungen

- Die Energienachführung wird in den laufenden Betrieb eingebunden
- Der längere Halt eines DMU Fzg. mit laufenden Motoren an den Wendebahnhöfen ist ungünstig
- BEMU Fahrzeuge benötigen bevorzugt mehr Zeit an den Wendebahnhöfen, wenn dort OL vorhanden ist

**Die Ladeszenarien müssen für jede Umlaufplanung individuell bewertet werden.**

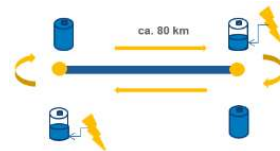
## 02. DIE ROLLE DER OBERLEITUNG MODERNE ZEITGEMÄßE BETRIEBS-SZENARIEN

Betriebsszenarien Beispiel



Typische Strecke:

- 80 km
- 10 Zwischen Stationen
- 1h bis 1h30h Durchfahrzeit
- 15-30 Min Wendezeit zum Laden



**Die Strecke wird täglich bis zu 13 mal durchfahren !!!**

→ **Tagesleistungen um 1000km**

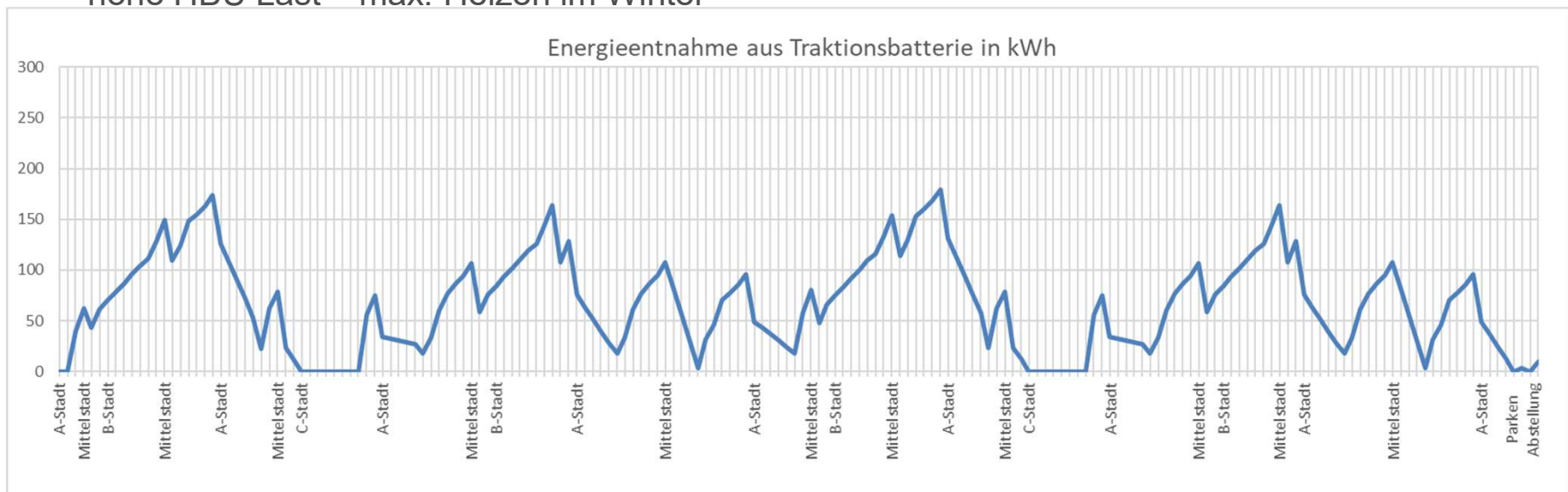
## 02. DIE ROLLE DER OBERLEITUNG MODERNE ZEITGEMÄßE BETRIEBS-SZENARIEN

### Überprüfung Betriebsszenarien – Befahrbarkeit

Die geplanten Tagesumläufe werden komplett durchgespielt.

Dazu wird das Fahrzeug mit dem höchsten Verbrauch und hoher HBU Last simuliert

- Hoher Besetzungsgrad
- Straffe Fahrt
- hohe HBU Last – max. Heizen im Winter



Beispiel: Exemplarische Auswertung der Befahrbarkeit – Energieentnahme aus den Traktionsbatterie über den Tag

## 02. DIE ROLLE DER OBERLEITUNG

### NUTZUNG DER OBERLEITUNG ZUR ENERGIEZUFÜHRUNG

Aufgrund der hohen Spannung lassen sich sehr große Leistungen übertragen.

