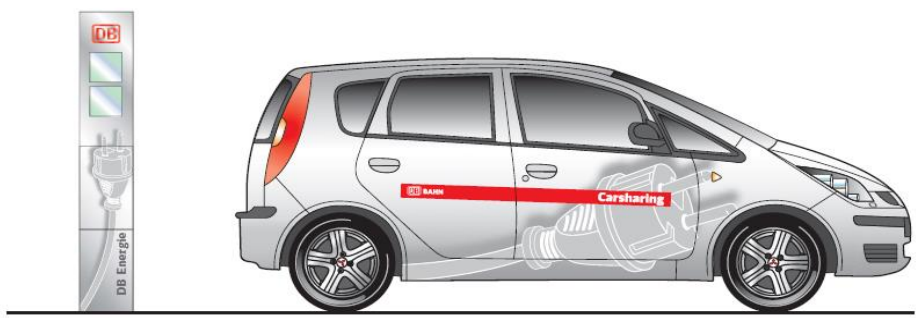




DB AG/Bartłomiej Banaszak

# Wer die Zukunft gestalten will, der muss die Vergangenheit kennen und die Gegenwart verstehen



---

Thomas Groh

---

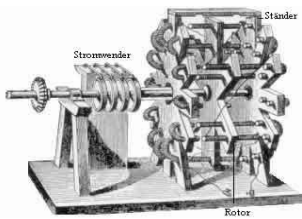
DMG-Seminar

---

Mannheim, 15.05.2024



# Ingenieure als Impulsgeber bei der Entwicklung der Eisenbahn



1832

Die mit der industriellen Revolution einhergehende explosionsartig steigende Menge an zu befördernden Gütern und das sich verändernde Mobilitätsverhalten der Menschen beflügelte die Entwicklung der Verkehrssysteme

# Moritz Hermann von Jacobi

## 1. Die Anfänge

### Die Idee:

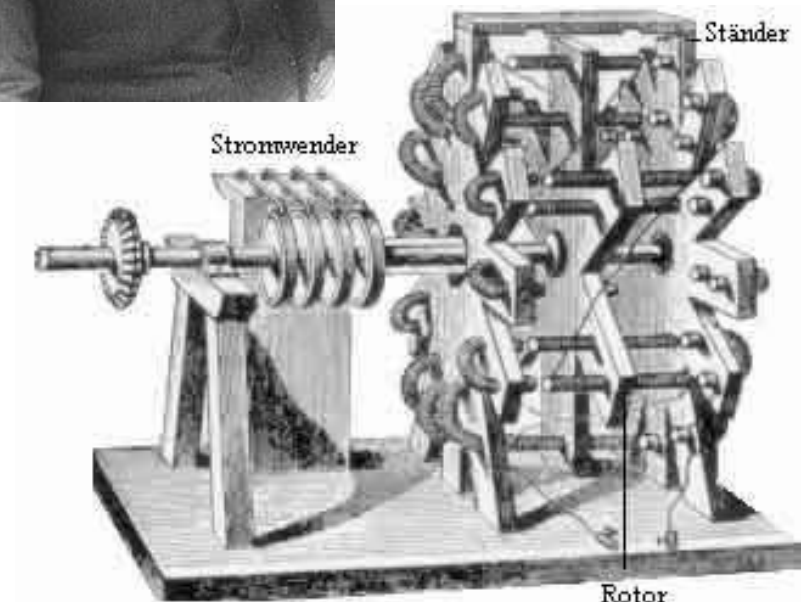
Nutzung des Elektromagnetismus zur

Bewegung von Fahrzeugen

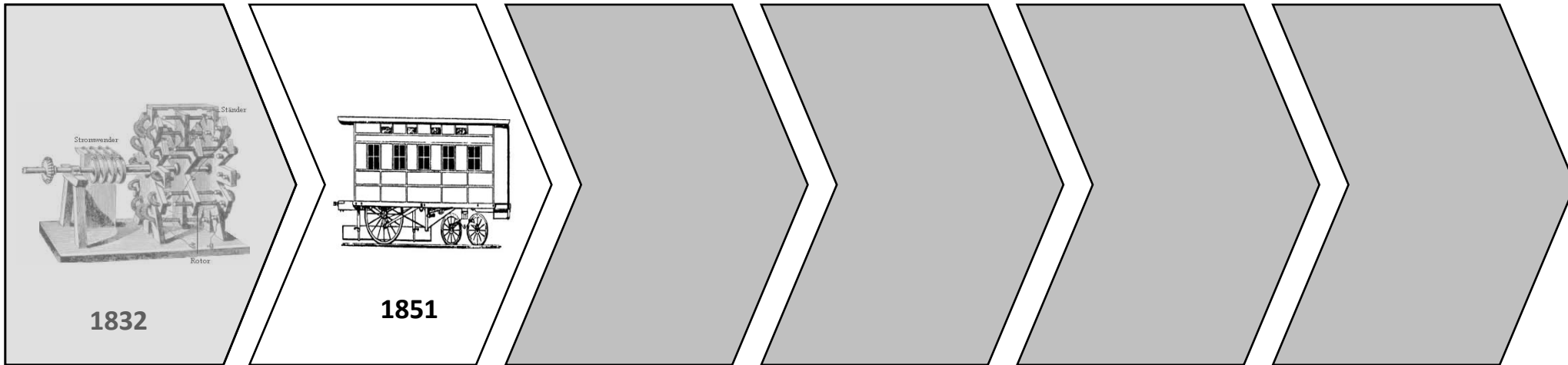
■ 1838 legte er mit einem Boot auf der Newa 7,5 km mit einer Geschwindigkeit von 2,5 km/h zurück

■ sein Motor hatte ursprünglich 200 W Leistung; später Steigerung auf 700 W

■ Stromquelle war eine Zink-Platin-Batterie



# Ingenieure als Impulsgeber bei der Entwicklung der Eisenbahn



# Charles Crafton Page

## 1. Die Anfänge

### Die Idee:

**Nutzung des Elektromotors zur Fortbewegung  
von Schienenfahrzeugen**

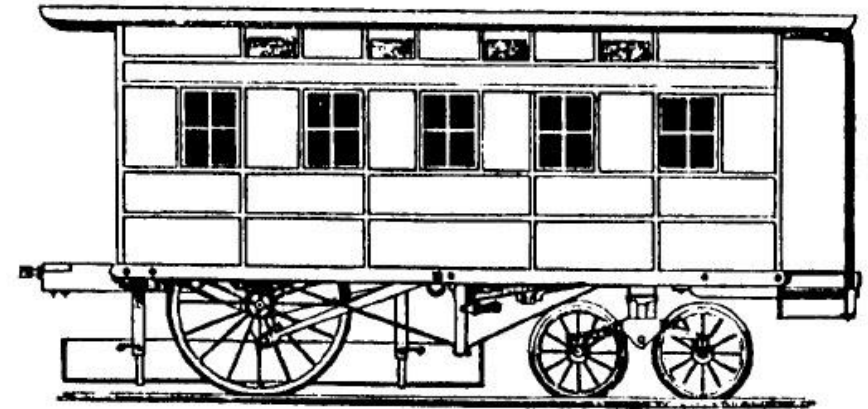
- konstruierte 1838 einen elektromagnetischen Kolbenmotor
- seine 1851 entwickelte Elektrolokomotive erreichte kurzzeitig eine Geschwindigkeit von 31 km/h
- die gewaltige Batterie brachte das Fahrzeug auf stattliche 12 t Gewicht



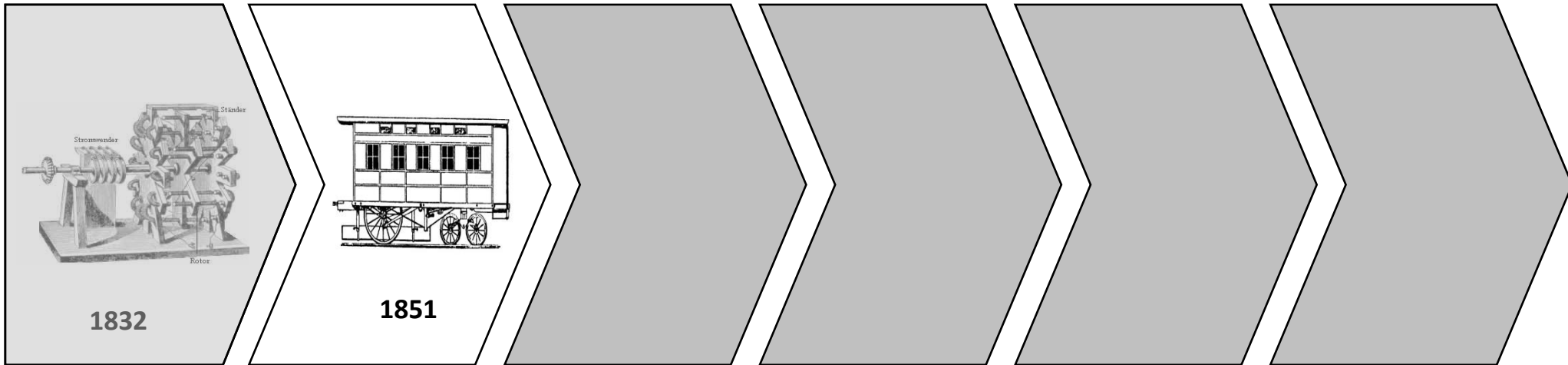
Page Motor



Page Lokomotive



# Ingenieure als Impulsgeber bei der Entwicklung der Eisenbahn



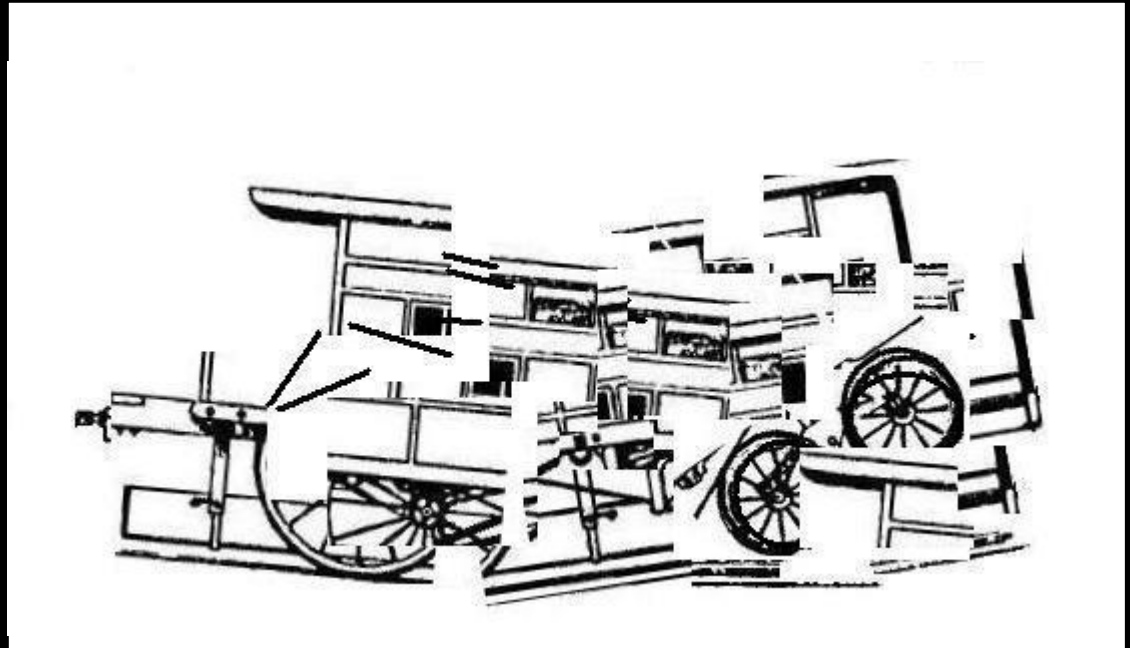
- Zu teuer
- Zu schwer
- Zu geringe Kapazität

# Die Frage des besten Antriebes für die junge Eisenbahn entschied vorerst die Dampfmaschine für sich

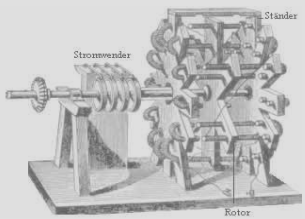
## 1. Die Anfänge



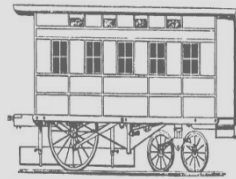
- Zu teuer
- Zu schwer
- Zu geringe Kapazität (Reichweite)



# Ingenieure als Impulsgeber bei der Entwicklung der Eisenbahn



1832



1851



1879



# Werner von Siemens

## 1. Die Anfänge

### Die Idee:

**Zentrale ortsfeste Erzeugung der  
Elektroenergie und Zuführung zum  
Fahrzeug**

- 1866 Entwicklung der elektrodynamischen Maschine
- 1879 erste elektrische Lokomotive der Welt zur  
Gewerbeausstellung in Berlin



# Energie zentral erzeugen, dann dem Fahrzeug zuführen

## 1. Die Anfänge

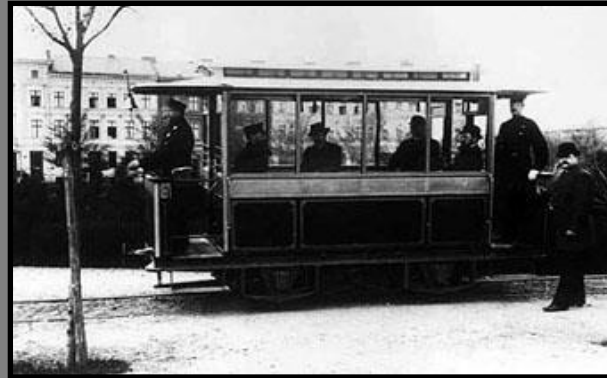
**1879 - erste elektrische Lokomotive der Welt; Gewerbeausstellung Berlin**



