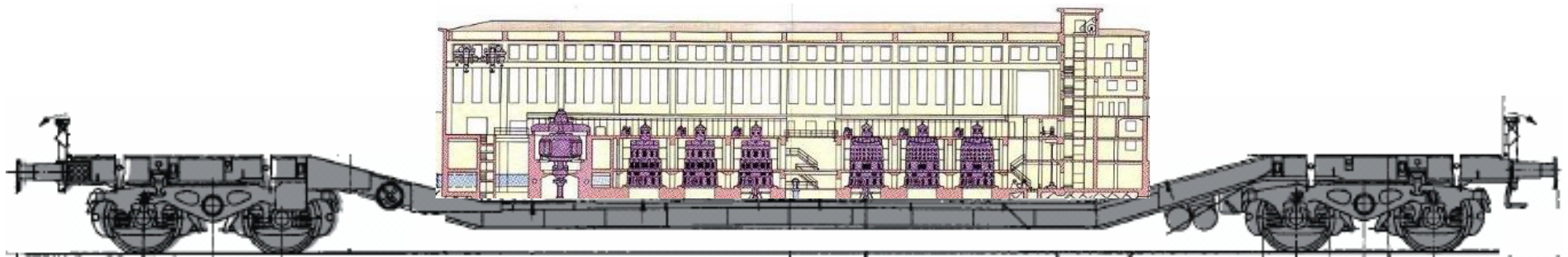


Fahrbare Kraftwerke bei der Eisenbahn



Kaffeepresentation vom
30. Oktober 2008
Martin Aeberhard

Gibt es überhaupt fahrbare Kraftwerke

???



Gibt es überhaupt fahrbare Kraftwerke

→ Ja, es gibt sie auch auf unserem Netz



Rekuperationsbremse

- Rekuperation bedeutet, dass die Motoren beim Bremsen als Generatoren arbeiten und Energie ins Netz zurückspeisen



1921



2003

- Im Gegensatz zu Widerstandsbremsen, bei denen die in den Motoren erzeugte Energie in Widerständen verheizt wird



Warum Rekuperationsbremsen

→ Nachteile anderer Bremssysteme:

- Mechanische Bremsen: Verschleiss, Beschädigung Räder (Risse, Verformung), Brandgefahr (Schutzbrände)
- Widerstandsbremsen: Platz und Gewicht, Ventilation, begrenzte Leistung
- In Wärme umgewandelte Energie kann nicht zurückgewonnen werden!

→ Jedoch auch: Grenzen der Rekuperationsbremsen:

- Begrenzte Pufferkräfte (Sicherheit gegen Entgleisung)
- Begrenzte Leistung, Adhäsion (in der Regel nicht an allen Radsätzen vorhanden) -> es braucht in jedem Fall auch mechanische Bremsen
- Rekuperation funktioniert nicht bei Netzausfall. In einigen Fällen sind zusätzliche Widerstandsbremsen notwendig (z.B. Zahnradbahnen, TGV)

Installierte Leistung in SBB Kraftwerken

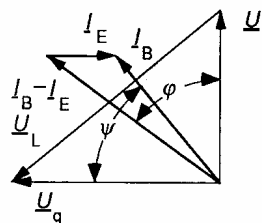
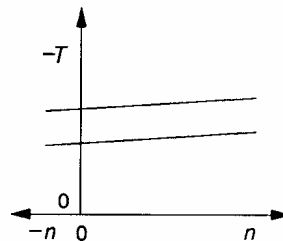
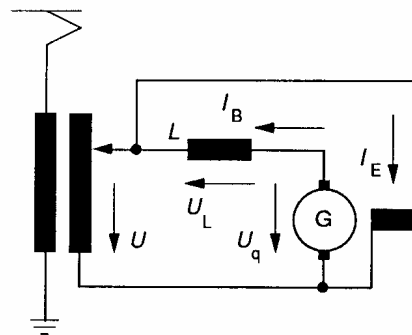
→ SBB- und Gemeinschaftskraftwerke:	625 MW
→ Frequenzumformerwerke:	450 MW
→ Total EN-Anlagen:	<u>1075 MW</u>
→ Rekuperationsleistung Triebfahrzeuge:	> 4000 MW

Was braucht es, um ein Kraftwerk ans Netz zu schalten?