Im realen Einsatzbereich sind jedoch Oberleitungsabschnitte meist nur abschnittsweise, meist bei den Endbahnhöfen vorhanden.

#### Streckenseitige Limits:

- zulässige Amperezahl an der Kontaktstelle Fahrdraht / Stromabnehmer mit 2 Schleifleisten im Stand:
  - 80 A bei normalem Kohle Schleifstück und Standardfahrtdraht

#### Streckenseitig verfügbare Netzleistung

- Die Fahrzeuge laden in kurzer Zeit die Energie auf, die während der Fahrt verbraucht worden ist.
- Sehr kurze Wendezeiten provozieren sehr hohen Ladeleistungen (hohe PEAK Last, Grenze der Netzbelastbarkeit)

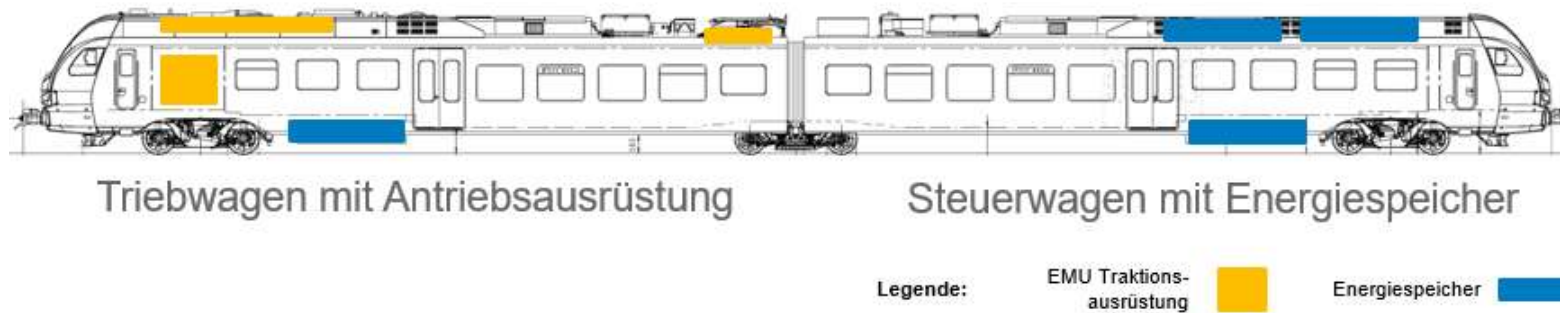


## 02. DIE ROLLE DER OBERLEITUNG

### NUTZUNG DER OBERLEITUNG ZUR ENERGIEZUFÜHRUNG

#### Fahrzeugseitige Limits:

- Fahrzeugseitig dürfen die Batterien nicht zu hoher C-Last geladen werden. Eine C-Last von  $C=1$  bedeutet: Vollständiges Laden oder Entladen in 1 h.
- Laden im Grenzbereich → Erwärmung → vorzeitige Alterung & Kapazitätsverlust.
- Laden oberhalb der erlaubten C-Last Grenze → irreversible beschleunigte Alterung bis hin zur Zerstörung
- Die Ladeeinrichtung des Fahrzeuges (Trafo, TWR, Batteriesteller) müssen passend dazu ausgelegt sein

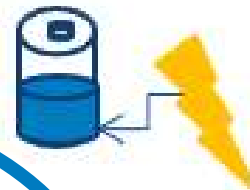
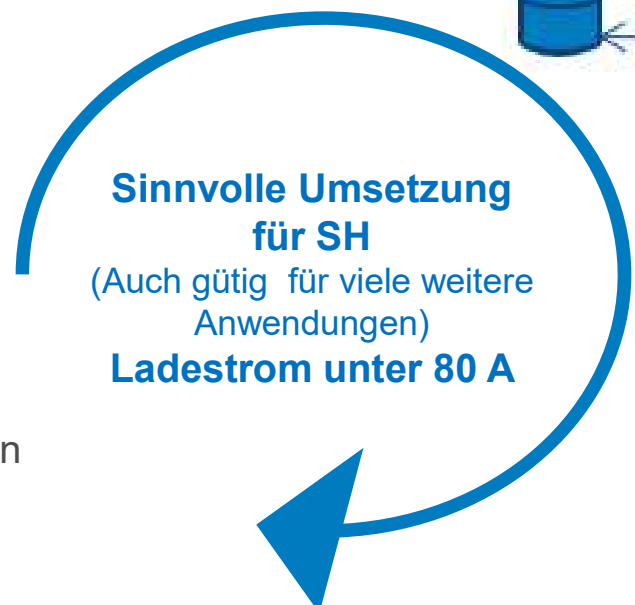