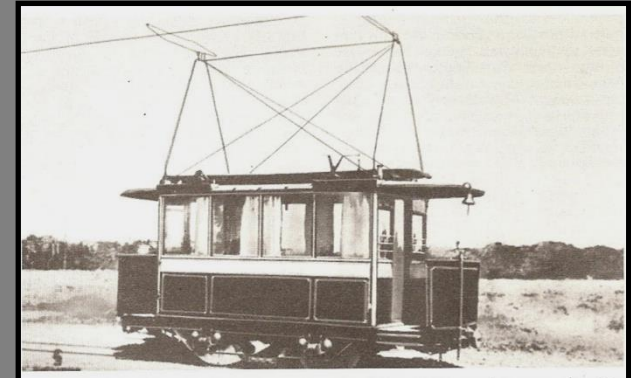
Leistung 3 PS

- Spurweite 490 mm
- Geschwindigkeit 7/ 13 km/h
- Spannung 150V GS
- Fahrtrichtungsänderung mittels Wechselgetriebe
- Antrieb zweipoliger Gleichstrommotor
- 86 398 beförderte Personen (31.05.-30.09.1879)

**16. Mai 1881 Beginn des elektrischen Straßenbahnverkehrs. Anhalter Bahnhof Großlichterfelde – Haupt-Kadetten-Anstalt.**



- Leistung 5 PS
- Spurweite 1000 mm
- zul. Geschwindigkeit 20 km/h (40 km/h)
- Spannung 180 V GS
- Fahrtrichtungsänderung durch Änderung der Stromrichtung im Anker
- Zuschaltung der Energieversorgung nur während der Fahrt
- 12 Sitz- und 18 Stehplätze



- Gleiches Fahrzeug einige Jahre später, jetzt aber mit Stromabnehmer

# Eine Vielzahl verschiedener elektrischer Systeme

## 1. Die Anfänge



15 kV / 16 Hz Wechselstrom

15 kV / 50 Hz Wechselstrom

750 V / 50 Hz Wechselstrom

5,5 kV / 16 Hz Wechselstrom

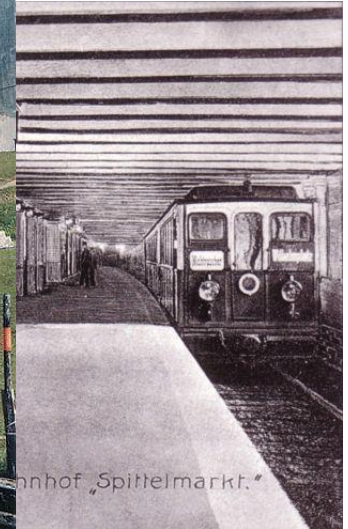


6,3 kV / 25 Hz

750-10.000 V Drehstrom

500 V Gleichstrom

180 V Gleichstrom



# Drehstromlokomotiven

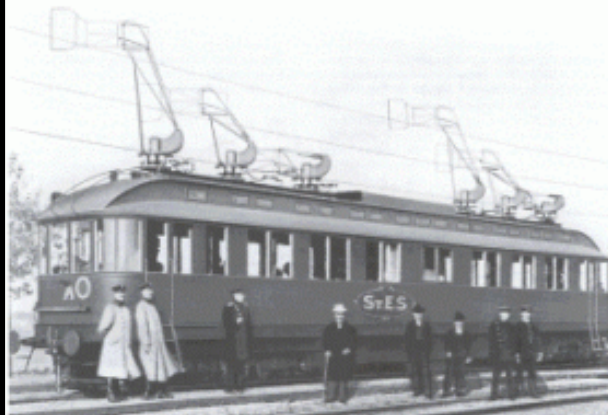
## 1. Die Anfänge

### Drehstrom (Versuchsstadium)

**Triebwagen von 1903**  
**Höchstgeschwindigkeit:**  
**210 km/h**

Die beiden Versuchstriebwagen, die 1903 über 210 km/h erreichten. Beim AEG-Wagen waren drei Stromabnehmer hintereinander, beim Siemens-Wagen auf einer gemeinsamen Säule übereinander geordnet. (StES - Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen)

Drehstromlokomotive für Schnellbahnversuche zwischen Marienfelde und Zossen, 1902



27. Okt. 1903  
210,2 km/h



23. Okt. 1903  
206,7 km/h



# Warum $16 \frac{2}{3}$ Hz

## 1. Die Anfänge

### Ingenieurtechnische Herausforderungen an einen elektrischen Zugbetrieb:

- Wie kann eine sichere Energieübertragung erfolgen
- Welches ist das geeignetste Stromsystem
- wie muss ein bahnfester Motor konstruiert sein

### Ausgangslage zu Beginn des 20. Jahrhunderts:

- **Drehstrommotoren**
  - ungenügende Regelbarkeit
  - 3-polige Auslegung der Stromabnehmer und der Fahrleitung gestaltet sich äußerst kompliziert



# Warum $16 \frac{2}{3}$ Hz

## 1. Die Anfänge

### **Gleichspannungsmotor**

- für Traktion ausgezeichnet geeignete Kennlinien
- damals nur für geringe Spannungen verfügbar
- Gleichspannung ist nicht transformierbar

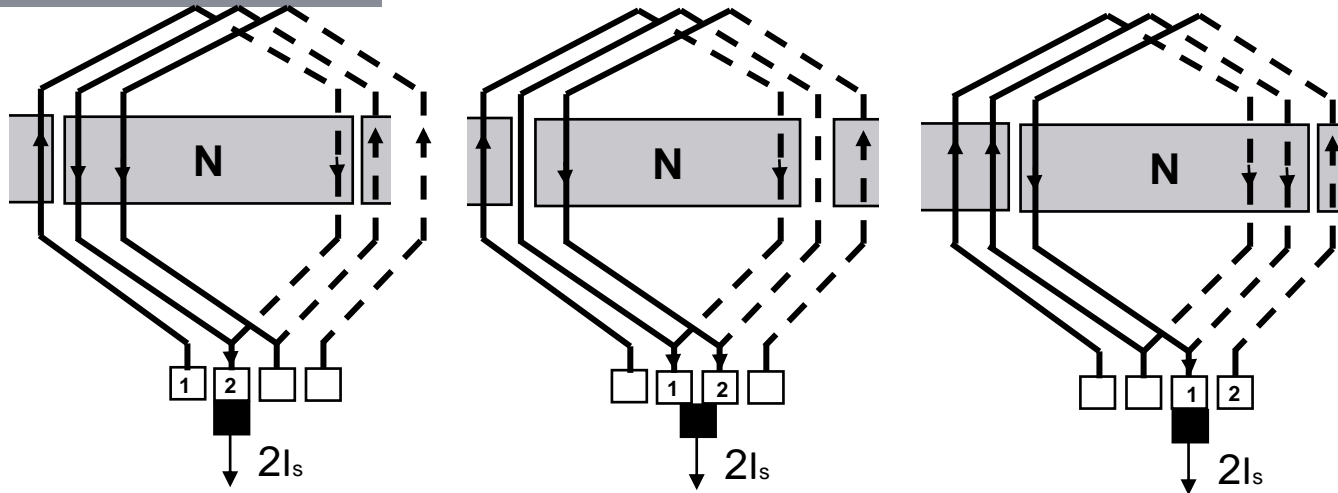
### **Wechselspannungsmotoren**

- keine geeigneten vorhanden, jedoch ließ sich der so genannte Einphasenreihenschlussmotor bedingt mit Wechselspannung betreiben



# Warum $16 \frac{2}{3}$ Hz

## 1. Die Anfänge



### Transformatorische Spannung

- Mit Wechselstromspeisung führen die Hauptpole einen Wechselfluss
- Spannungsinduktion in der kommutierenden Spule:  $U_t = 4,44 \cdot \Phi \cdot f \cdot N$
- Kreisstrom fließt über die Bürsten
- Bürstenfeuer / hoher Bürstenverschleiß (Abbrand)

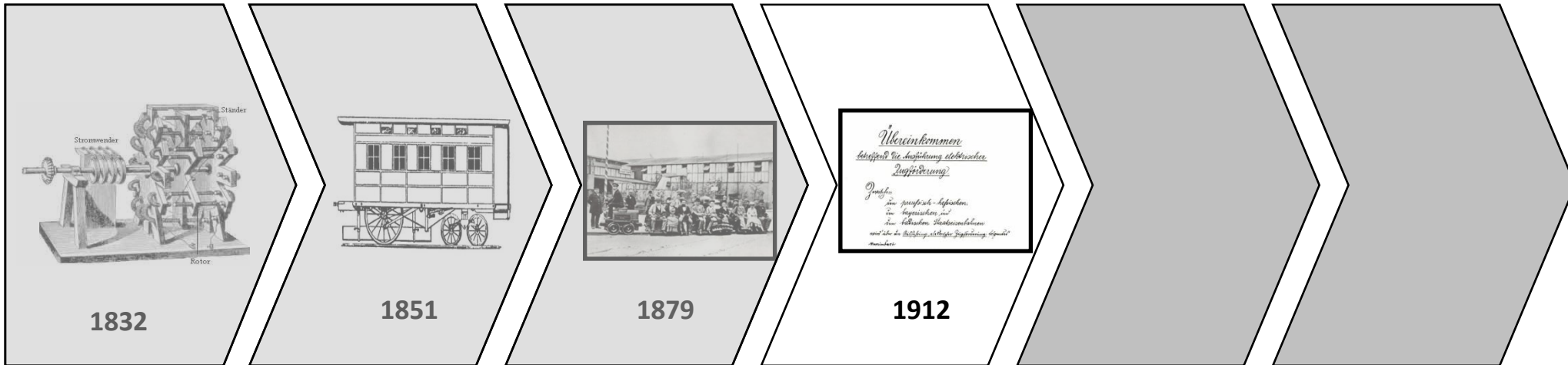
### Folgen für die Motorkonstruktion

Maßnahmen zur Kompensation der transformatorischen Spannung

$$U_t = 4,44 \cdot \Phi \cdot f \cdot N$$

- Geringerer Hauptfluss  $\Phi$  → viele kleine Hauptpole
- Geringe Windungszahl  $N$  → geringe Motorspannung
- Geringe Netzfrequenz  $f$  →  $16 \frac{2}{3}$  Hz statt 50 Hz

# Ingenieure als Impulsgeber bei der Entwicklung der Eisenbahn



Die Vielzahl der unterschiedlichen Spannungen und Frequenzen behindert eine zusammenhängende Entwicklung des elektrischen Zugbetriebes

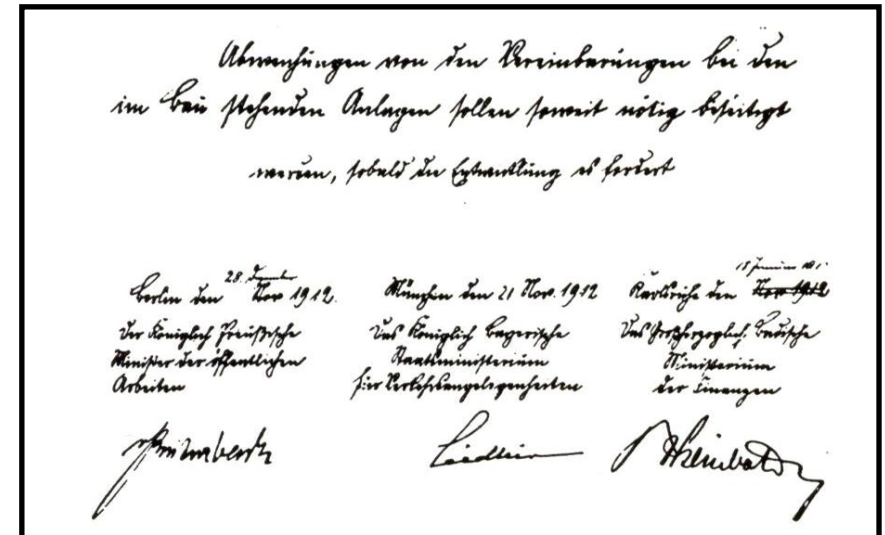
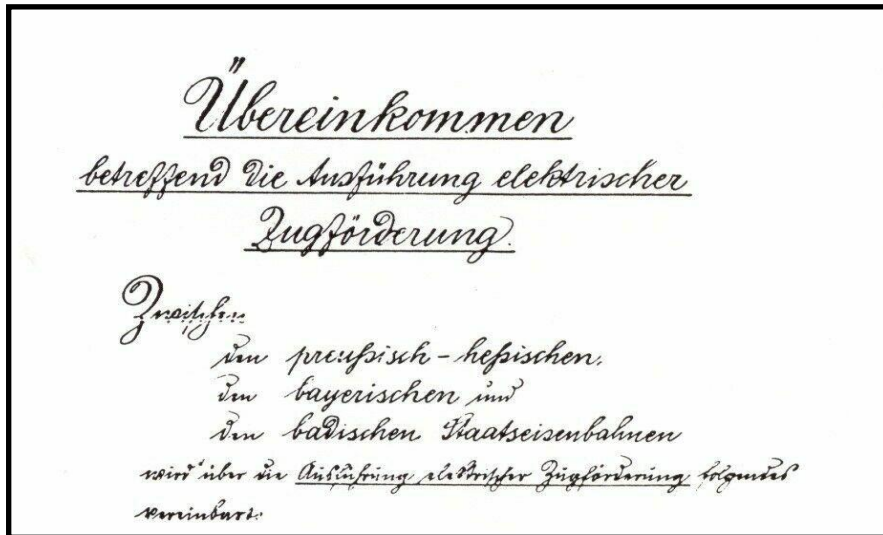


