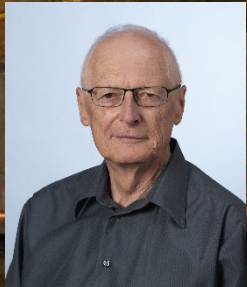


Ist die Oberleitung nur eine weitere Schnittstelle im Bahnbetrieb?



Urs Wili

Furrer+Frey AG

+41 31 357 61 32

+41 76 344 23 93

Thunstrasse 35

3000 Bern 6, Schweiz

[ubwili@furrerfrey.ch](mailto:ubwili@furrerfrey.ch)

4. ÖVG-Kongress Fahrstromanlagen

1. – 11. November 2022, technisches Museum Wien



# Bahnbetrieb ohne Oberleitung (und ohne Lok)



*Camber Railway 1915:*

*Schmalspurbahn auf den Falklandinseln.*

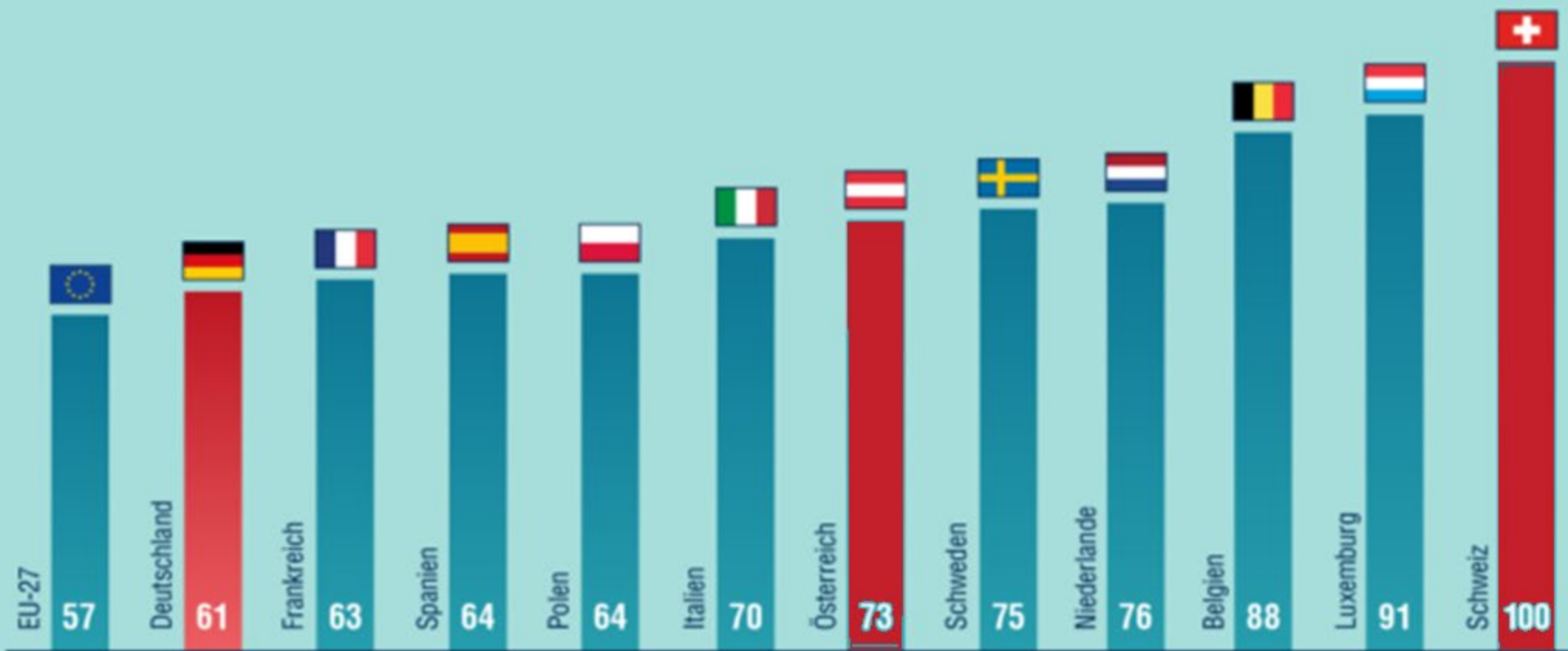
*Versorgung einer Funkstation der britischen Admiralität mit Kohle für die Generatoren.*

