

Inhalte

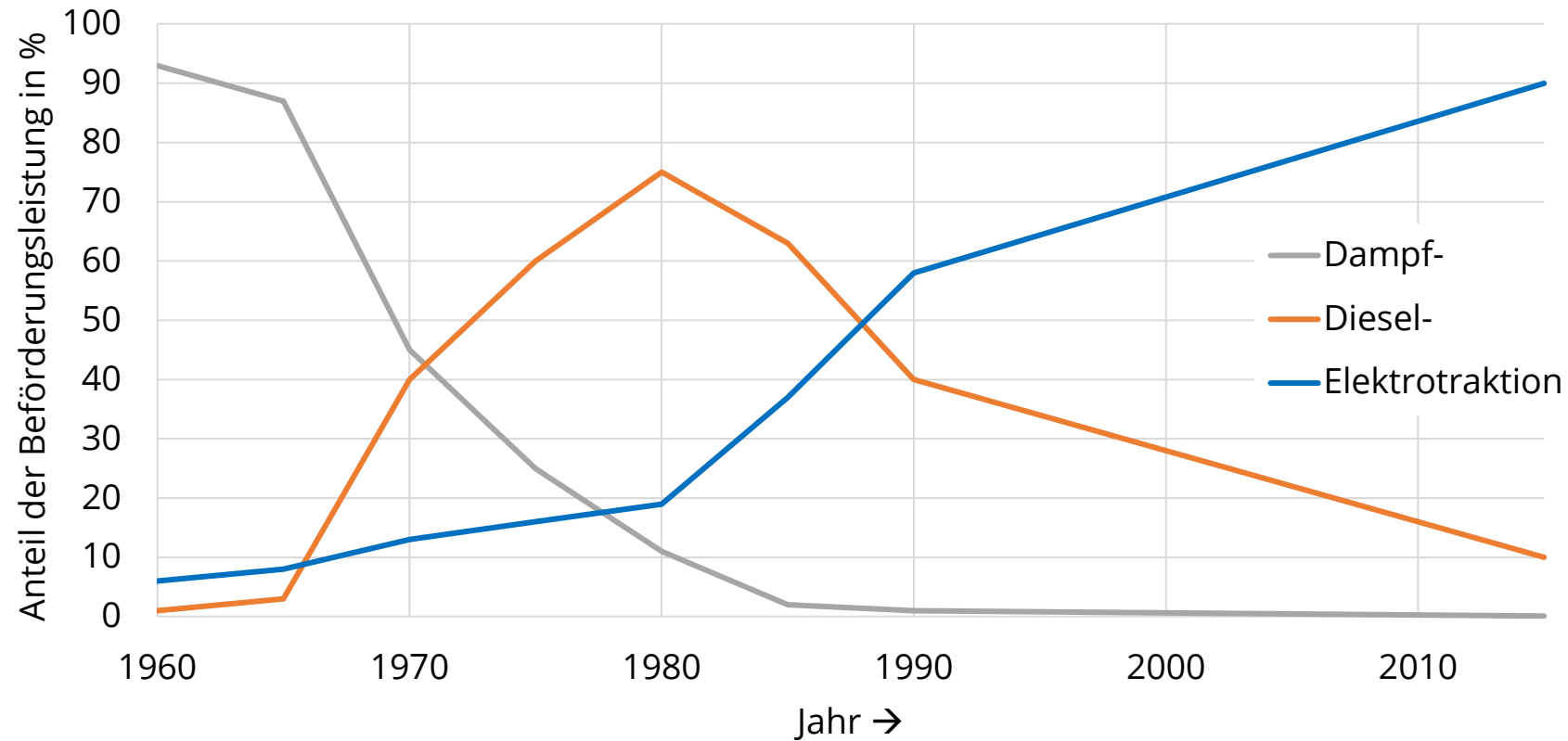
Vorlesung Triebfahrzeugtechnik (Grundlagen)

1. Einteilung der Triebfahrzeuge
2. Anforderungen
- 3. Entwicklungslinien**
 - 3.1 Elektrotriebfahrzeuge**
 - 3.2 Dieseltriebfahrzeuge
 - 3.3 Zweikrafttriebfahrzeuge
 - 3.4 Akkutriebfahrzeuge
 - 3.5 Hybridtriebfahrzeuge
 - 3.6 Dampftriebfahrzeuge
 - 3.7 Gasturbinen-Triebfahrzeuge
4. Baugruppen
5. Mechanischer Teil
6. Einrichtungen zur Bedienung, Wartung und Instandhaltung