# Übereinkommen betreffend „Die Ausführung elektrischer Zugförderung“

## 1. Die Anfänge

### Die Idee:

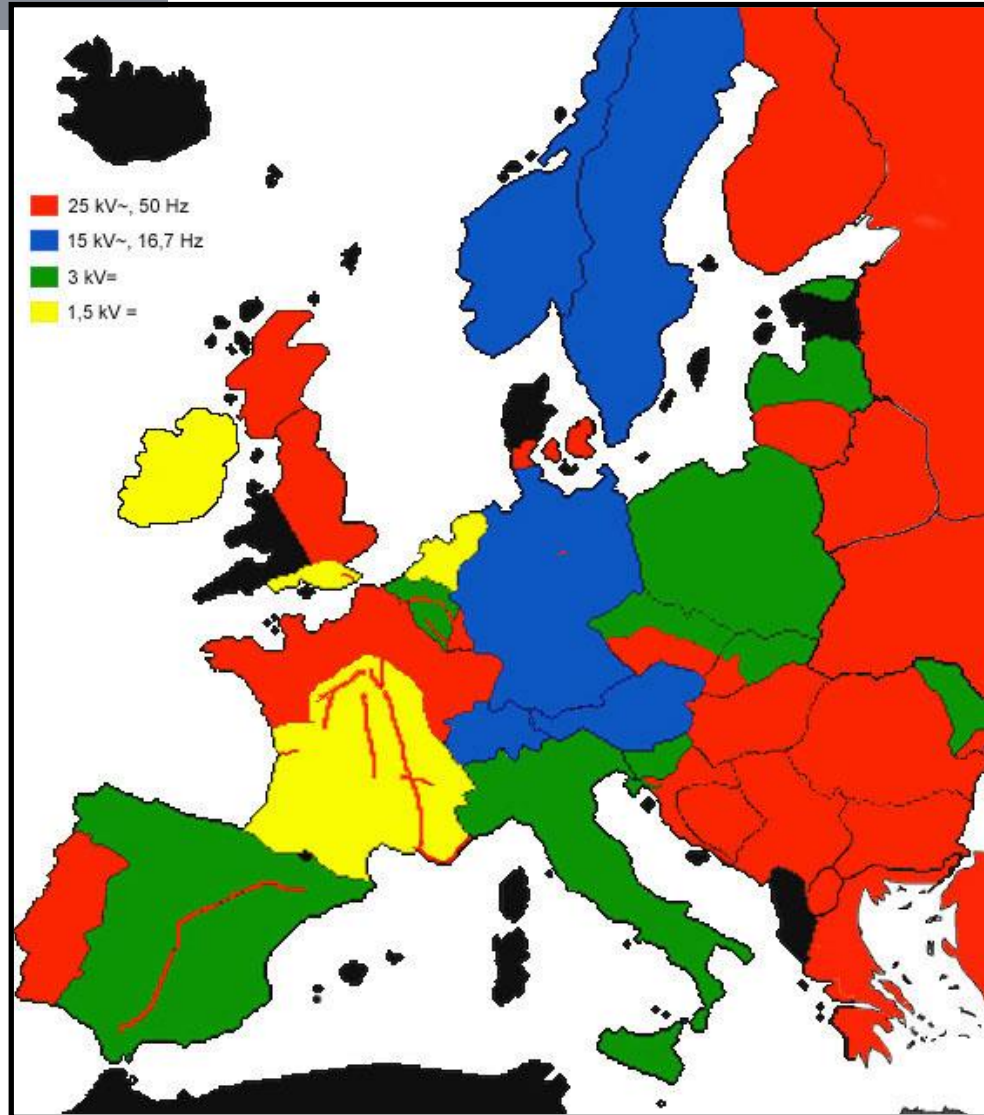
Vereinheitlichung der elektrischen Bahnenergie-  
versorgung



Übereinkommen zur Ausführung elektrischer Zugförderung von 1912 zwischen den preussisch-hessischen, den bayrischen und den badischen Staatseisenbahnen .

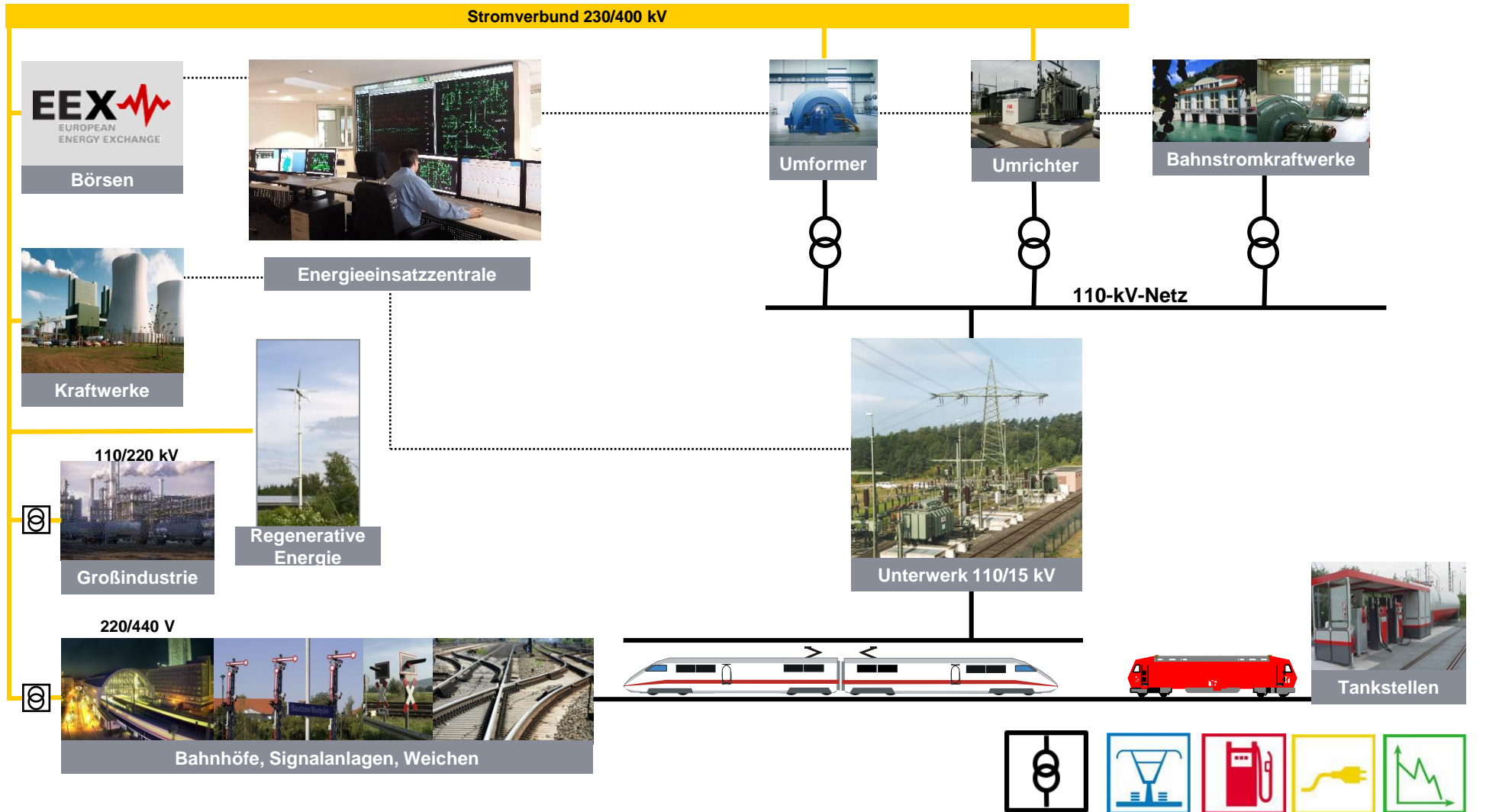
# Die Bahnstromsysteme in Europa

## 2. Die Gegenwart



# Energieversorgung der Deutschen Bahn AG

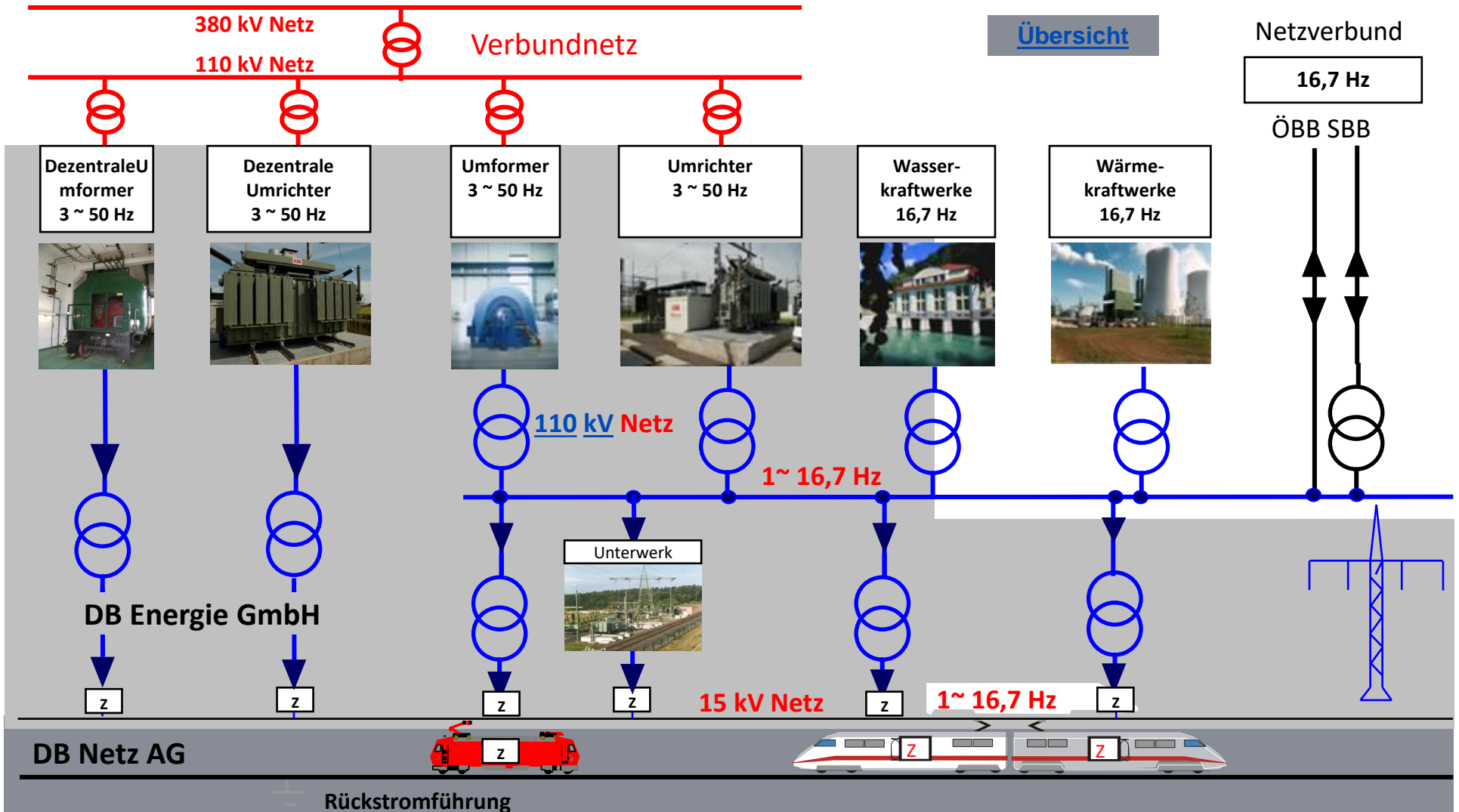
## 2. Die Gegenwart





# 16,7-Hz-Bahnstrom – Prozess der Traktionsstromversorgung

## 2. Die Gegenwart





# Umformer im dezentralen Netz

## 2. Die Gegenwart



Fahrbare Sy-Sy-Umformer dezentraler Umformerwerke

[weiter](#)

[Übersicht](#)



# Umformer im dezentralen Netz

## 2. Die Gegenwart



Dezentrales Umformerwerk

[weiter](#)

[Übersicht](#)





## Umformer im dezentralen Netz

### 2. Die Gegenwart

Umformung der Frequenz von 50 Hz in 16 2/3 Hz in einem Sy-Sy-Umformer:

Anzahl der Polpaare p

Motor: 6 ( $p_1$ )

Generator: 2 ( $p_2$ )

Ermittlung der Drehzahl des Motors  $n_1$

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p_1} \quad f_1 = 50 \text{ Hz (Netzfrequenz)}$$

$$n_1 = \frac{60 \cdot 50}{6} = \underline{\underline{500}}$$

Ermittlung der Frequenz des Generators

$$n_1 = n_2$$

$$\frac{60 \cdot f_1}{p_1} = \frac{60 \cdot f_2}{p_2} \quad \Rightarrow \quad f_2 = \frac{f_1 \cdot p_2}{p_1} \quad f_2 = \frac{50 \cdot 2}{6} = \underline{\underline{16 \frac{2}{3}}}$$

[weiter](#)