*Länge: 5,6 km entlang des Stanley Harbour*



# Anteil elektrifizierter Strecken im staatlichen Eisenbahnnetz

in ausgewählten europäischen Ländern, 2020, in Prozent

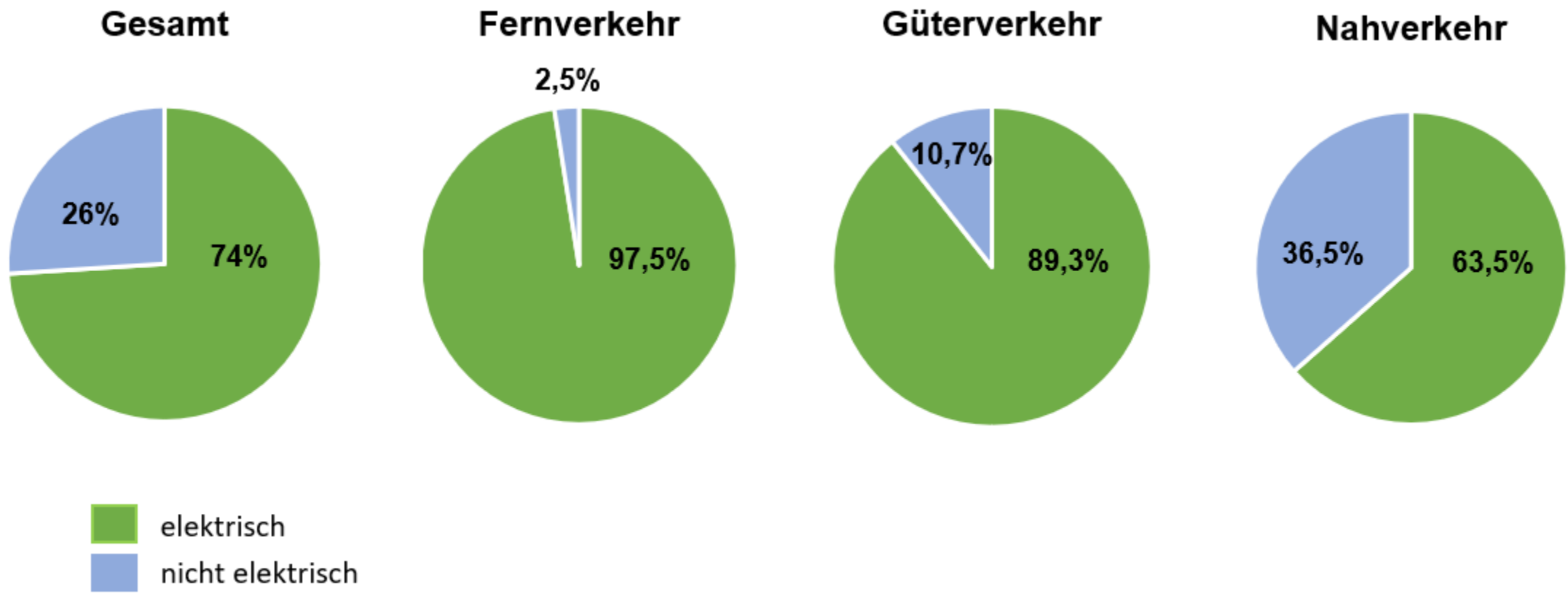


Quelle: Allianz pro Schiene | 10/2022 | auf Basis von EU-Kommission 2022, BMDV 2021

Lizenz: Nutzung frei für redaktionelle Zwecke unter Nennung der Allianz pro Schiene



# Verkehrsleistung in Zugkilometern in Deutschland



Fahrplan 2019



# Beförderungsleistung in Österreich gemessen an Personenkilometern und Tonnenkilometern

## 74 Prozent

---

der **Bahnstrecken in Österreich sind elektrifiziert**, mehr als **90 Prozent der Personenverkehrszüge im Netz der ÖBB fahren mit Strom**. Durch die jährliche Personenkilometerleistung kommt es zu einer **Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen** in Höhe von rund 1,6 Millionen Tonnen. Hinzu kommen noch einmal rund 1 Million Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch die Güterverkehrsleistungen der Rail Cargo Group eingespart werden.