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.0 Einführung

Beförderungsleistung der Traktionsarten seit 1960 (für Deutschland)

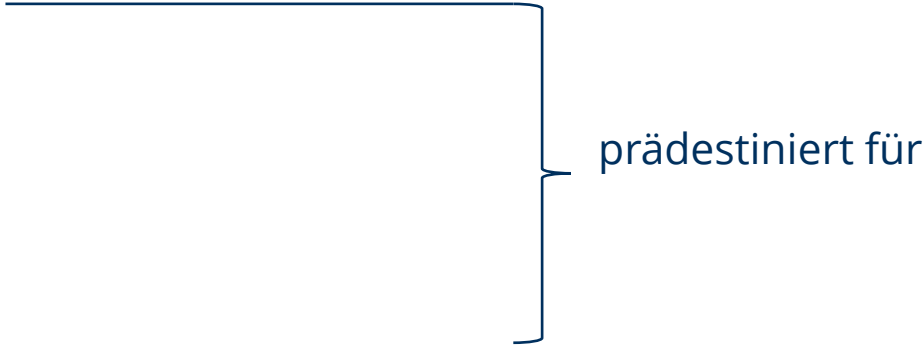


3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.2 Haupteigenschaften E-Traktion

Vorteile

- Höhere Leistungsfähigkeit
 - geringere spezif. Eigenmasse
 - beliebige Leistungsaufteilung
 - geringe Erhaltungskosten
 - hohe schadensfreie Laufleistungen
 - Verwendung alternativer Energieformen
 - vorteilhafte Heizung und Elektroenergieversorgung der Züge via Zugsammelschiene
 - kein Energieverbrauch im Stillstand, ständige Betriebsbereitschaft
- 
- prädestiniert für

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.2 Haupteigenschaften E-Traktion

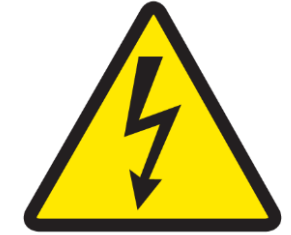
Nachteile bzw. Probleme



Foto: Martin Kache

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

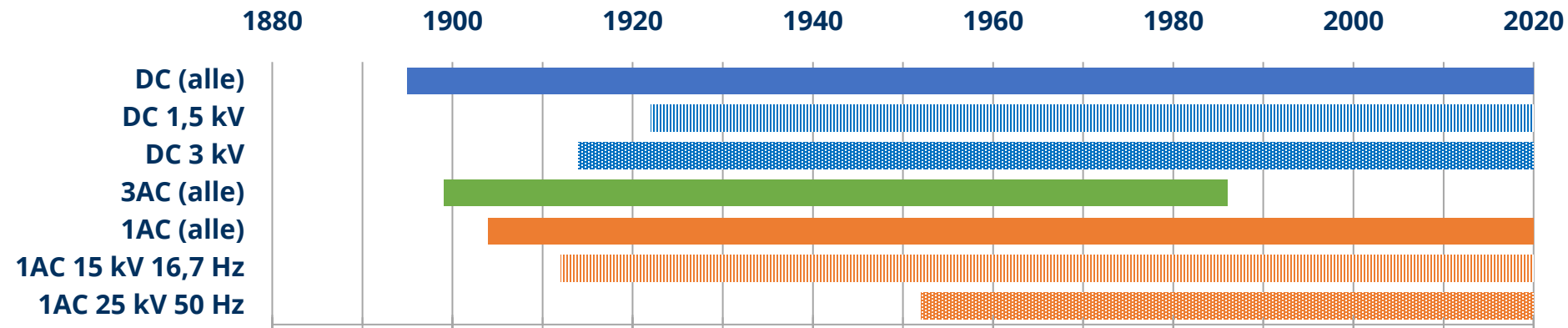
3.1 Elektrotriebfahrzeuge



3.1.3 Spannungssysteme: Überblick

- schrittweise, von technologischer Entwicklung abhängige Herausbildung der Spannungssysteme
- erste Bahnen mit Elektrotraktion wurden mit DC oder mit 3AC betrieben
- Bau von Fahrzeugen mit einfachen Fahrmotoren und einfachen Steuerungen
- Technik für die Verwendung von 1AC erst später verfügbar
- Vereinfachung von Fahrleitungen und Energieversorgung

Entwicklung der Spannungssysteme bei Vollbahnen



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.3 Spannungssysteme: Vergleich