- Synchronisierung, bedeutet Übereinstimmung mit der Netzspannung in
- Amplitude
- Frequenz
- Phase
- Diese Bedingungen müssen, wie bei jedem anderen Kraftwerk, auch bei einer Rekuperationsbremse erfüllt sein

Technische Entwicklung

→ Behn-Eschenburg Schaltung



$\cos \varphi$ Leistungsfaktor
 $\cos \psi$ Interner Leistungsfaktor (Fahrmotor selbst)

Bild 5.15. Die Behn-Eschenburg-Schaltung



- Zusatzgewicht: 3 – 4%
- ca. 7 – 9 kg/kW
- $\cos \varphi = 0.5 \dots 0.7$ induktiv

Technische Entwicklung

→ Erregermotor Schaltung

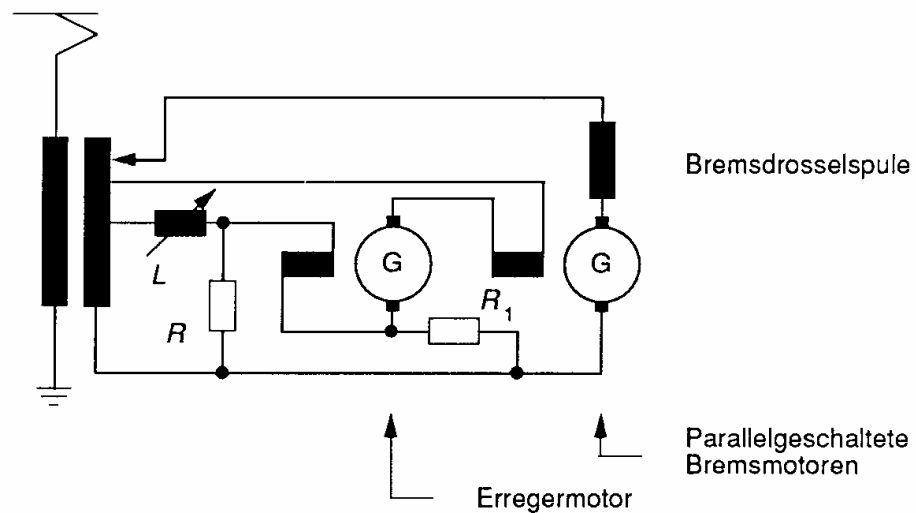


Bild 5.16. Die Erregermotorschaltung



→ Zusatzgewicht: 1.5 – 3%

→ ca. 1.1 – 2.3 kg/kW