# Die Oberleitung IST eine Schnittstelle – aber nur eine?

Schnittstelle zwischen Stromabnehmer und Fahrdraht.

- Stromtragfähigkeit
- Erwärmung
- Abnutzung
- Kontaktkraft
- Aerodynamik
- Wippenüberstand bei Seitenbewegungen und Windabtrieb
- Fahrdrathöhe und Arbeitsbereich des Stromabnehmers







# Weitere Schnittstellen der Oberleitung

- Lichte Höhe von Überbauten
- 





# Weitere Schnittstellen der Oberleitung

- Lichte Höhe von Überbauten
- Mastfundamente  $\leftrightarrow$  Kabelkanäle, Leitungen, Lärmschutzwände





# Weitere Schnittstellen der Oberleitung

- Lichte Höhe von Überbauten
- Mastfundamente  $\leftrightarrow$  Kabelkanäle, Leitungen, Lärmschutzwände
- Transporte mit Lademassüberschreitung (zum Beispiel Transformatoren für Umspannwerke)



# Weitere Schnittstellen der Oberleitung

- Lichte Höhe von Überbauten
- Mastfundamente  $\leftrightarrow$  Kabelkanäle, Leitungen, Lärmschutzwände
- Transporte mit Lademassüberschreitung
- Entgleisungen  $\rightarrow$  Beschädigung von Fahrzeugen  
Schutz vor dem Umstürzen





# Weitere Schnittstellen der Oberleitung

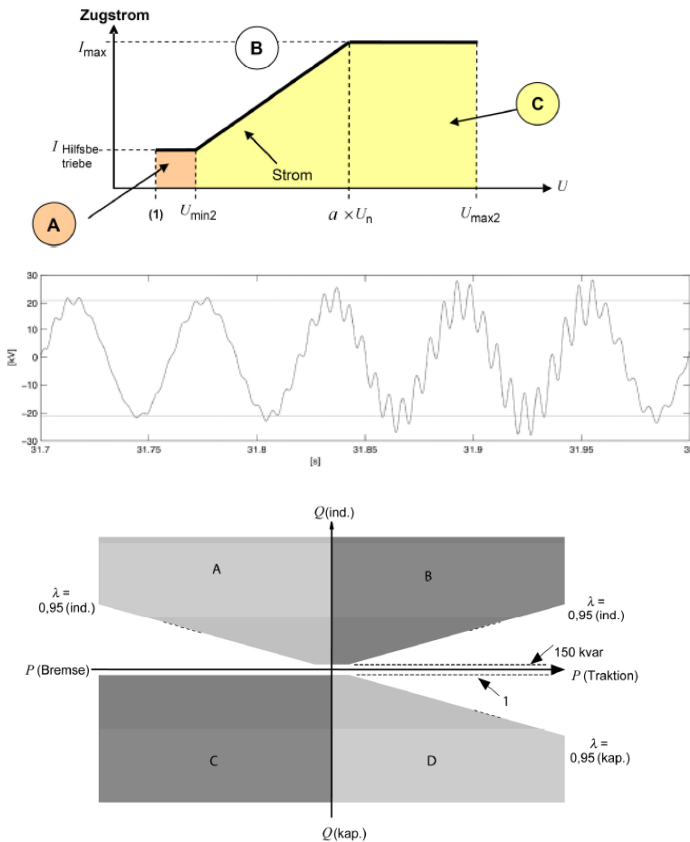
- Lichte Höhe von Überbauten
- Mastfundamente  $\leftrightarrow$  Kabelkanäle, Leitungen, Lärmschutzwände
- Transporte mit Lademassüberschreitung
- Entgleisungen  $\rightarrow$  Beschädigung von Fahrzeugen  
Schutz vor dem Umstürzen





# Elektrische Schnittstellen

- Nutzbare Spannung am Stromabnehmer
- Mindest- und Höchstgrenze der Fahrleitungsspannung kurz- und langfristig
- Oberschwingungen
- Maximaler Kurzschlussstrom
- Kurzschluss-Abschaltung auf dem Fahrzeug oder im Unterwerk (Schutzkoordination)
- Automatisches Wiedereinschalten
- Transienter Strom beim Wiedereinschalten
- Höchster zulässiger Zugstrom
- Zugstrombegrenzung
- Leistungsfaktor





# Die Oberleitung hat nicht nur EINE, sondern eine Vielzahl von Schnittstellen

- zum Bahnbetrieb,
- zu den Fahrzeugen und
- zur Infrastruktur.