	DC	AC	3AC (hist.)
Aufwand			sehr hoch, da 2 OL erf.
Fahrmotorsteuerung			ASM möglich f-Steuerung umständlich
Masse			(je nach Ausführung)
E-Übertragung			(je nach Ausführung)

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.4 Fahrmotoren

Voraussetzung für Weiterentwicklung der Traktion mit 1 AC:

→ Wechselstrom-Bahnmotor mit günstigem Leistungs- und Drehzahlspektrum

Problematik des Bahnmotors für Wechselstromnetze

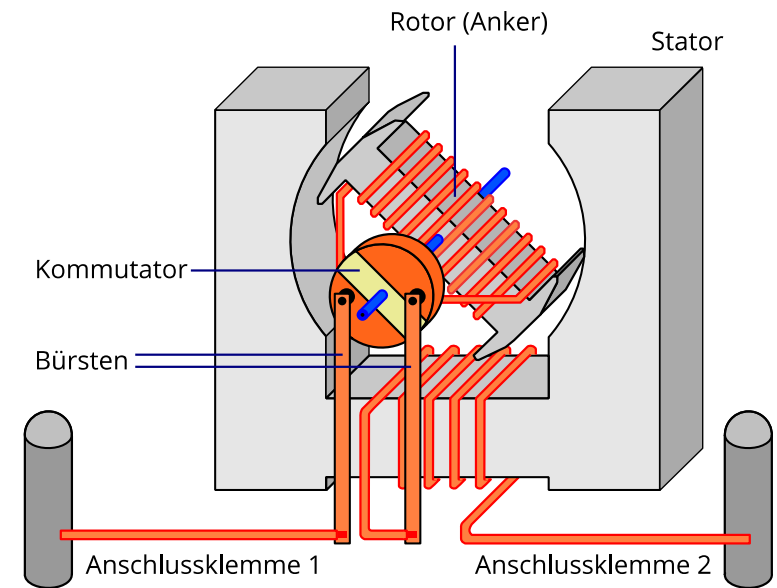


Abbildung: Wikipeda/Algos

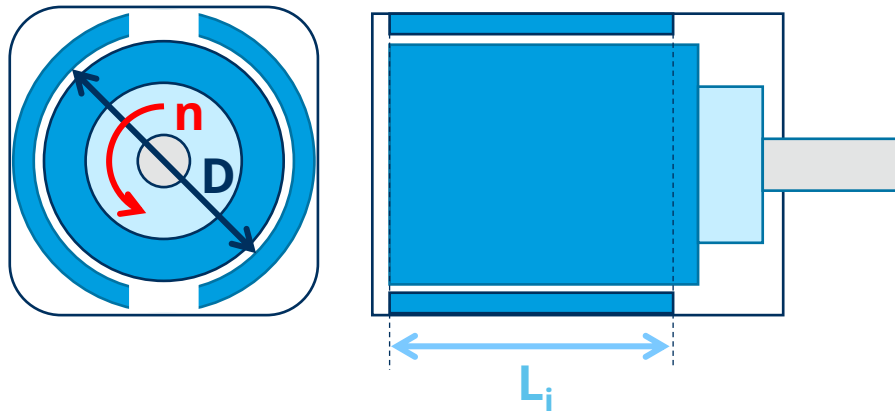
3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.4 Fahrmotoren - Problematik des Bahnmotors für Wechselstromnetze