→ $\cos\varphi = 0.7 \dots 0.83$ induktiv

Technische Entwicklung

→ Resonanz-Schaltung

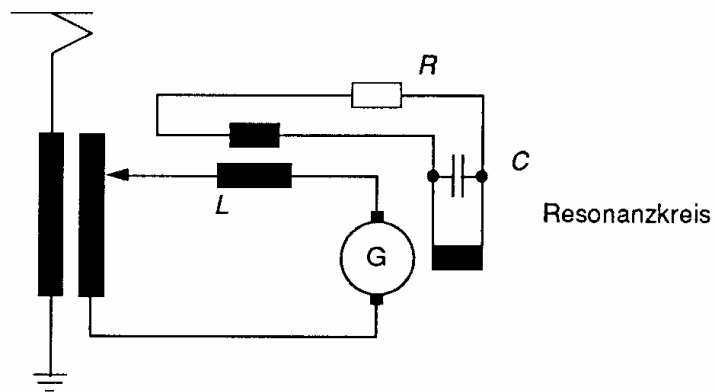


Bild 5.17. Die Resonanzschaltung



- Zusatzgewicht: 3%
- ca. 1.4 kg/kW
- $\cos\varphi = 0.55$ induktiv

Technische Entwicklung

→ Anschnitt-Steuerung

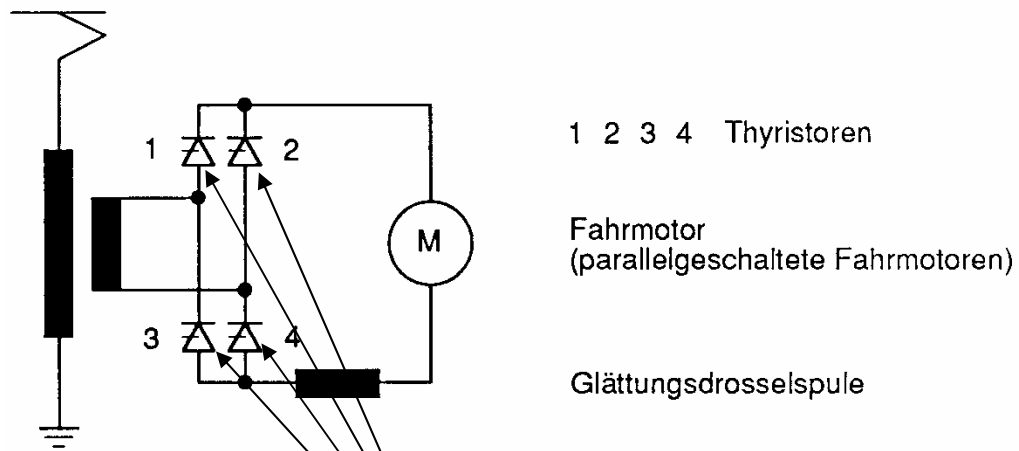


Bild 5.22. Vollgesteuerte Brückenschaltung

4 Thyristoren, anstatt
2 Thyristoren und 2 Dioden



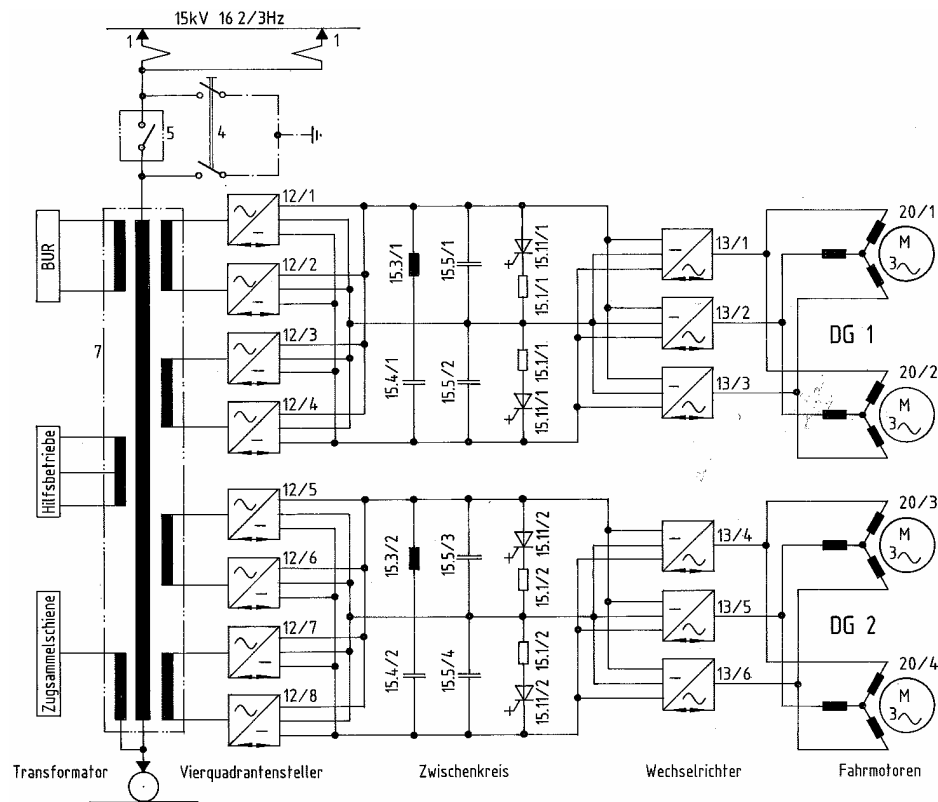
→ Zusatzgewicht: 0.7 %

→ ca. 0.3 kg/kW

→ $\cos\varphi = 0.52$ induktiv

Technische Entwicklung

→ Umrichter



→ Zusatzgewicht: 0 %

→ ca. 0 kg/kW

→ $\cos\varphi = \sim 1$

Was bringt es?