Aber kann die Oberleitung nicht noch mehr?



# Informationsübertragung

Einfachste Botschaft:

- Ausschalten der Fahrleitung.  
Je nach Fahrdienstvorschriften der Bahn kann dies unterschiedliche Bedeutung haben:
  - Weiterrollen im Schwung bis zur nächsten Ausstiegsmöglichkeit (Bahnhof oder Nothaltestelle oder einfach eine zugängliche Stelle im Freien)
  - Sofortige Geschwindigkeitsreduktion: Fahrt auf Sicht, aber höchstens 40 km/h
  - Schnellbremsung

*Auszug aus den Schweizer FDV (als Beispiel):*

*Stellt der Lokführer fest, dass die Fahrleitung nach einem Spannungsausfall nicht sofort wieder unter Spannung kommt, hat er wie folgt vorzugehen:*

- *sofort mit Fahrt auf Sicht weiterfahren*
- *nur so lange weiterfahren, dass auf Grund der Bremsbauart noch sicher angehalten werden kann*





# Informationsübertragung

## Einfachste Botschaft:

- Ausschalten der Fahrleitung.  
Je nach Fahrdienstvorschriften der Bahn kann dies unterschiedliche Bedeutung haben:
  - Weiterrollen im Schwung bis zur nächsten Ausstiegsmöglichkeit (Bahnhof oder Nothaltestelle oder einfach eine zugängliche Stelle im Freien)
  - Sofortige Geschwindigkeitsreduktion:  
Fahrt auf Sicht, aber höchstens 40 km/h
  - Schnellbremsung

## komplexere Informationsübertragungen:

- Zugfunk in Italien (Beispiel):  
*Vor 50 Jahren Sprechfunk mit Trägerfrequenz 300 kHz über die 3 kV DC-Fahrleitung in Italien auf ca 2000 km Streckenlänge.*