## 02. DIE ROLLE DER OBERLEITUNG NUTZUNG DER OBERLEITUNG ZUR ENERGIEZUFÜHRUNG

Synergie aus Streckenseitigen und Fahrzeugseitigen Limits:



15kV OL Netz nicht überfordern  
Max 80 A im Stand



Wirtschaftliche Batteriegröße  
Fahrzeugbatterie nicht überfordern  
C-Last Limits beachten  
Hohe Ausnutzung der  
Ladeeinrichtung des Fahrzeugs

Der Fahrplan fordert kurze Wendezeiten



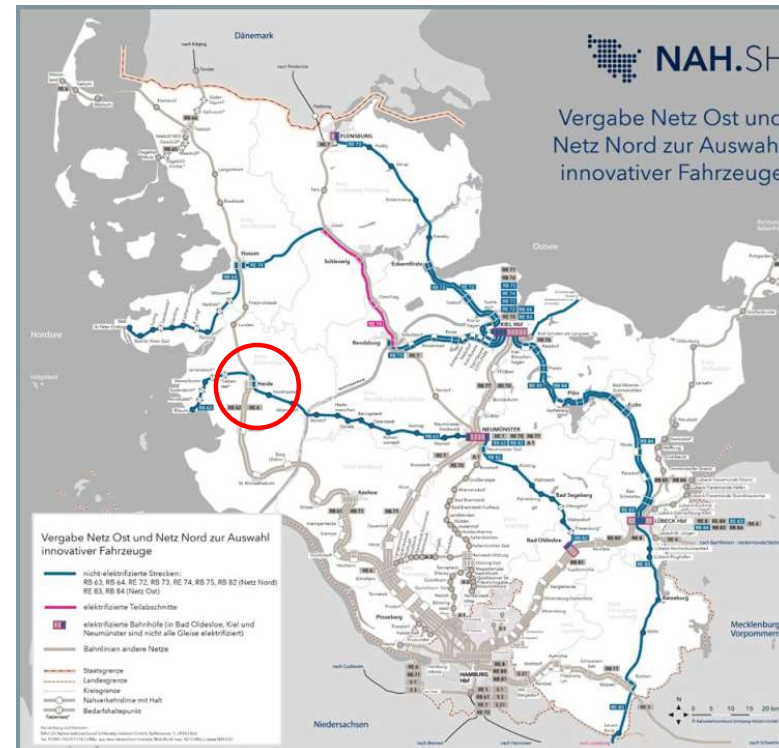
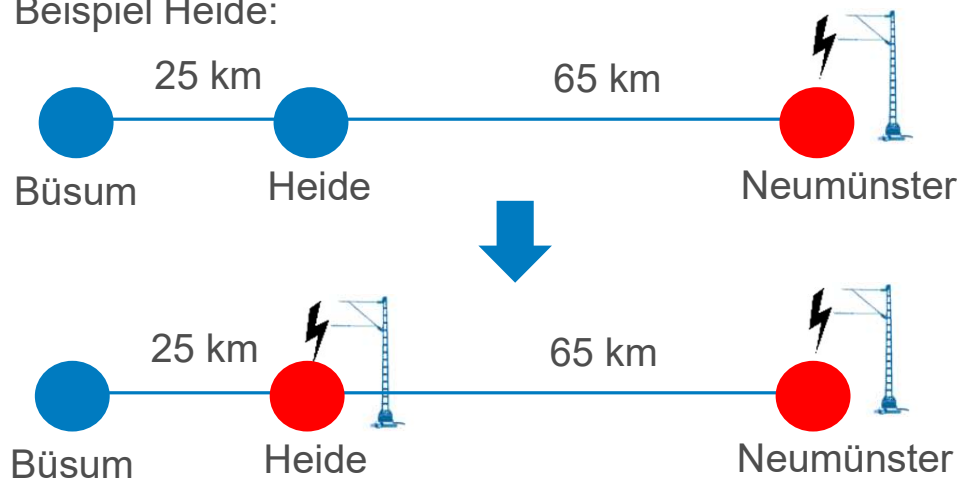


## 02. DIE ROLLE DER OBERLEITUNG DIE OBERLEITUNGS-INSEL-ANLAGE (OLIA)

Was ist die Lösung tun, wenn die bestehenden Oberleitungsabschnitte nicht ausreichen ?