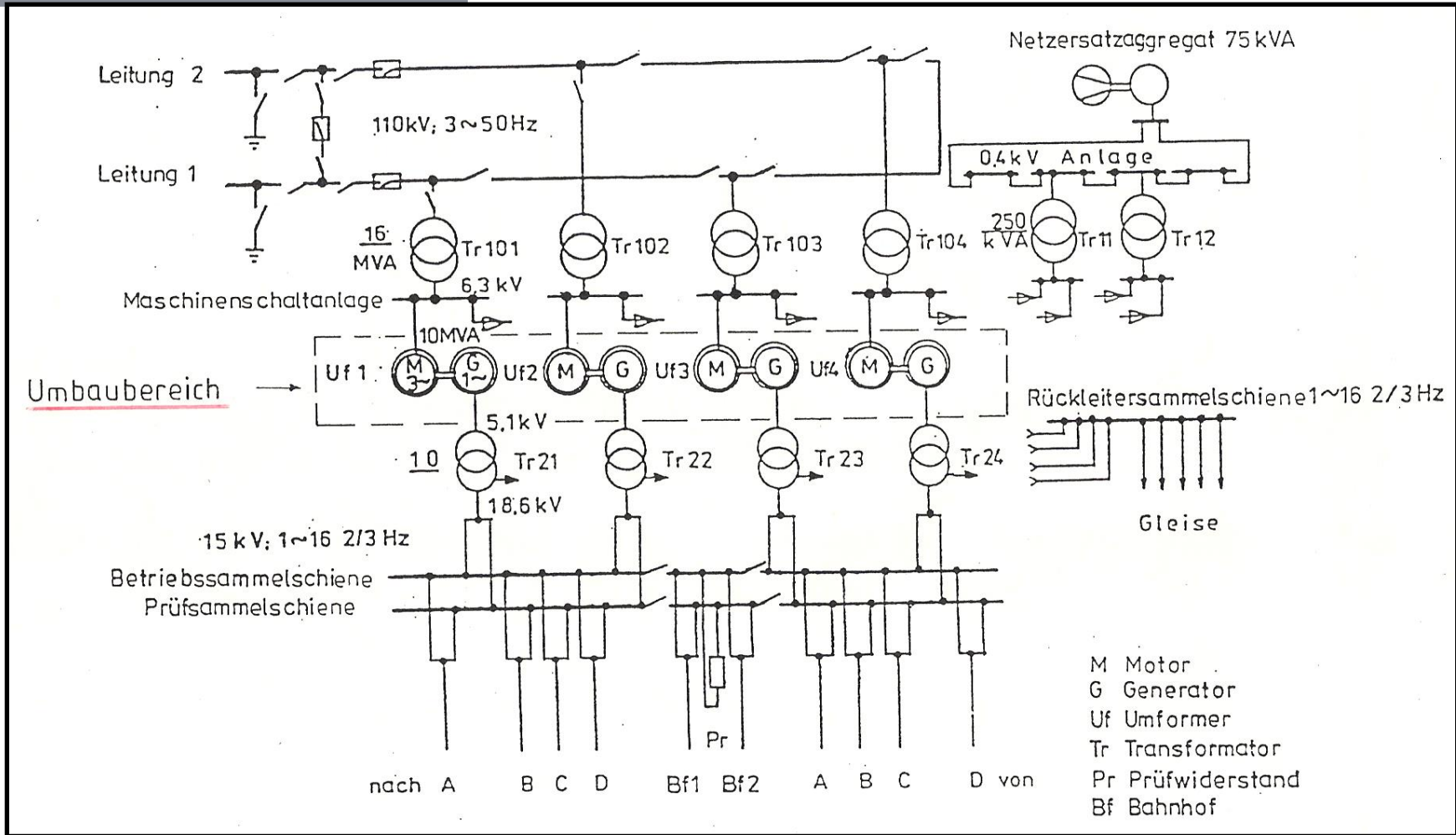
[Übersicht](#)





# Umformer im dezentralen Netz

## 2. Die Gegenwart



Grundschaltplan Umformerwerk der 2. Generation

[Übersicht](#)







# Wasserkraftwerk im zentralen Netz

## 2. Die Gegenwart



Turbine und Generator



Turbinenhaus

Übersicht





# Wärmeleistung im zentralen Netz

## 2. Die Gegenwart



Wärmeleistung in Schkopau



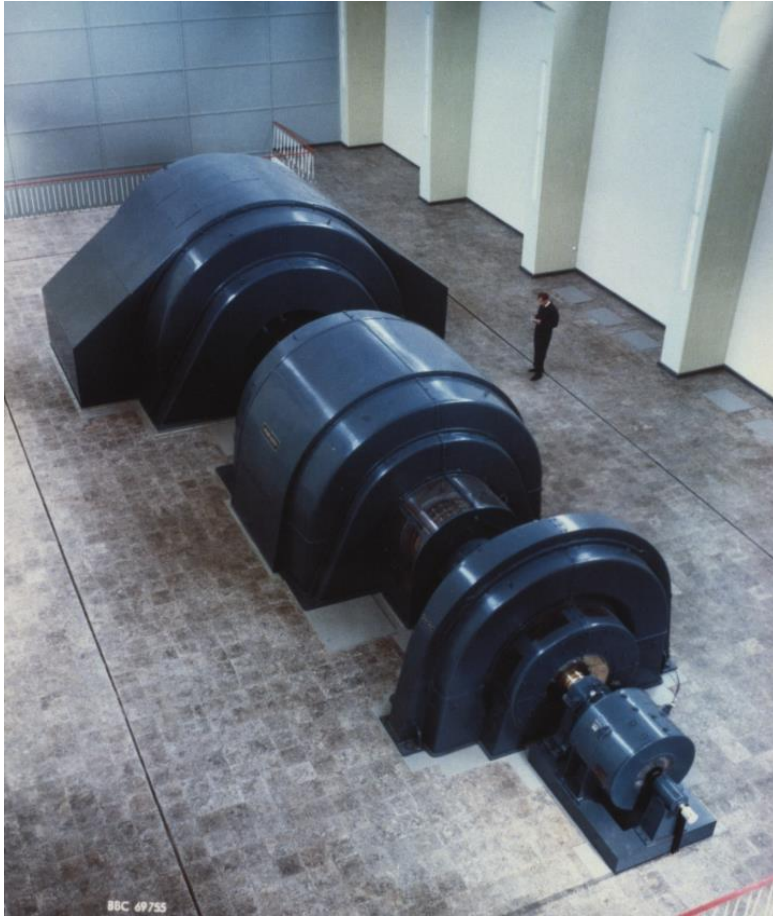
[Übersicht](#)





# Umformerwerk im zentralen Netz

## 2. Die Gegenwart



As-Sy-Umformer in zentralen Ufw



[weiter](#)

[Übersicht](#)





# Umformerwerk im zentralen Netz

## 2. Die Gegenwart



Umformerwerk 110kV Schaltanlage



Umformerwerk Karlsruhe

[weiter](#)

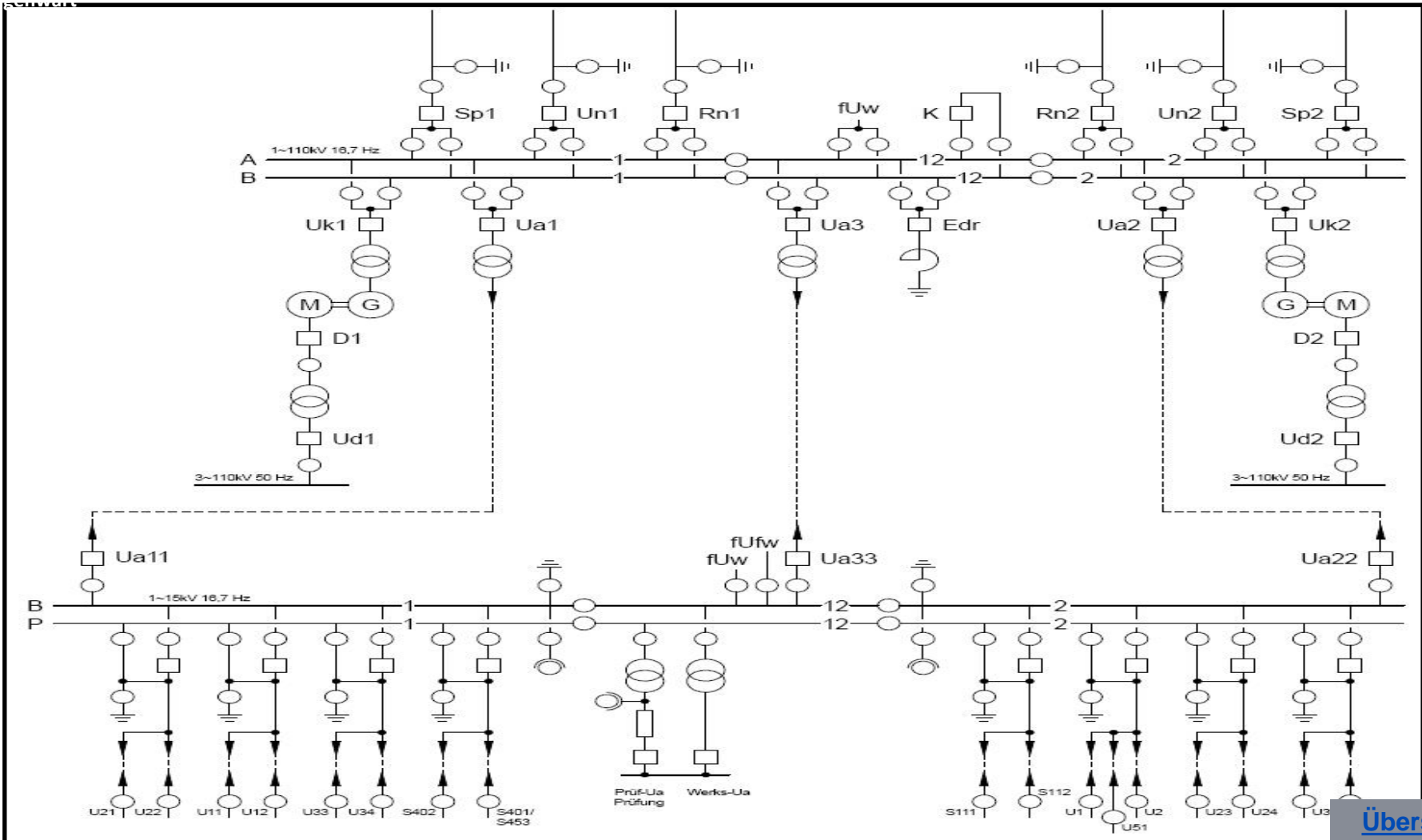
[Übersicht](#)





# Umformerwerk im zentralen Netz

## 2. Die Gegenwart



Übersicht





## Unterwerk 110 kV/ 15 kV

### 2. Die Gegenwart



Unterwerk der DB Energie

[Übersicht](#)

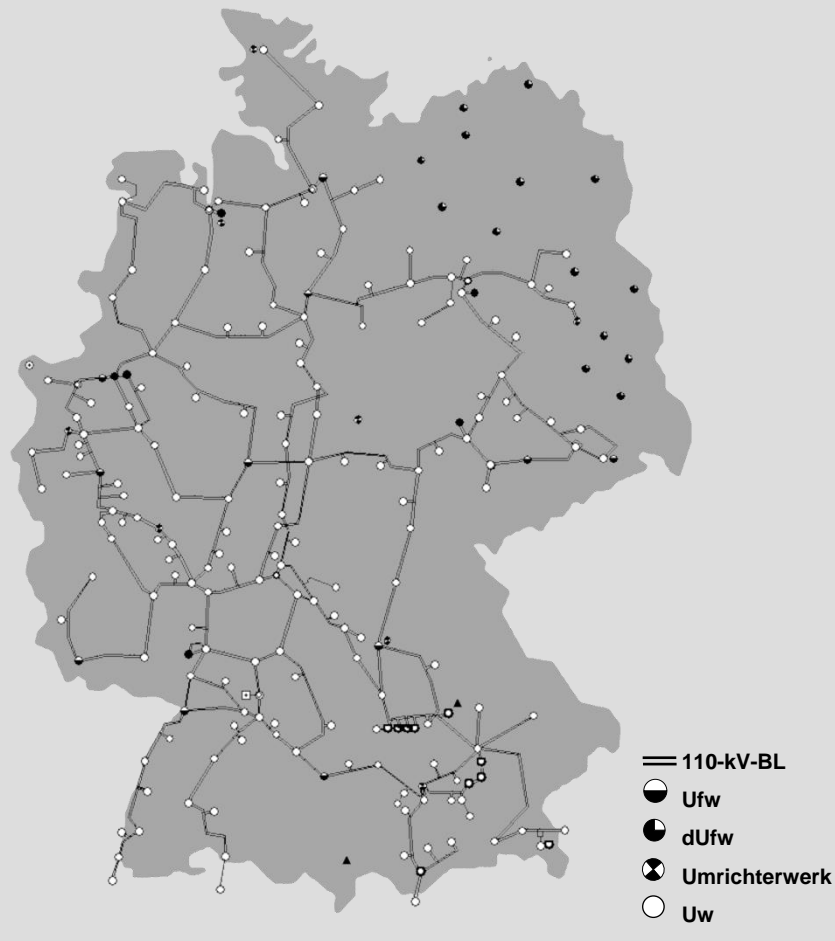


# Infrastruktur für 16,7 Hz Bahnstrom

2. Die Gegenwart

## 16,7-Hz-Bahnstromnetz

Stand 12/2022



### 16,7-Hz-Bahnstrom

■ Länge Bahnstromnetz	7.956 km
■ Kraftwerke	15
■ zentrale Umformerwerke	8
■ dezentrale Umformerwerke	5
■ zentrale Umrichterwerke	14
■ dezentrale Umrichterwerke	12
■ Unterwerke	190
■ Installierte Leistung	3.279 MW