# Bremsen




## Rekuperation

.... Bei der SBB seit über 100 Jahren

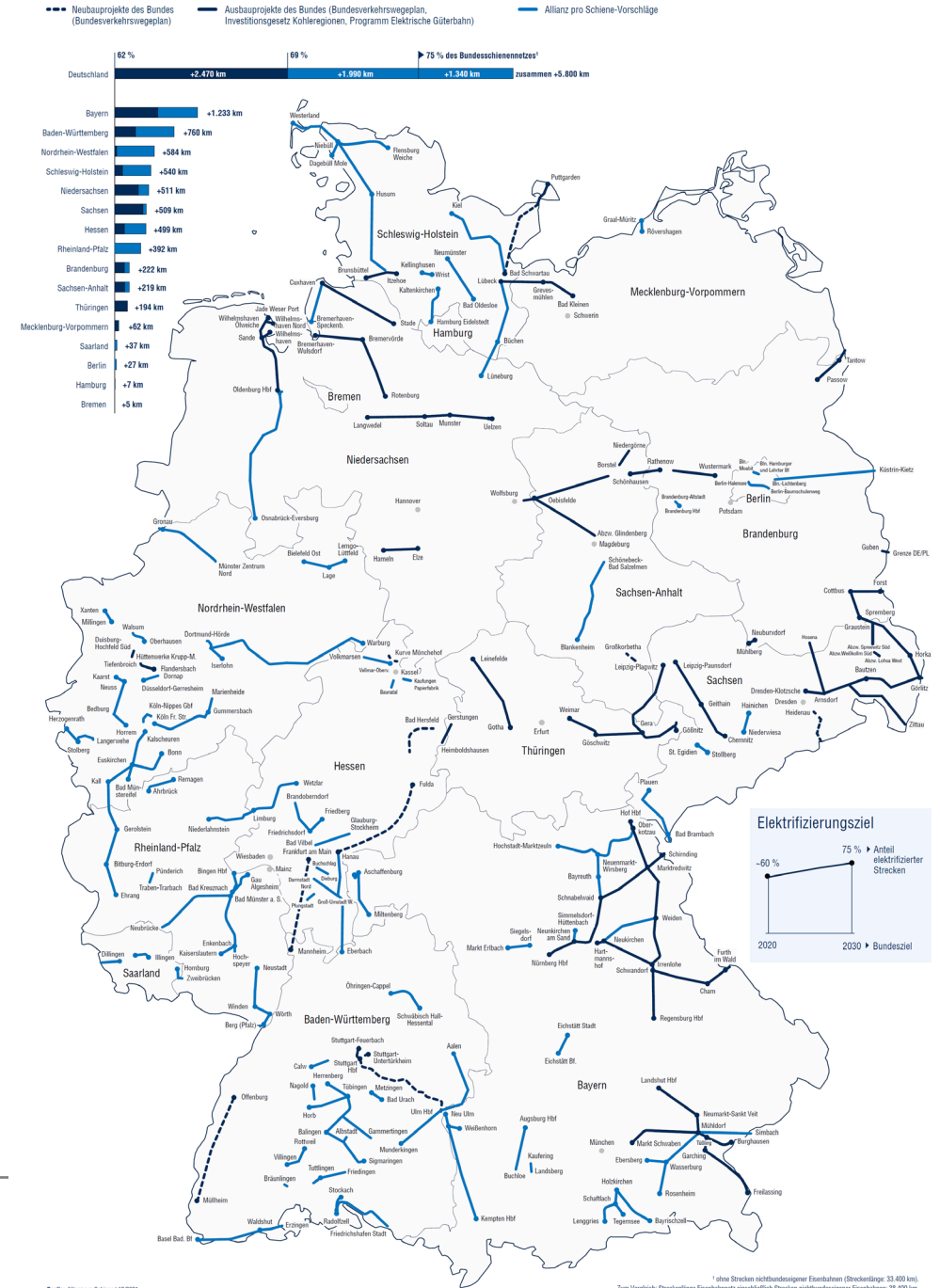


# Nicht elektrifizierte Strecken

Bestrebungen in Deutschland zur Ausweitung der elektrisch betriebenen Streckenlängen

-  Neubauprojekte des Bundes (Bundesverkehrswegeplan)
-  Ausbauprojekte des Bundes (Bundesverkehrswegeplan, Investitionsgesetz Kohleregionen, Programm Elektrische Güterbahn)
-  Allianz pro Schiene-Vorschläge

## Auf dem Weg zu 75% Streckenelektrifizierung: Vorschläge zur Zielerreichung







# Lastmanagement

## Auch ohne Batteriezüge möglich

Voraussetzung:

- An der Oberleitung angeschlossene Verbraucher, die kurzzeitig abgeschaltet werden können
  - Weichenheizungen
  - Anlagen zur Vorklimatisierung abgestellter Züge
  - Klimaanlage auf fahrenden Zügen.
- Fernsteuerung des Abschaltens durch die Netzregelung