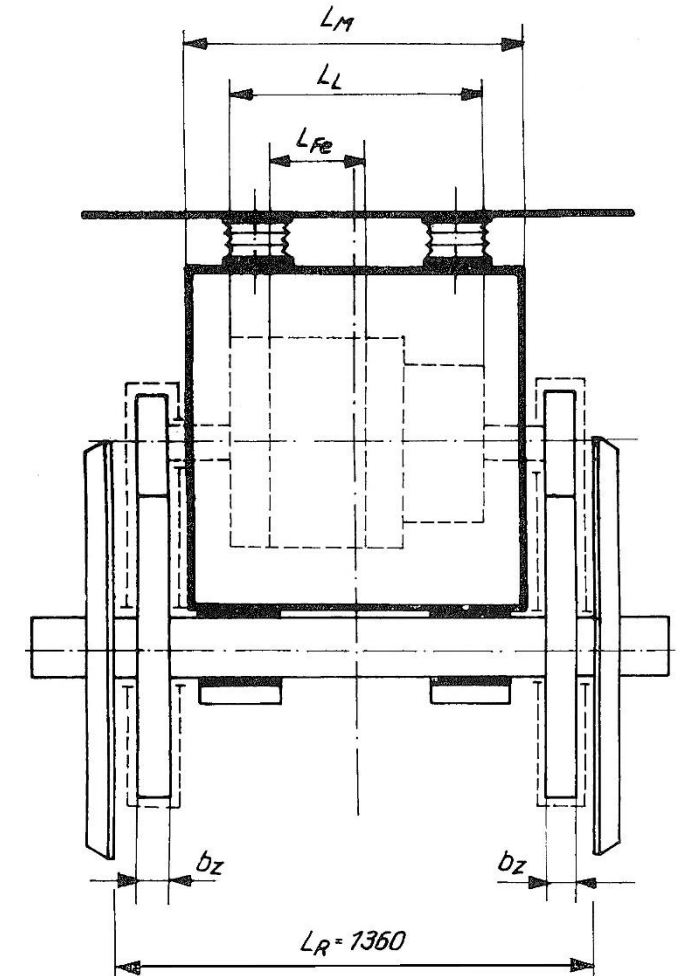
— Allg. Auslegungsformel E-Maschine:

- C... Maschineneffizient
- D... innerer Ständerdurchmesser
- L_i ... ideale Eisenlänge
- n... Drehzahl



— Legende Skizze (r.)

- L_M ... Motorlänge
- L_L ... Läuferlänge
- L_{Fe} ... Eisenlänge
- b_Z ... Großradbreite

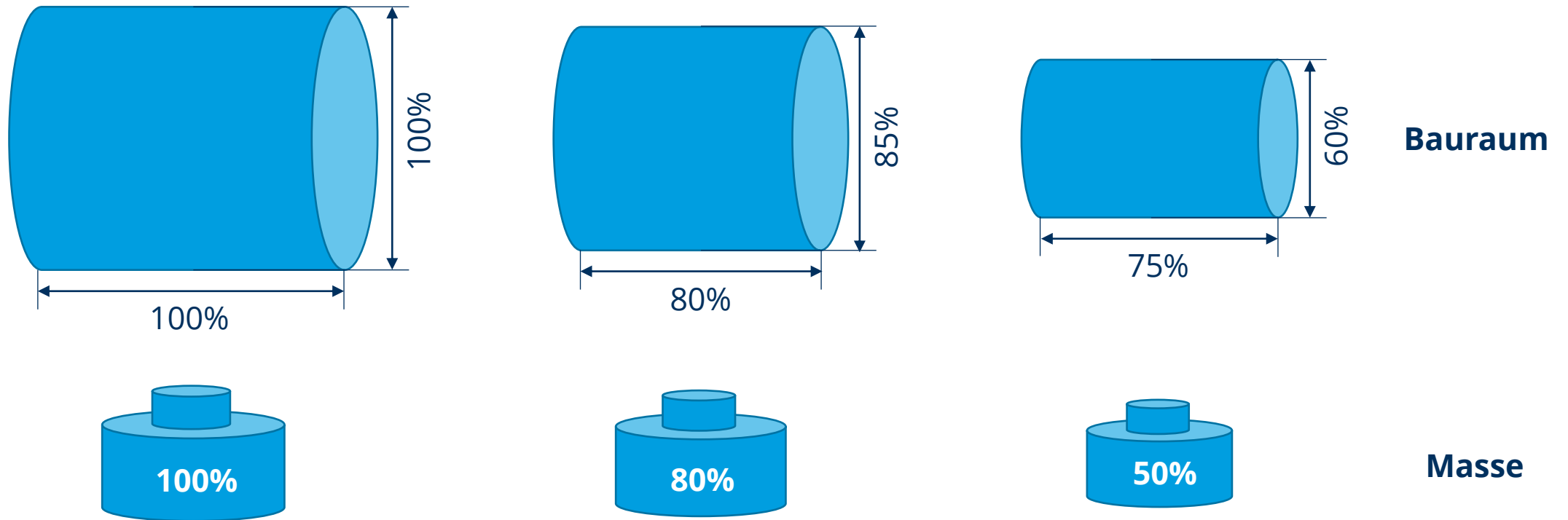


Quelle: Die el. Lokomotive, transpress/Helmut Bendel

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.4 Fahrmotoren – Größenvergleich Elektrischer Maschinen