### Energieabgabe

**9,79 TWh/Jahr**

[weiter](#)

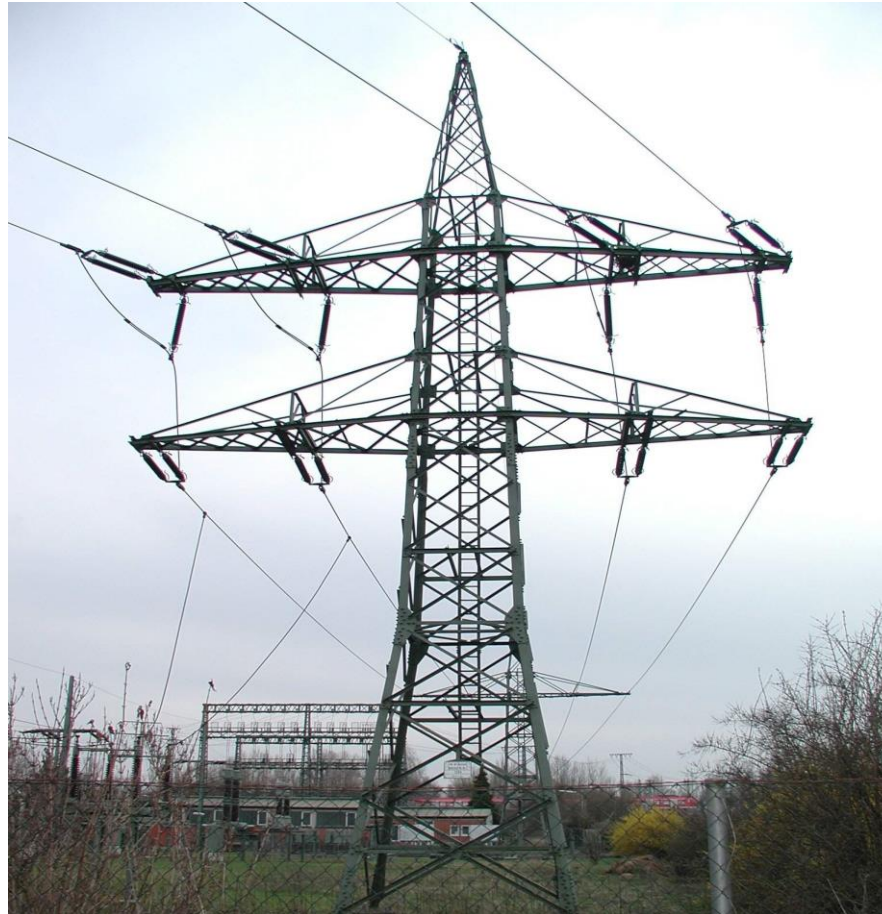
[Übersicht](#)





## Bahnstromleitungsnetz 110 kV / 16,7 Hz

### 3. Die Gegenwart



**110-kV-Bahnstromleitungsendmast vor einem Unterwerk**

Übersicht





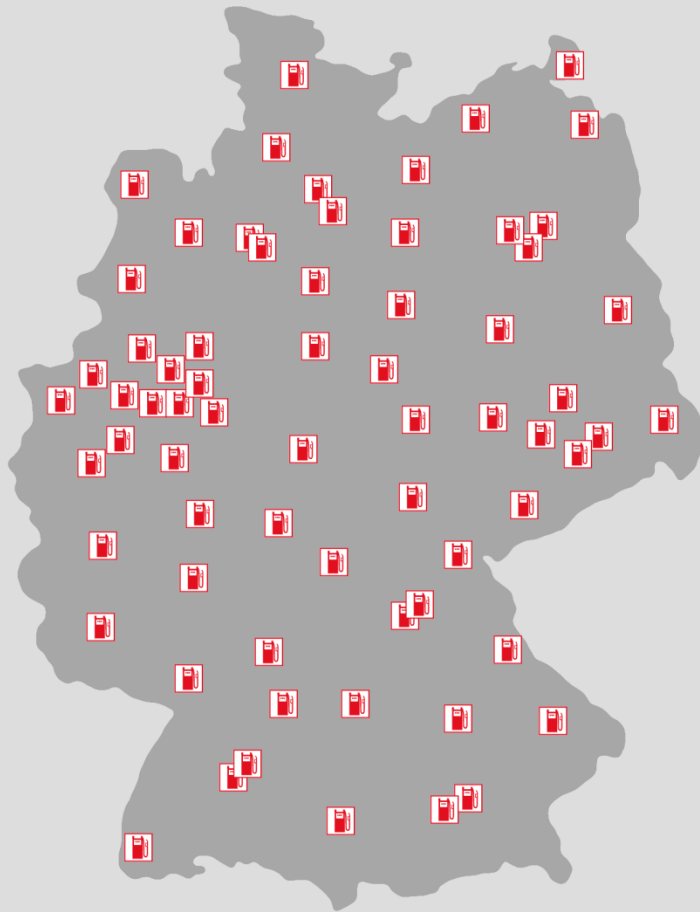


# Energieversorgung mit Kraftstoffen - Tankstellennetz

## 2. Die Gegenwart

### Versorgung mit Antriebs- und Betriebsstoffen im gesamten Bundesgebiet

Stand 12/2022



#### Tankdienste

■ Tankstellen	180
■ AdBlue-Abgabestellen	39
■ Dieselaabgabe	377,97 Mio. Liter

Versorgung der Triebfahrzeuge mit weiteren Betriebsstoffen:

■ Heizöl	2,89 Mio. Liter/Jahr
■ Motoröl	0,04 Mio. Liter/Jahr
■ AdBlue	2,15 Mio. Liter/Jahr
■ Sand	

[weiter](#)

[Übersicht](#)



# Energieversorgung mit Kraftstoffen Tankstellennetz

## 2. Die Gegenwart



**DB Energie Tankstelle**



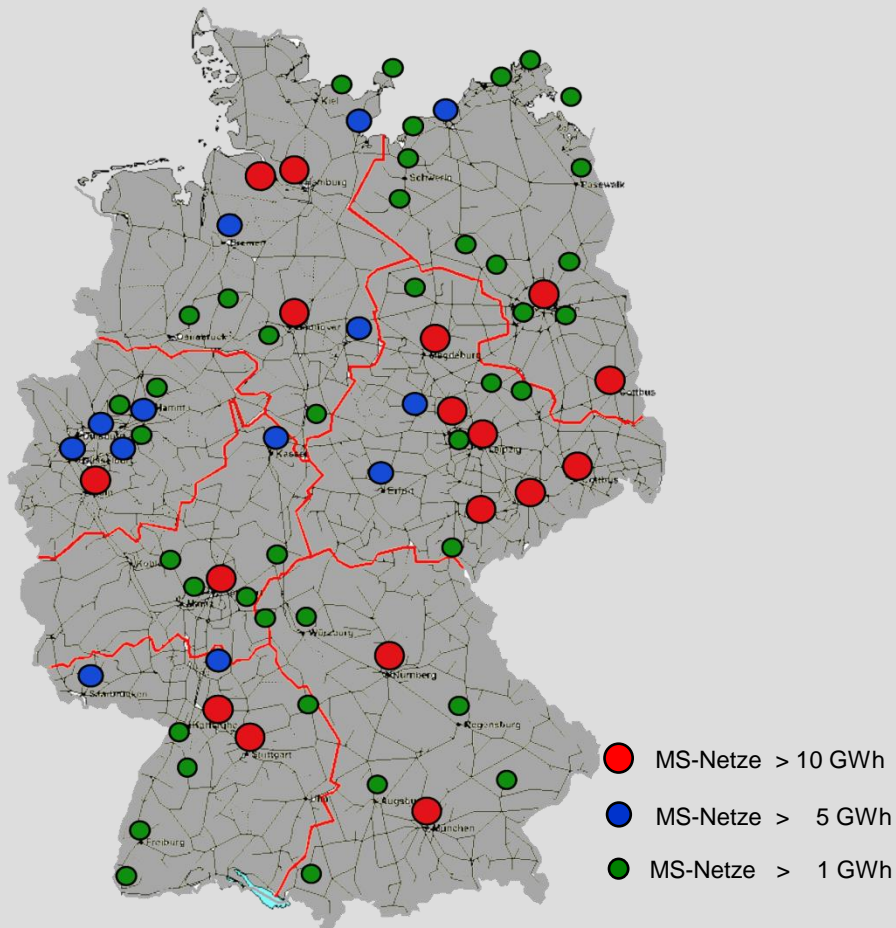
**Lokbetankung**



# Energieversorgung 50 Hz Stromversorgung

## 2. Die Gegenwart

### 50-Hz-Bereitstellung



Stand 12/2022

### 50-Hz-Licht-/Kraftstrom

■ Mittelspannungsnetze	165	
■ Trafostationen	1834	
■ Mittelspannungstrassen	ca. 827 km	–
■ Niederspannungstrassen	ca. 5.000 km	
■ Zugvorheizanlagen	141	
■ Energieabgabe	1,55 TWh/Jahr	

### Gleich-Strom-Versorgung S-Bahn

■ Gleichstrom-Unterwerke	117
■ Installierte Leistung	789 MW
■ S-Bahn Kabelnetz	1005 km

[weiter](#)

[Übersicht](#)





# Energieversorgung 50 Hz Stromversorgung

## 2. Die Gegenwart





# Energieversorgung 50 Hz Stromversorgung

## 2. Die Gegenwart



Übersicht





# Netzbetriebsführung der Bahnenergieversorgung

## 2. Die Gegenwart

### Zahlen und Fakten zum Bahnbetrieb

1.3.1 Übersichtsplan der Bahnstromleitungen



■ 110-kV-Bahnstromleitungsnetz	7.936 km	Stand 12/2021
■ Kraft-, Umformer-, Umrichterwerke	53	
■ 110-kV-Unterwerke	187	
■ 15-kV-Kuppelstellen und -Schaltposten	234	
■ Installierte Leistung dezentral	515 MW	
■ Installierte Leistung zentral	2.679 MW	
■ Netzverbund mit ÖBB/SBB	4 (Verbindungen)	
■ Netzbetriebsführung und Kraftwerkseinsatz 110 kV	1 Hauptschaltleitung 1 Schaltbefehlsstellen	
■ Netzbetriebsführung 15 kV	7 Zentralschaltstellen	
■ Höchstes Stundenmittel	1.759 MW	
■ Regelleistung	400-600 MW	
■ Energieabgabe 16,7 Hz	9,54 TWh/Jahr	

[weiter](#)

[Übersicht](#)

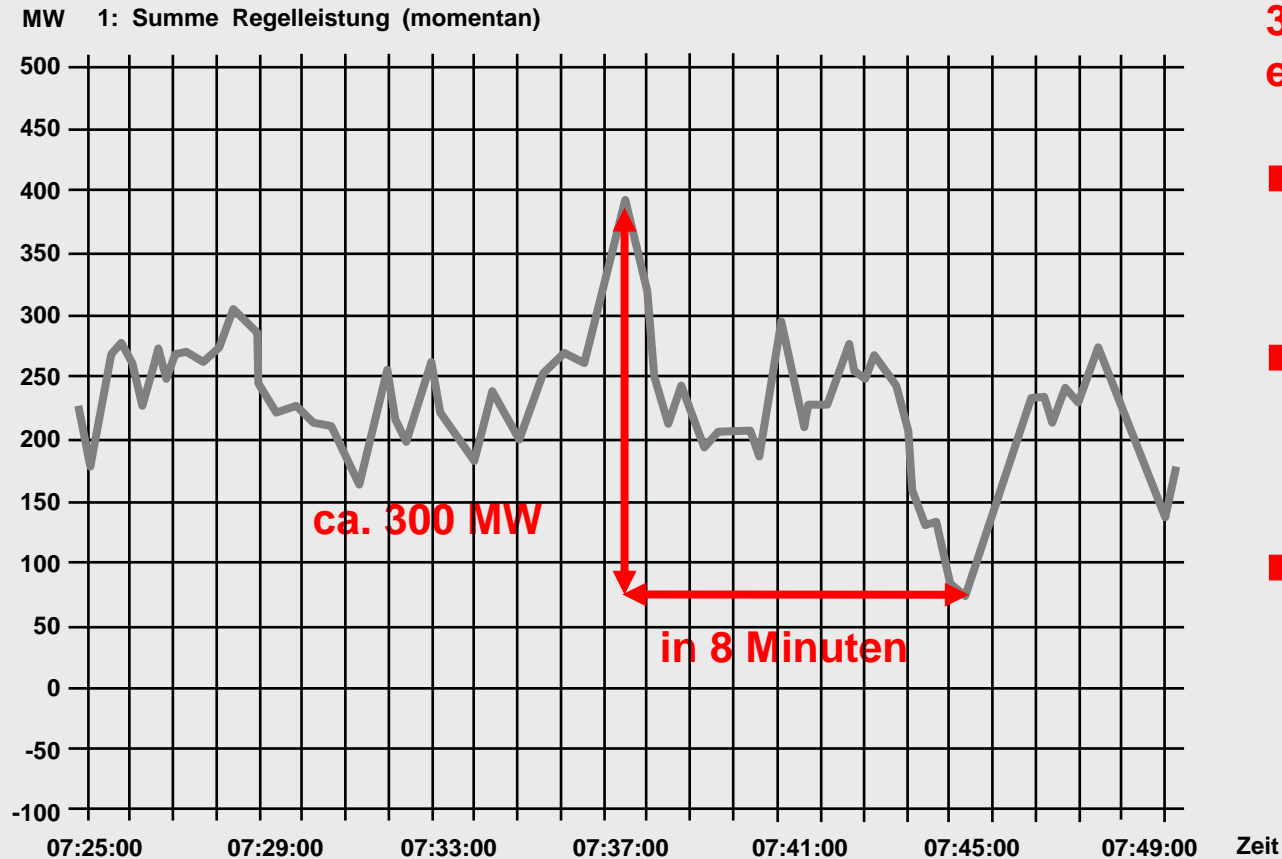




# Netzbetriebsführung der Bahnenergieversorgung

## 2. Die Gegenwart

### Kaum planbare Verbrauchsschwankungen – erhöhte Anforderungen an Energieportfoliomangement



### 300 MW Lastschub entsprechen:

- einer Stadt wie Köln mit ca. 1.000.000 Mio. Einwohnern
- in der 2 Mio. Fernsehgeräte zur gleichen Zeit eingeschaltet werden
- oder gleichzeitiges Anfahren von 4.000 Pkw mit je 100 PS