# Lastmanagement, Beispiel SBB

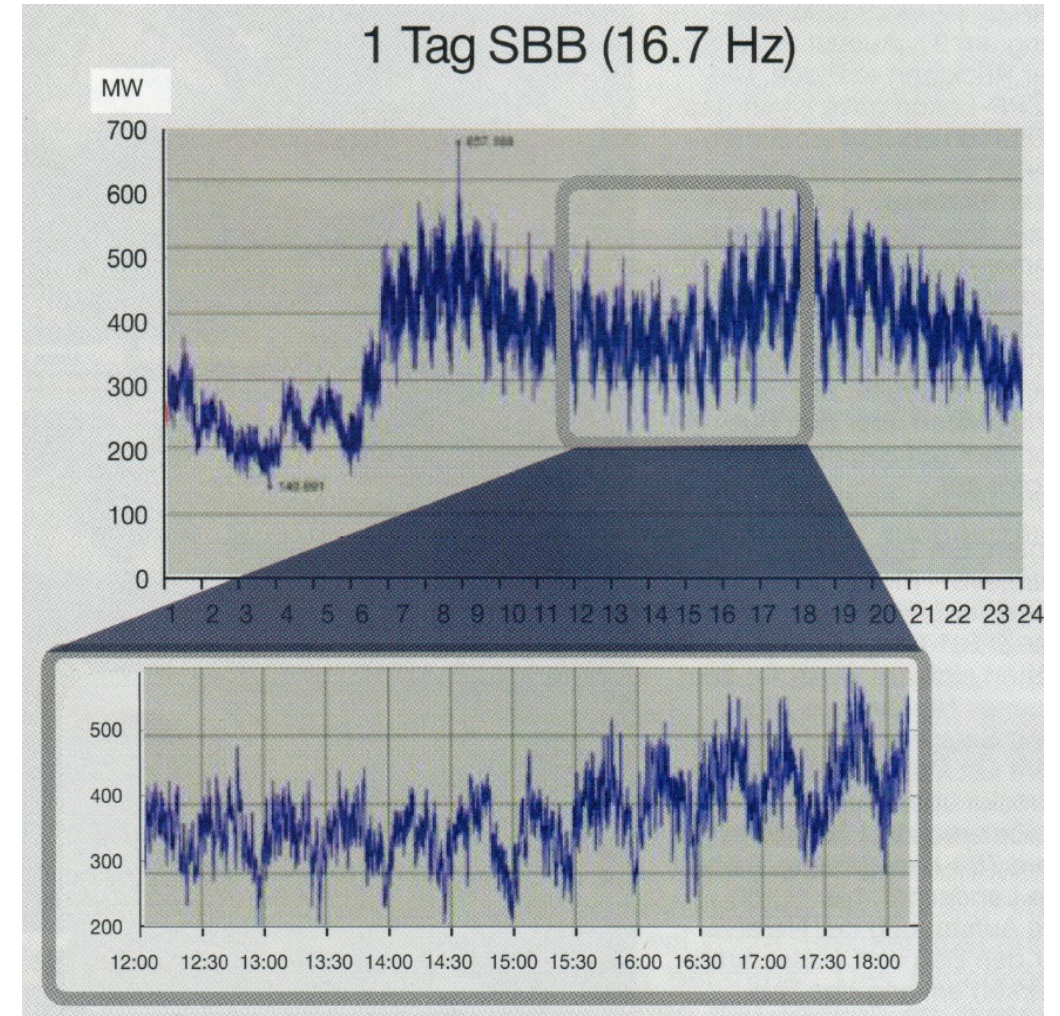
## Grosse Schwankungen

- im Beispiel von 140 MW mitten in der Nacht
- bis 660 MW in der Morgenspitze
- Schwankungen von 300 MW innert 15 Minuten (halbe Taktzeit)