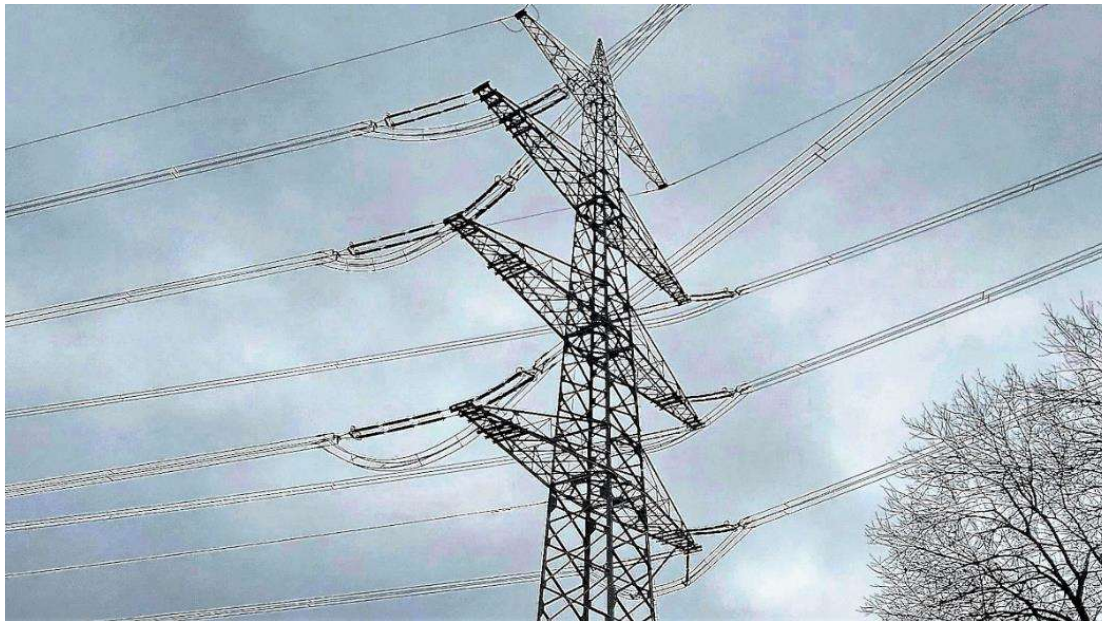
- Verlängerung von bestehende Oberleitungen → Vorteil: keine neue Energiezuführung erforderlich
- Einrichtung einer **Oberleitungs-Insel-Anlage**

Beispiel Heide:



## 02. DIE ROLLE DER OBERLEITUNG DIE OBERLEITUNGS-INSEL-ANLAGE (OLIA)

Besondere Herausforderung bei Einrichtung einer OLIA



Zuführung einer hoch belastbaren Energieversorgung

- Einspeisung aus dem DB Netz (16,7 Hz)
- Einspeisung aus dem öffentlichen Netz (50 Hz)

## 03. FAZIT

### UNTER STROM AUF DER SCHIENE - AUCH OHNE OBERLEITUNG

Moderne Betriebsführung mit Akkufahrzeugen durch den gezielten und gut durchgeplanten Einsatz von Oberleitungen überhaupt erst richtig möglich

Vorhandenen Oberleistungsanlagen sinnvoll und möglichst effektiv auszunutzen

Neubauten und Ergänzungen von Oberleistungsanlagen sind zulassungsintensiv und teuer. Sie sollten daher minimiert werden.

Für die Ergänzung der Energie von Akkufahrzeugen ist eine anderer Denkansatz, als bei Dieselfahrzeugen erforderlich. Hier ist Umdenken bei der Betriebsplanung erforderlich.

Bild Quelle: Wikipedia.de



**VIELEN DANK  
FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT !**

**STADLER**