Streik

weiter

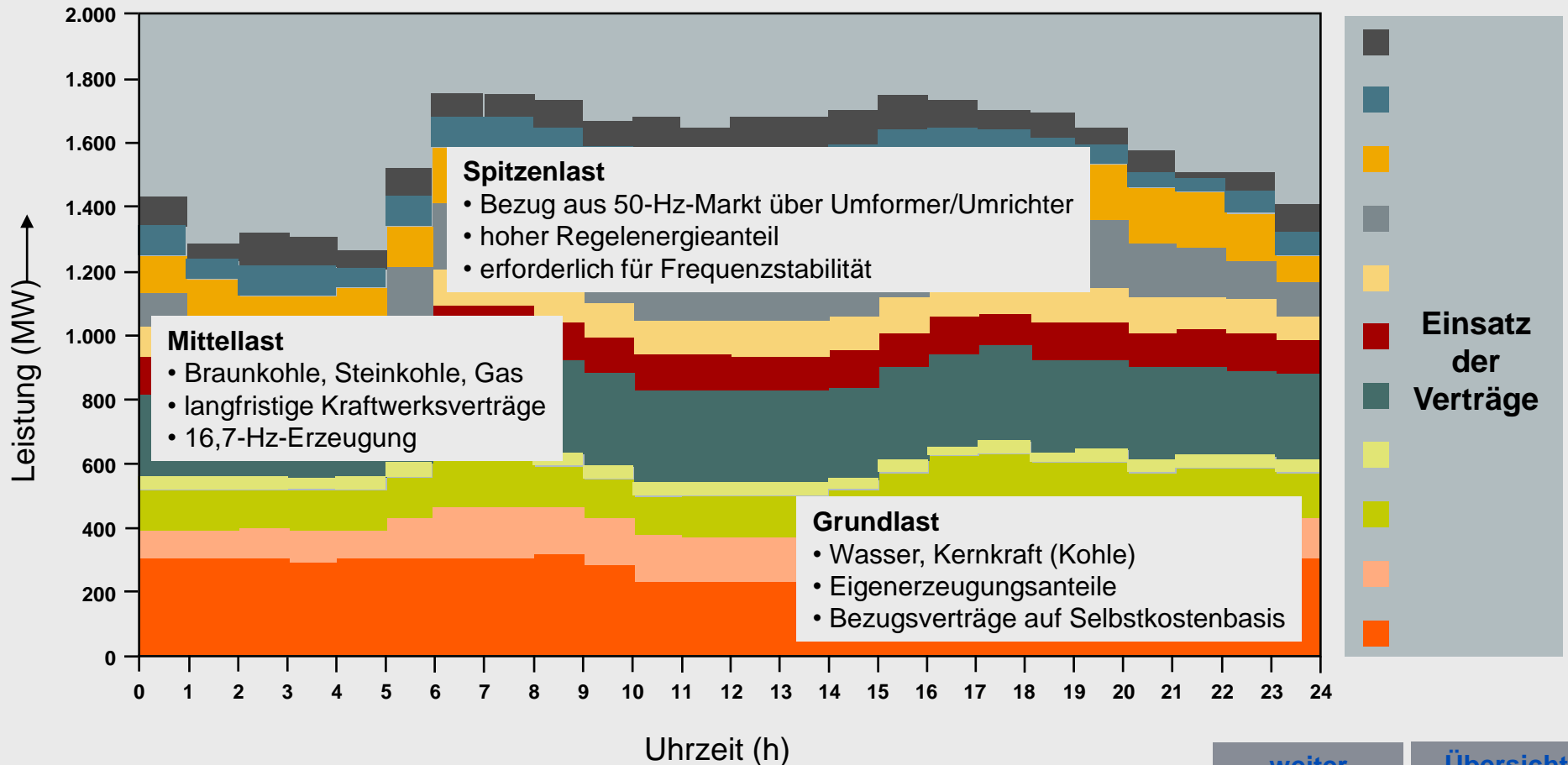
Übersicht



# Netzbetriebsführung der Bahnenergieversorgung

## 3. Die Gegenwart

### Portfoliooptimierung: Einkauf und Einsatz zum richtigen Zeitpunkt







# Netzbetriebsführung der Bahnenergieversorgung

## 2. Die Gegenwart



Die Hauptschaltleitung

[weiter](#)

[Übersicht](#)





# Netzbetriebsführung der Bahnenergieversorgung

## 2. Die Gegenwart



Moderne Zes

[weiter](#)

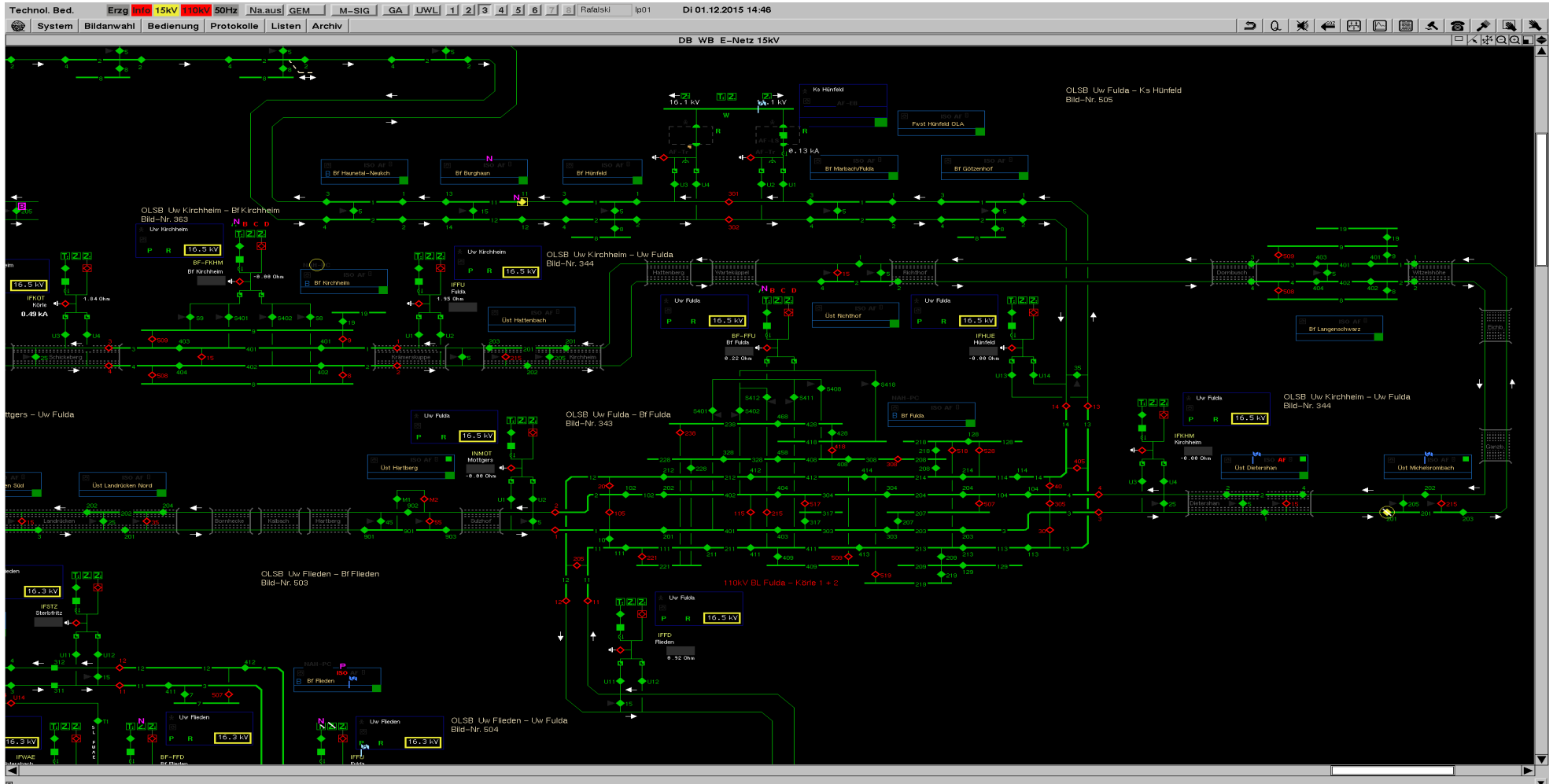
[Übersicht](#)





# Netzbetriebsführung der Bahnenergieversorgung

## 2. Die Gegenwart



Übersichtsschaltbild in einer modernen Zes

[weiter](#) [Übersicht](#)





# Netzbetriebsführung der Bahnenergieversorgung

## 2. Die Gegenwart



**Betriebsführung Tank**

[Übersicht](#)

# Grundlagen: Spannungssysteme für Bahnen nach EN 50163

## 2. Gegenwart- Oberleitungen

System	$U_n$ [V]	$U_{min1}$ [V]	$U_{max1}$ [V]
DC 600 V	600	400	720
DC 750 V	750	500	900
DC 1,5 kV	1.500	1.000	1.800
DC 3,0 kV	3.000	2.000	3.600
AC 15 kV 16,7 Hz	15.000	12.000	17.250
AC 25 kV 50 (60) Hz	25.000	19.000	27.500

$U_n$  – Nennspannung,  $U_{min1}$  – niedrigste Dauerspannung,  $U_{max1}$  – höchste Dauerspannung

weiter

Übersicht

Folie: Dipl.-Ing. Nyascha Thomas Wittemann  
TU Dresden



# Grundlagen: Zugströme in Abhängigkeit vom Bahnstromsystem

## 2. Gegenwart- Oberleitungen

Fahrzeug	Mech. Leistung kW	eta	El. Leistung kW	HiB kW	cos phi	Scheinleistung kVA	Spannung V	Traktionsstrom A
Lokomotive Standard	6.400	0,88	7.273	300	-	7.573	1.500	5.048
Lokomotive Standard	6.400	0,88	7.273	300	-	7.573	3.000	2.524
Lokomotive Standard	6.400	0,83	7.711	300	1,00	8.011	15.000	534
Lokomotive Standard	6.400	0,83	7.711	300	1,00	8.011	25.000	320
ICE 3 (8 Wagen)	8.000	0,88	9.091	250	-	9.341	1.500	6.227
ICE 3 (8 Wagen)	8.000	0,88	9.091	250	-	9.341	3.000	3.114
ICE 3 (8 Wagen)	8.000	0,83	9.639	250	1,00	9.889	15.000	659
ICE 3 (8 Wagen)	8.000	0,83	9.639	250	1,00	9.889	25.000	396
2x ICE 3 (16 Wagen)	16.000	0,88	18.182	500	-	18.682	1.500	12.455
2x ICE 3 (16 Wagen)	16.000	0,88	18.182	500	-	18.682	3.000	6.227
2x ICE 3 (16 Wagen)	16.000	0,83	19.277	500	1,00	19.777	15.000	1.318
2x ICE 3 (16 Wagen)	16.000	0,83	19.277	500	1,00	19.777	25.000	791

ab Stromwerten > 1000 A pro Stromabnehmer extremer „elektrischer“ Verschleiß  
durch Aufschmelzen und Verdampfen der Kontaktbrücken Kupfer – Kohle  
(exakt: ab Stromdichten > 500 A / cm<sup>2</sup> Kontaktfläche)