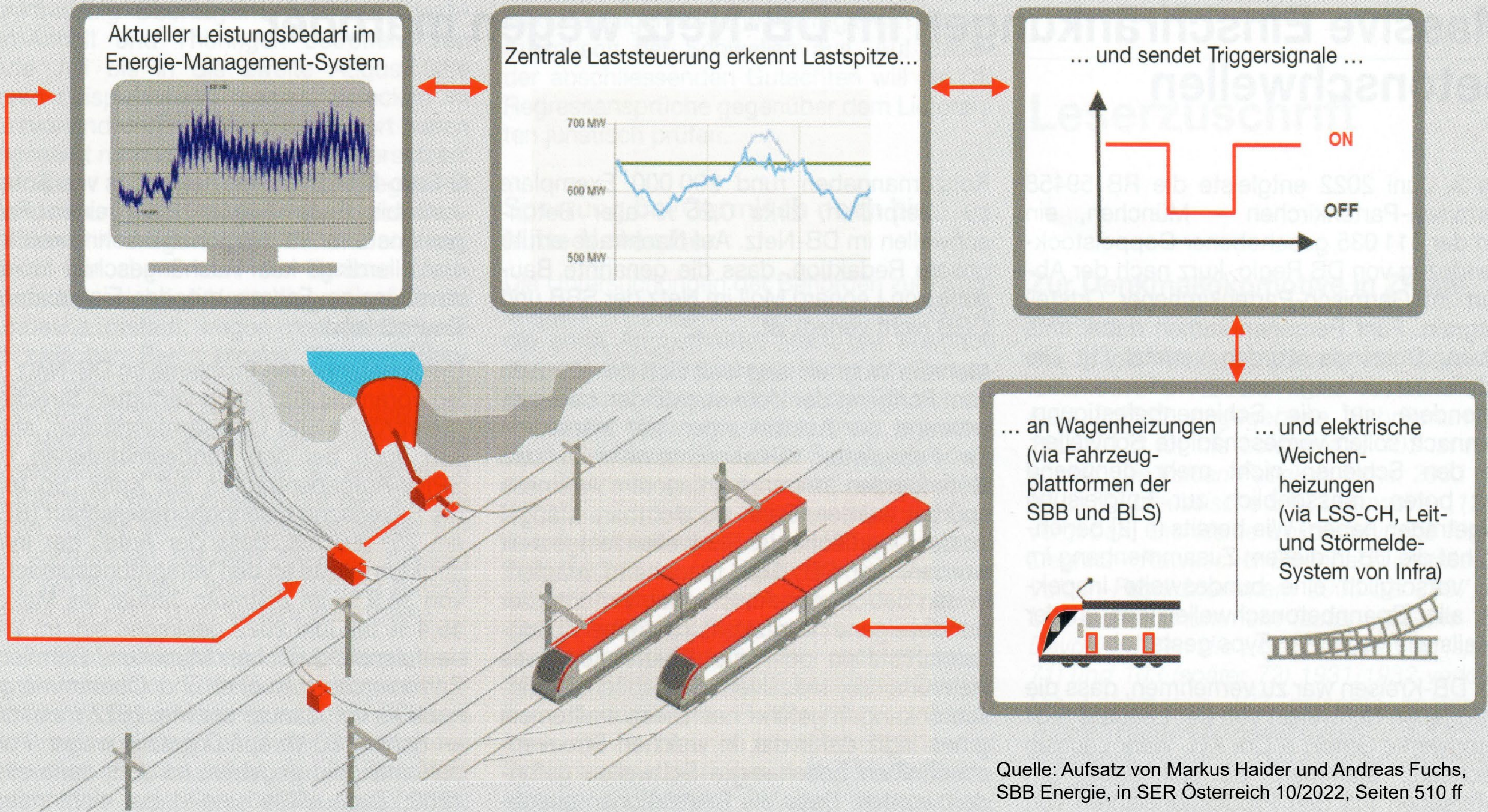
## In der Hauptbetriebszeit von 06.00h bis 24.00h

- Minima jeweils zu den Minuten 00 und 30, wenn die Züge in der Taktspinne kurzzeitig stillstehen

Quelle: Aufsatz von Markus Haider und Andreas Fuchs, SBB Energie, in SER Österreich 10/2022, Seiten 510 ff











# Speisung stationärer Verbraucher

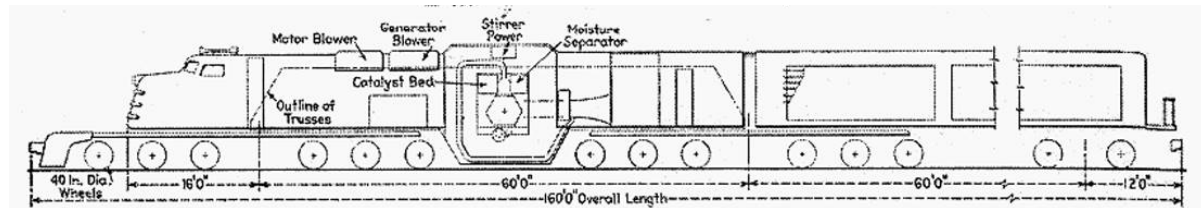
Die Oberleitung kann weitere Verbraucher versorgen.

- Einsparung des Ortsnetzanschlusses
- Redundante Einspeisung bei Ausfall des Ortsnetzes
- Gleisfeldbeleuchtungen
- Bahnsteigbeleuchtungen
- Stellwerke und Sicherungsanlagen
- Schranken an Bahnübergängen

# Reichweite

Reichweite war immer ein Thema:

- Die Dampflok muss Kohle bunkern und Wasser tanken
- Die Diesellok muss Diesel, der Wasserstoffzug Wasserstoff zapfen
- Sogar die Atomlok von 1954 hätte ab und zu Brennstäbe ersetzen müssen





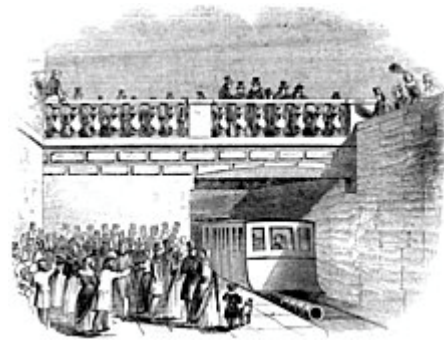
# Elektrische Zugförderung mit Oberleitung ist die einzige leistungsfähige Antriebsart mit der Reichweite unendlich!