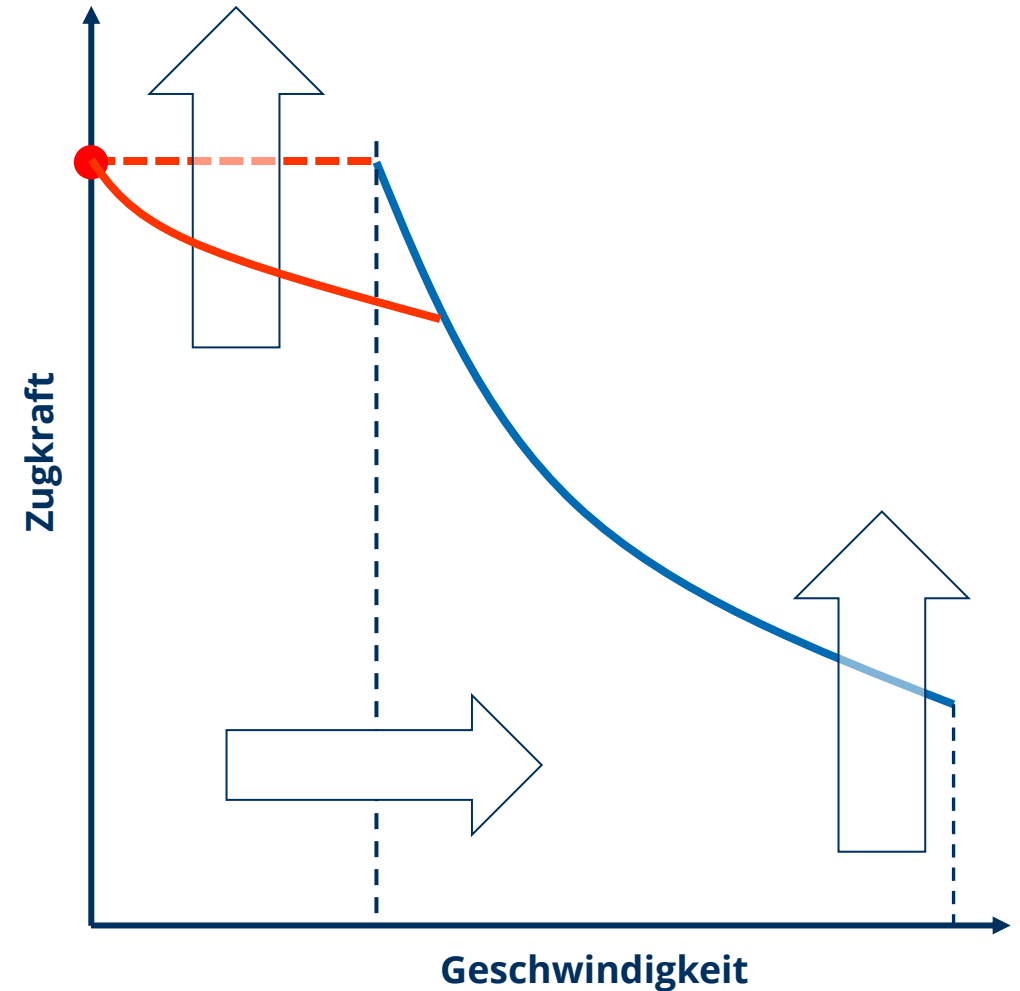
3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.5 Frühe Fahrzeugentwicklungen

- Weiterentwicklung der el. Triebfahrzeuge von Anforderungsprofil getrieben (wie auch bei anderen Traktionsarten)

- besonders in früher Phase der E-Traktion Herausforderung für el. Antriebe und el. Maschinen



3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.5 Frühe Fahrzeugentwicklungen

preuß. EP 235
 $P_{Dauer} = 1650 \text{ kW}$

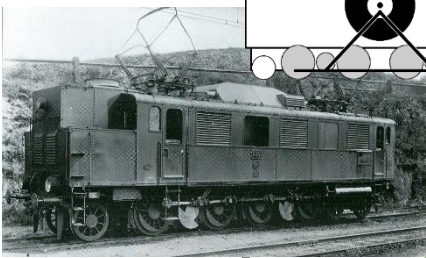


Foto: Wikipedia

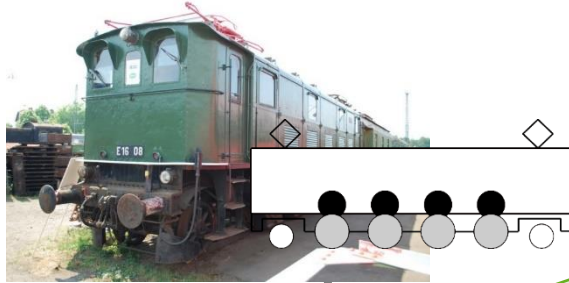
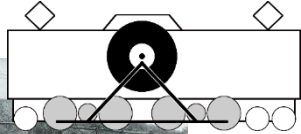