weiter

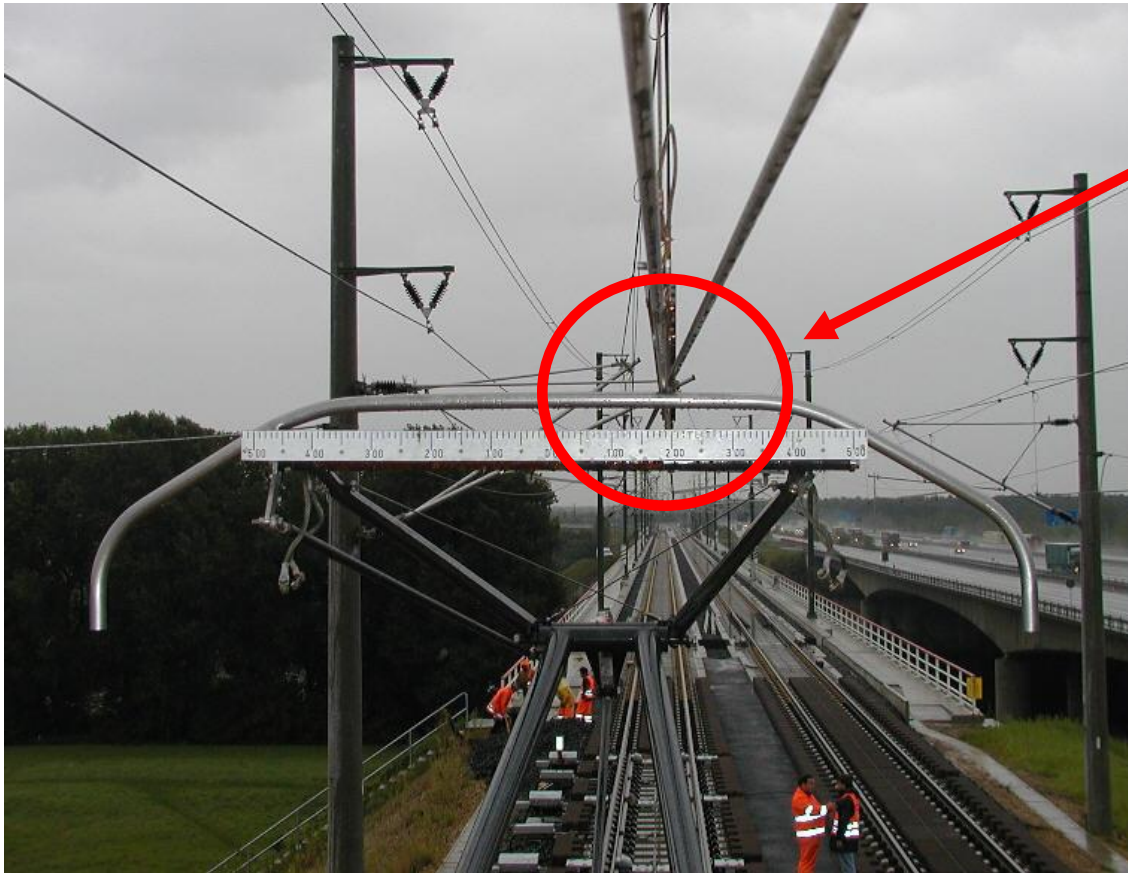
Übersicht

Folie: Dipl.-Ing. Nyascha Thomas Wittemann  
TU Dresden



# Grundlagen: Leistungsbereitstellung und -übertragung

## 2. Gegenwart- Oberleitungen



**12 MW**

- auf 2 cm<sup>2</sup>
- bis 350 km/h
- Höhentoleranz 1,5 m
- Seitenlage  $\pm 40$  cm
- schwingfähiges System
- auch bei Regen, Wind und Schnee höchste Verfügbarkeitsanforderungen

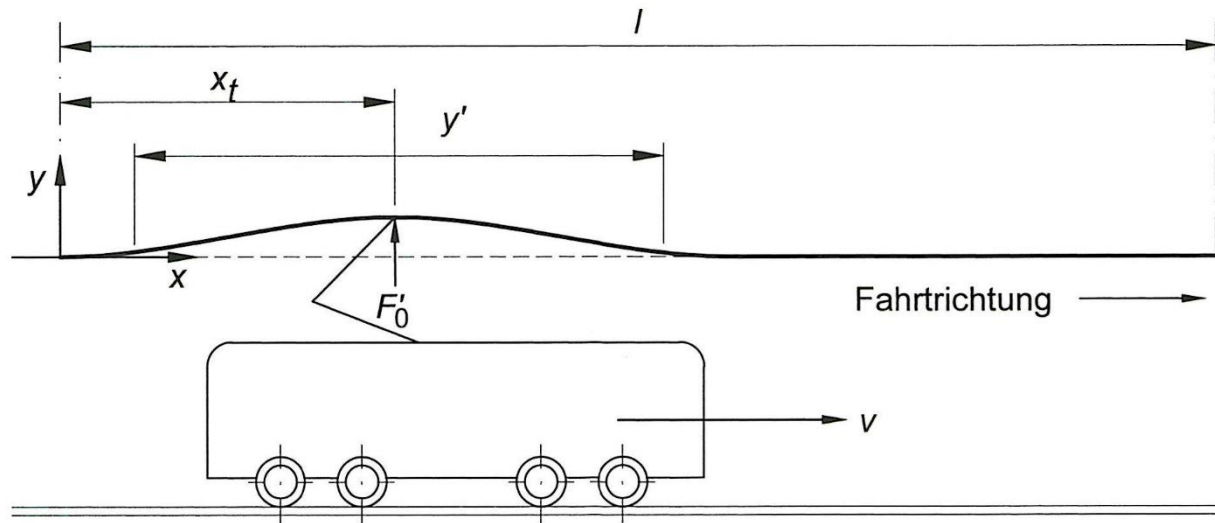
weiter

Übersicht

Folie: Dipl.-Ing. Nyascha Thomas Wittmann  
TU Dresden

# Zusammenwirken Pantograph - Oberleitung

## 2. Gegenwart- Oberleitungen



Grundproblem:

Anpresskraft → Anhub des Fahrdrahtes → Wellenausbreitung → Reflexion an Massepunkten →  
Rücklauf der reflektierten Wellen → Überlagerung und Schwingung

→ Schwingung des gesamten Kettenwerkes → Rückwirkung auf Stromübertragung

weiter

Übersicht

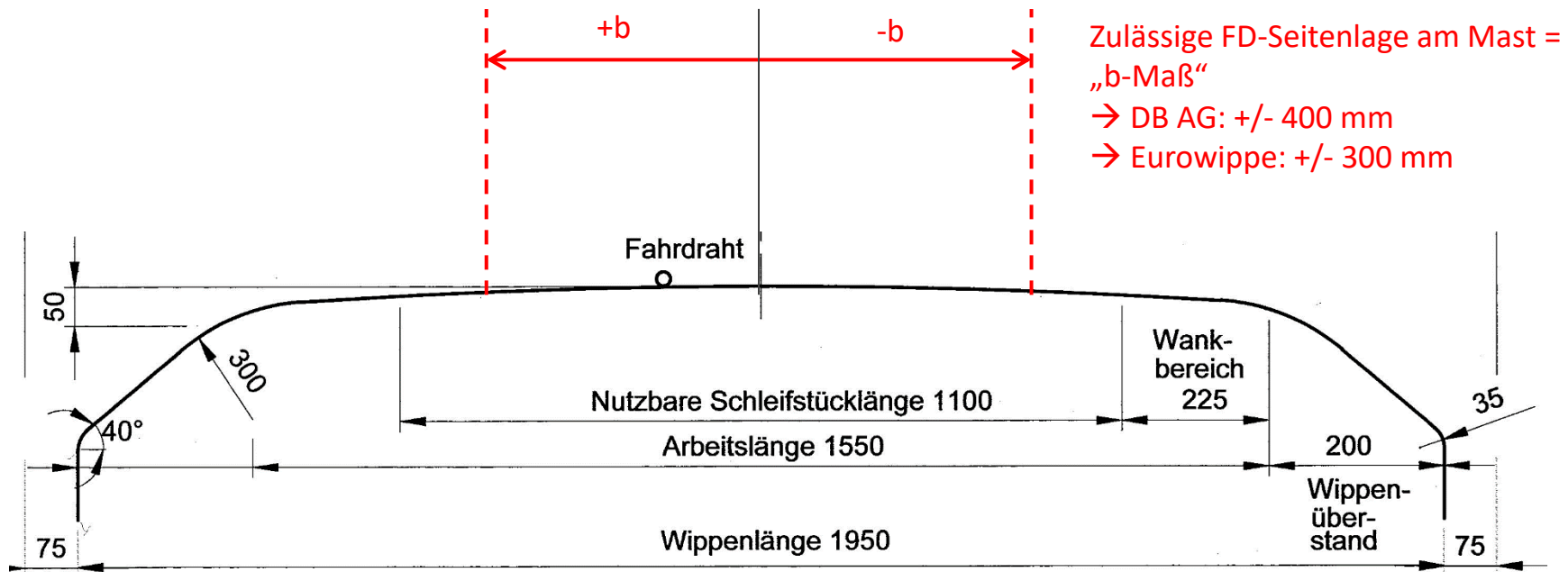
Folie: Dipl.-Ing. Nyascha Thomas Wittmann  
TU Dresden



# Oberleitungen: Fahrdrabtseitenlage „Zick-Zack“

## 2. Gegenwart- Oberleitungen

- Gleitkontakt Fahrdrabt–Schleifleiste unterliegt Abrieb  
→ „Zick-Zack“-Führung des Fahrdrabtes für lange Lebensdauer
- Fahrdrabt verläuft zwischen zwei Masten immer gerade  
→ Abweichung von Gleismitte bei Kurvenfahrt erfordert Toleranzbereich



weiter

Übersicht

Folie: Dipl.-Ing. Nyascha Thomas Wittemann  
TU Dresden

# Oberleitungsbauarten in Deutschland

## 2. Gegenwart- Oberleitungen

Verwendung von Regelbauarten Re (gemäß EBS-Zeichnungswerk)

- abhängig von der Streckenhöchstgeschwindigkeit (Mechanik)
- abhängig von der Streckenbelastung (Strombelastung)

Regelbauarten:

- Re100 für Nebengleise,  $v_{\max} = 100 \text{ km/h}$
- Re200 Standardoberleitung,  $v_{\max} = 200 \text{ km/h}$
- Re200<sub>mod</sub> für Ausbaustrecken,  $v_{\max} = 230 \text{ km/h}$
- Re250 für HGV-Strecken,  $v_{\max} = 280 \text{ km/h}$  (kein Neubau mehr)
- Re330 für HGV-Strecken,  $v_{\max} = 330 \text{ km/h}$