Oder doch nicht?

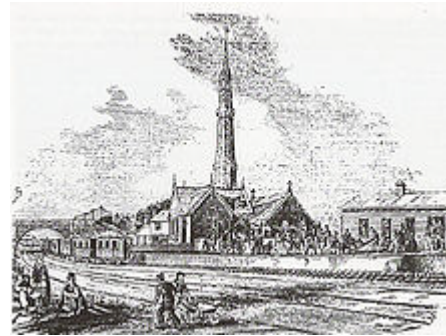


# Weitere Systeme mit Reichweite unendlich

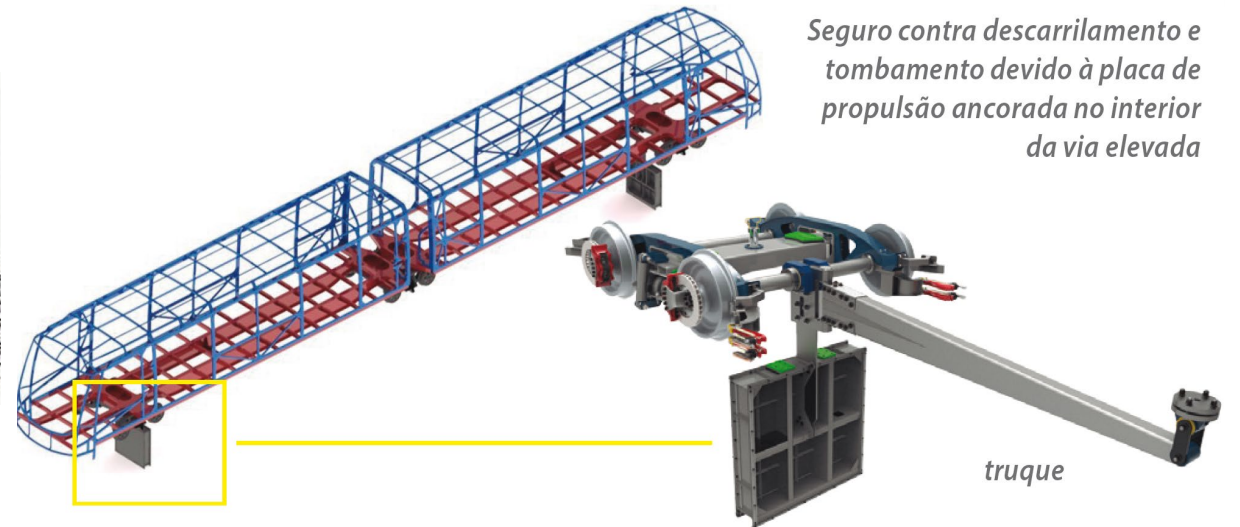
Atmospheric railway (1838/39, Samuel Clegg e.a.)  
Dublin&Kingstown



Croydon Atmospheric Railway



Aeromovel  
Porto Alegre, Brasil





# Weitere Systeme mit Reichweite unendlich

## Infinity train

Pilbara, Australien

Fortescue Metals Group



# Weitere Systeme mit Reichweite unendlich

## Infinity train

Pilbara, Australien

Fortescue Metals Group

**GE Transportation's**  
**Battery-Electric Locomotive**

Massive power generation capabilities up to **2400 kWhrs**

Huge fuel savings of at least **10-15%**



**Trip Optimizer™**  
smart automated cruise control

**Energy Storage:**  
replacing engine & cooling system

**AC Traction System Inverters**

**Powered Axels**

 GE Transportation





**Fahrleitungen: Seit hundert Jahren das einzige verbreitet anwendbare Energieübertragungssystem für Züge mit Reichweite unendlich**