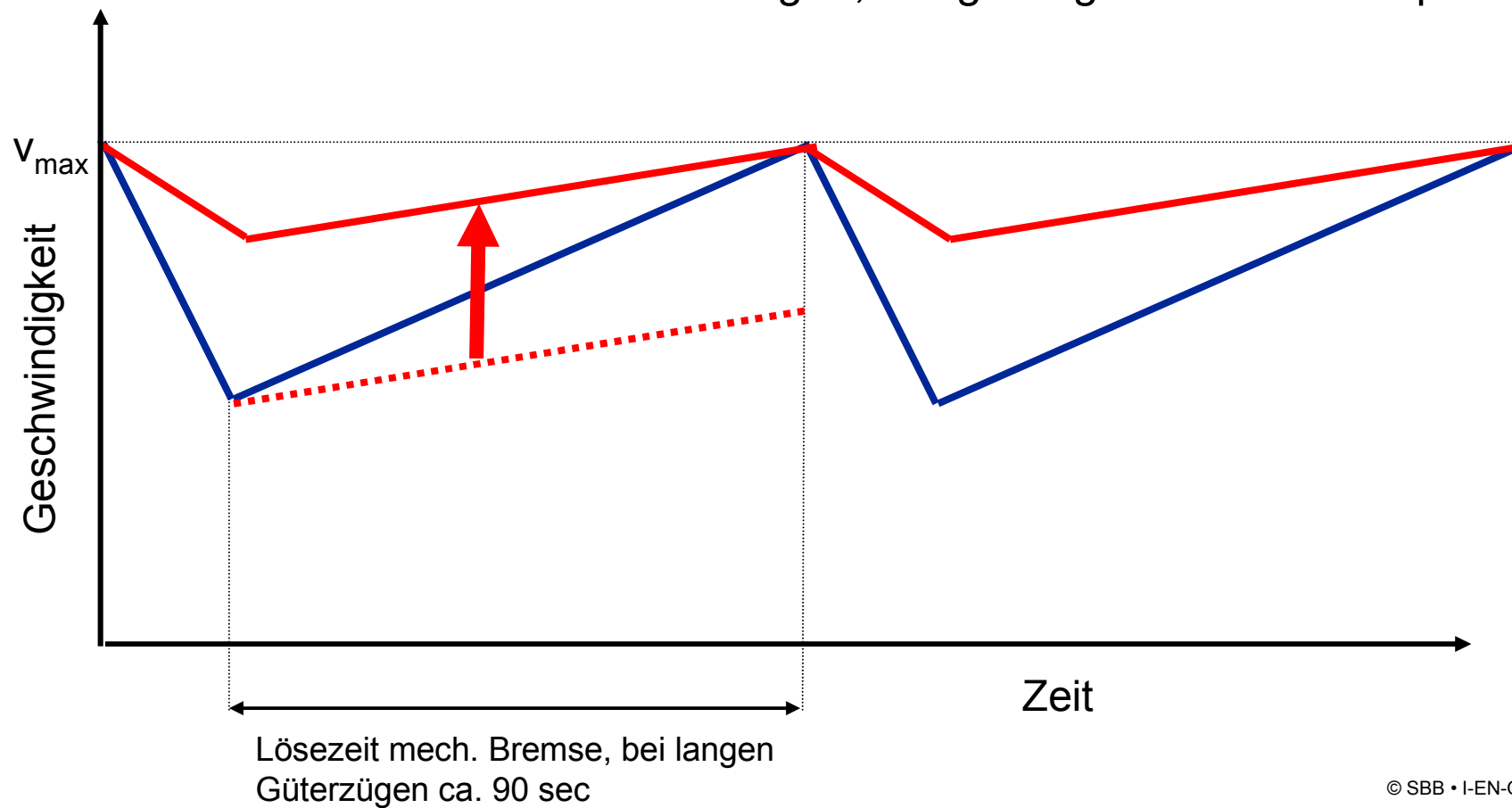
- Reduktion des Energieverbrauches, einige Beispiele:
- Gotthard: 40 – 50% (begrenzt wegen maximal zulässiger Pufferkraft)
- S-Bahn: 20 – 35% (z.B. Zürich, S12: 24%, S9: 32%)
- Intercity: 15 – 50% (Flachland / Gotthard)

- Extrembeispiel: Lauterbrunnen – Kleine Scheidegg (WAB) retour mit Umrichterlokomotive: 64%

Was bringt es sonst noch?

→ Sägezahnbremsen

→ Erhöhung der Talfahrt-Geschwindigkeit von Güterzügen, Steigerung der Streckenkapazität



Was kann noch optimiert werden?

- Eliminieren von Bremskraft-Begrenzungen, z.B. durch bessere Verteilung der Triebfahrzeuge im Zug, Einreihungsvorschriften, in ferner Zukunft: Besseres Kupplungssystem?
- Fahrweise mit maximaler Nutzung der Rekuperationsbremse, z.B.
- Abbremsen eines 500t-Zuges von 40 auf 0 km/h -> 8kWh
- Abbremsen eines 500t-Zuges von 200 auf 160 km/h -> 77kWh
- Signal- und Betriebsleitsysteme, welche dem Lokführer eine vorausschauende Fahrweise ermöglichen

Danke für die Aufmerksamkeit



Honoré Daumier, Le ventre législatif