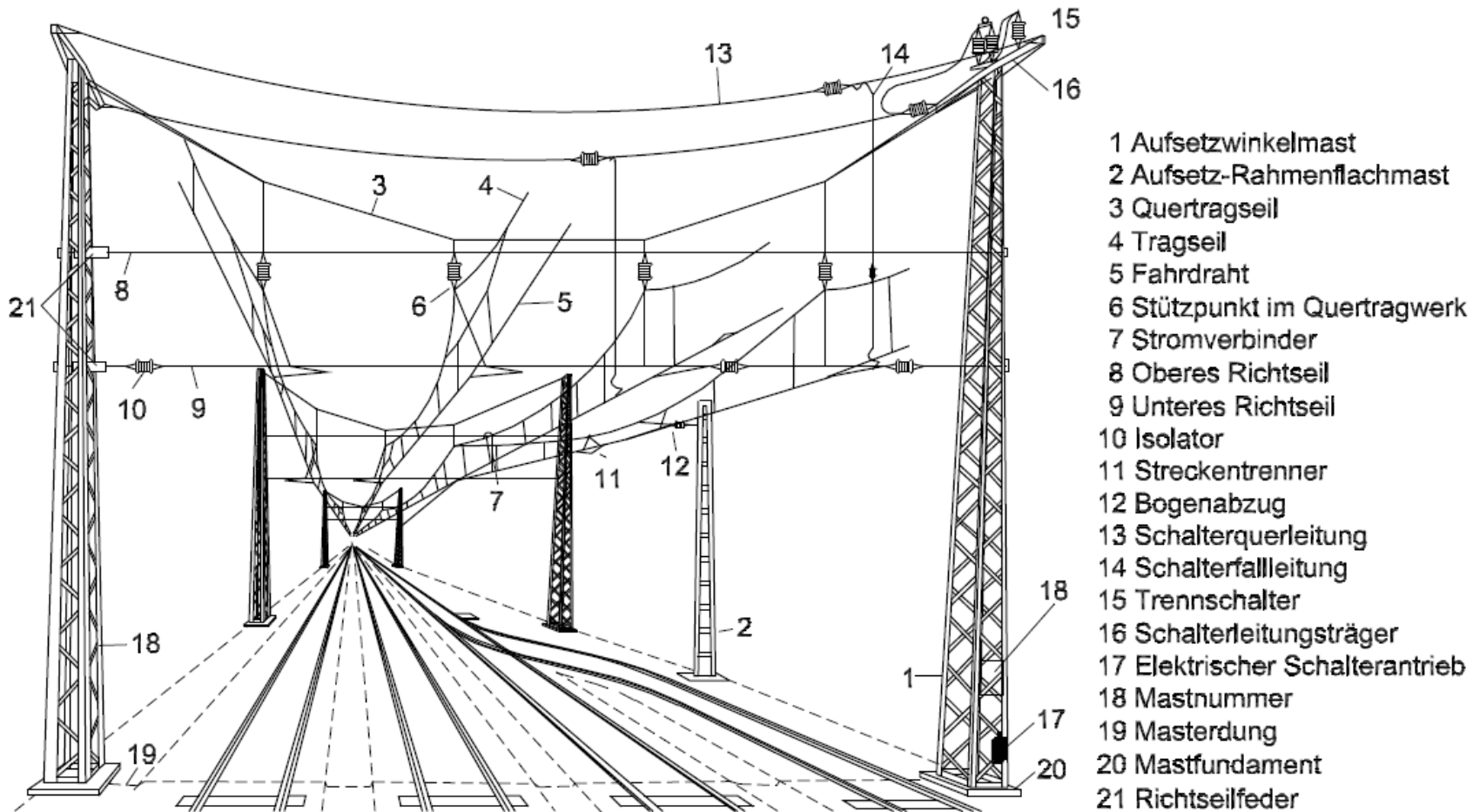
weiter

Übersicht

Folie: Dipl.-Ing. Nyascha Thomas Wittemann  
TU Dresden

# Oberleitungen an flexiblen Quertragwerken

## 2. Gegenwart- Oberleitungen



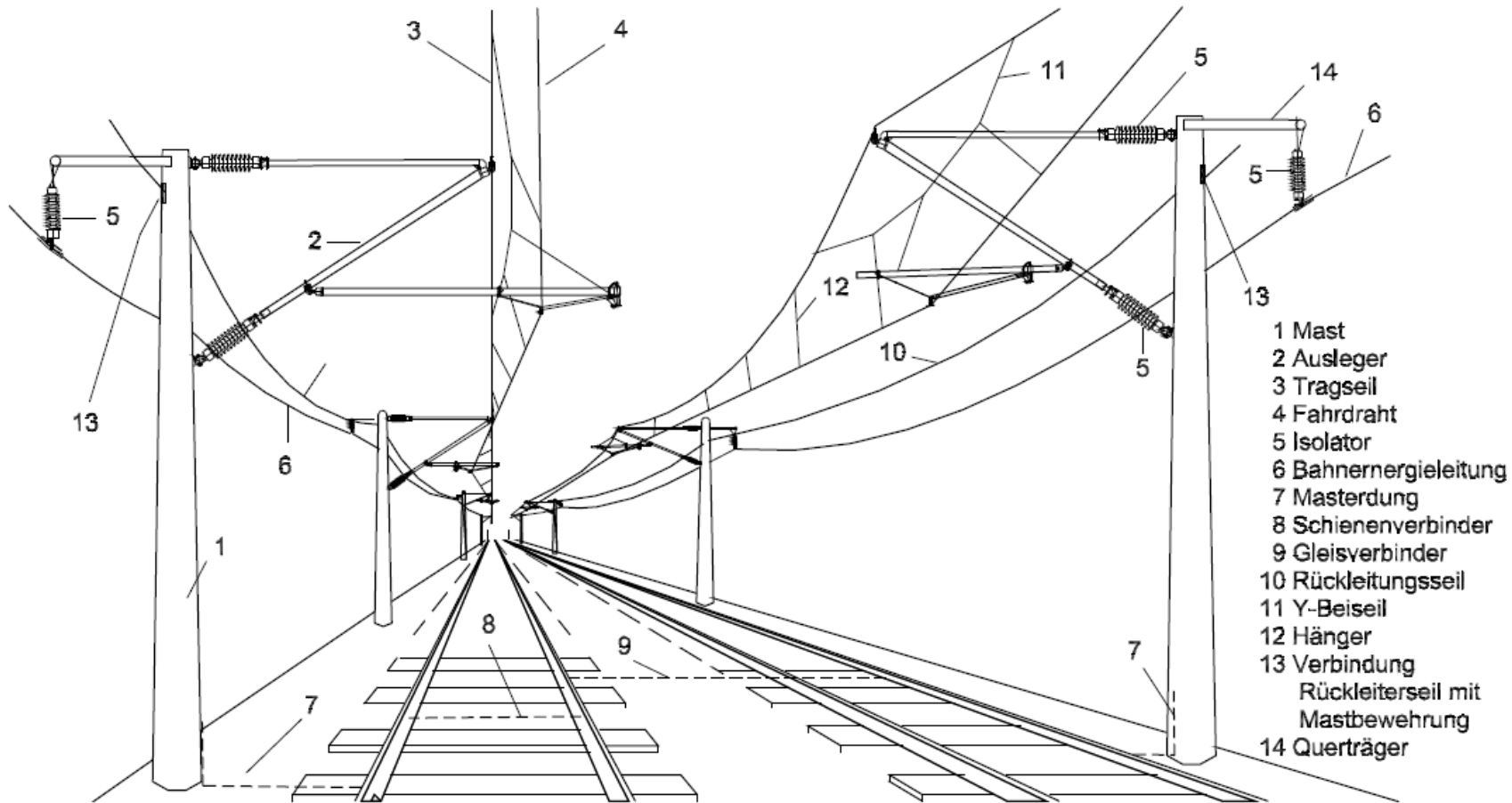
weiter

Übersicht

Abb.: „Energieversorgung elektrischer Bahnen“ Hofmann, Biesenack u.a.

# Oberleitungen an Einzelmasten aus Beton

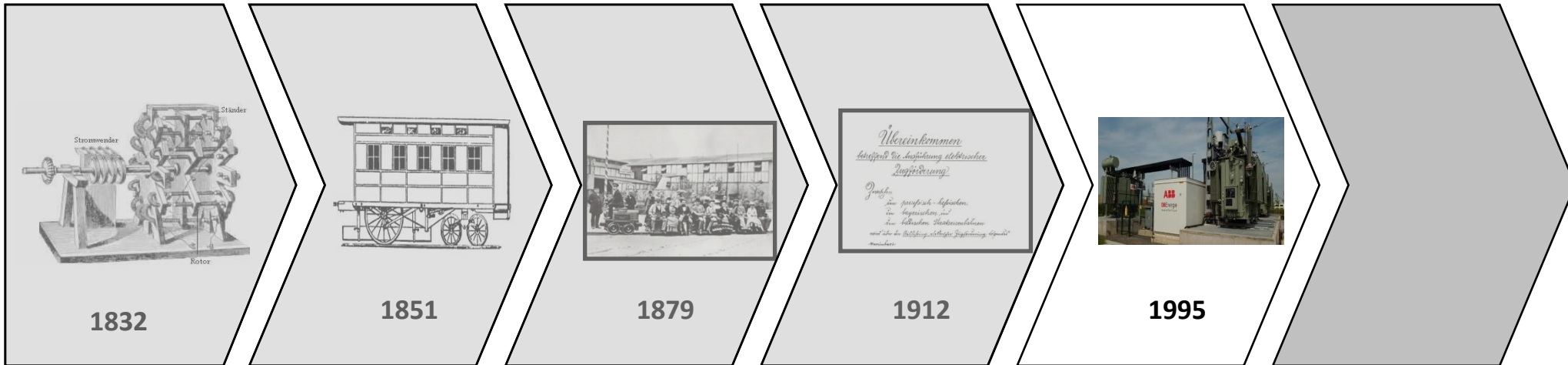
## 2. Gegenwart- Oberleitungen



### Übersicht

Abb.: „Energieversorgung elektrischer Bahnen“ Hofmann, Biesenack u.a.

# Ingenieure als Impulsgeber bei der Entwicklung der Eisenbahn



Der Zusammenschluss der beiden deutschen Bahnen erforderte an vielen Stellen Lückenschlüsse auch der sich z.T. unterschiedlich entwickelten Bahnenergieversorgungssysteme. Dazu kam ein steigender Bedarf an Bahnstrom.



# Umrichter bei der Bahn

## 2. Die Gegenwart

### Die Idee:

**Schaffung einer universellen Möglichkeit der Frequenzumformung ohne rotierende Maschinen**

- ➔ wartungsarm aufgrund fehlender rotierender Teile
- ➔ hohe Betriebsicherheit
- ➔ höherer Wirkungsgrad

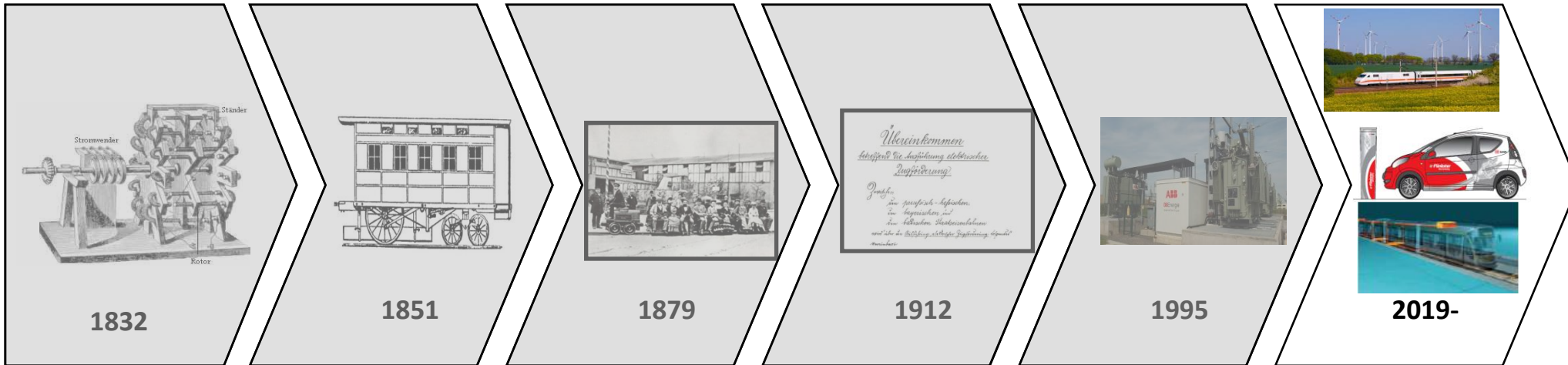


Übersicht



# Ingenieure als Impulsgeber bei der Entwicklung der Eisenbahn

## 3. Herausforderungen für die Zukunft



### Was sind die Herausforderungen der Zukunft:

- Der bewußte Umgang mit Natur, Ressourcen und Klima sind Forderungen, die Bevölkerung und Politik an die Bahn stellen
- Höhere Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Bahnbetriebes
- Steigende Energiepreise; zukünftig sinkende Verfügbarkeit von Elektroenergie; vermehrt Windenergie
- Sich verändernde Ansprüche der Kunden an (individuelle) Mobilität

# Nachhaltige Weiterentwicklung der Technik durch Technologiefeldstrategien

## 3. Herausforderungen für die Zukunft



- **Erhöhung der Verfügbarkeit durch Maschenschließung**
- **Erhöhung der Übertragungskapazität durch Anhebung der Leiterseiltemperaturen**
- **Standardisierung der Komponenten und Orientierung an der öffentlichen Energieversorgung**
- **Einsatz von Umrichtertechnik**
- **Flexibilisierung durch Umrichteranlagen mit bedarfsgerechter Platzierung im 50-Hz-Netz**
- **Einführung international anerkannter IT-Sicherheitsstandards in der Stations- und Netzleittechnik**
- **Standardisierung und Modularisierung in der Schaltanlagentechnik**
- **Vertiefung der Zusammenarbeit mit anderen europäischen Bahnen**
- **Bundesweite Prüfung eines Diesel-Ersatzes durch Wasserstoff**



# Oberleitungen: Gibt es heute Alternativen?

## 3. Herausforderungen für die Zukunft

### Kennwerte einer klassischen Oberleitung:

- Kontinuierliche Energieversorgung mit beliebiger Leistung zwischen 0 und  $P_{\max}$  jederzeit, überall und bis zu 400 km/h
- Verfügbarkeit: > 99 %
- Lebensdauer: > 50 Jahre
- Wirkungsgrad: > 97 %
- Jederzeit Leistungsaustausch zwischen allen Fahrzeugen des Netzes
- seit über 100 Jahren im Einsatz und ständig optimiert

→ Das müssen alternative Lösungen erreichen oder überbieten können.



weiter

Übersicht

Folie: Dipl.-Ing. Nyascha Thomas Wittemann  
TU Dresden

# Nachhaltiger Schienenverkehr durch politisches Handeln

## 3. Herausforderungen für die Zukunft



- **Emissionshandel anpassen:** Alle Verkehrsträger müssen auf Grundlage des Verursacherprinzips einen Beitrag zum Klimaschutz leisten - **Erlöse** aus dem **Emissionshandel** zur **Stärkung** der klimafreundlichen **Schiene** verwenden
- **Mehrfachbelastungen** aus den verschiedenen Klimaschutz-Instrumenten (Ökosteuer, Emissionshandel) **bei der Schiene abbauen: Energiesteuern absenken**
- Schiene von der **Mehrwertsteuer** im grenzüberschreitenden Verkehr analog dem Flugverkehr **befreien**
- **Umwelt- und Sicherheitsvorteile** der Schiene müssen am Markt spürbar werden



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



# Quellenangabe

## Internet/Intranet

1. Wikipedia
2. [http://www.leifiphysik.de/web\\_ph10/geschichte/09emotor/emotor.htm](http://www.leifiphysik.de/web_ph10/geschichte/09emotor/emotor.htm)
3. <http://www.sparkmuseum.com/MOTORS.HTM>
4. <http://www.bahnstrom.de/geschichte.htm>
5. <http://www.e94114.de/Eisenbahn/Elektrolokomotiven/Geschichte.htm>
6. <http://www.bahnstatistik.de/GIF/Bahnstrom.jpg>
7. [http://www.innoz.de/fileadmin/INNOZ/pdf/publikationen/2010/100914\\_ERI\\_de.pdf](http://www.innoz.de/fileadmin/INNOZ/pdf/publikationen/2010/100914_ERI_de.pdf)
8. <http://wiki.bahn-net.db.de>
9. <http://ibk.bahn-net.db.de/starweb/IBK/Login.htm>
10. DB ML AG GMM1 • 290710TE
11. Folien 19-48 mit freundlicher Genehmigung DB Energie GmbH

## Literatur/ Zeitschriften:

1. DB Energie Jahresbericht von 2015/2016/2017/2018/2020/2021/2022



# Quellenangabe

---

2. „Fahrleitungen elektrischer Bahnen“ (Kießling, Puschmann, Schmieder) 3. Auflage 2014  
Publicis Publishing

3. „Energieversorgung elektrischer Bahnen“ (Biesenack, Hofmann, Schmieder u.a.) 1. Auflage  
2006 Teubner Verlag