Foto: flickr/Hugh Llewelyn

DRG E 16
 $V_{max} = 120 \text{ km/h}$

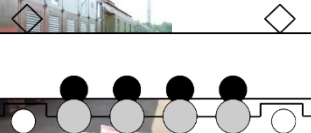
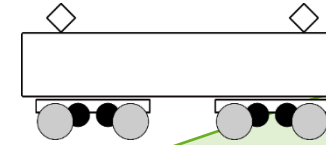


Foto: Wikipedia/Klaus Kort

BLS Ae 4/4
1. „Hochleistungslok“
 $P_h = 2940 \text{ kW}$



1956

1931

DRG E 44
1. Universallok?

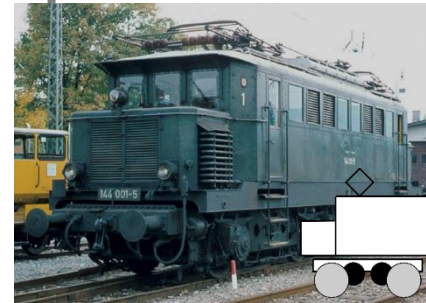


Foto: Wikipedia/Spoorjan

1935

DRG E 18
 $P_{Dauer} = 2840 \text{ kW}$

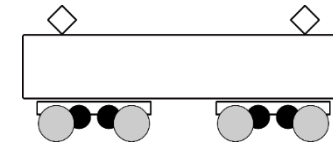


Foto: Wikipedia/Jürgen Heegmann



Foto: Wikipedia/Klaus Kort

DB-Einheitsloks
E 10, 40, 50



DRG E 91
 $F_z = 294 \text{ kN}$



Foto: Wikipedia/Manfred Kopka

1914

1925, 1926

1944

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.6 Innovationen – Fahrzeugteil

Bundesbahn-Einheitsprogramm (E10/E40/E50)

- Vereinheitlichung von möglichst vielen Fahrzeugbauteilen
- Gummi-Ringfederantrieb als Weiterentwicklung von AEG-Federtopftrieb
- Unterscheidung nur durch Übersetzung im Radsatzgetriebe (bei Bo'Bo' Varianten)

Variante	Einsatz	v _{Max}
E10	Personenzug	150/160 km/h
E40	Güterzug	110 km/h

- ähnliches E-Lok-Konzept bei Deutscher Reichsbahn (E11/E42)
- bei SNCF BB 8500 („Danseuse“) Universaleinsatz durch im Stillstand schaltbares Getriebe
- Stellung „P“ – v_{max} 140 km/h, Stellung „G“ – v_{max} 90 km/h



Foto: Wikipedia/Klaus Kort

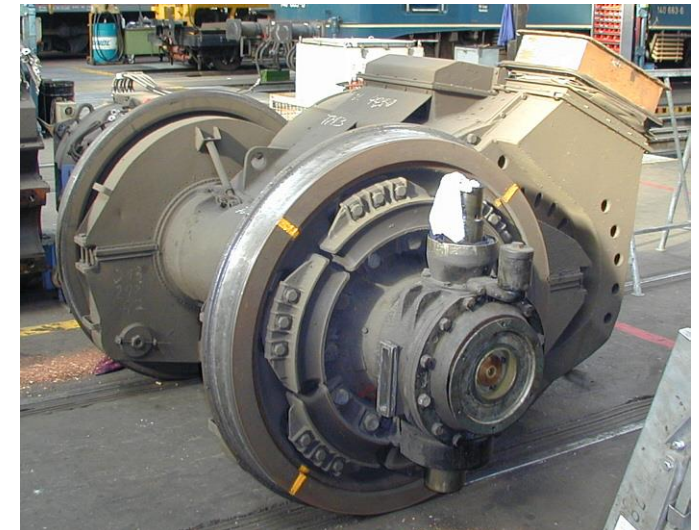


Foto: Wikipedia/Solaris2006

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.7 Innovationen – Elektrischer Teil (konventionelle Antriebstechnik – KAT)



Foto: Martin Kache

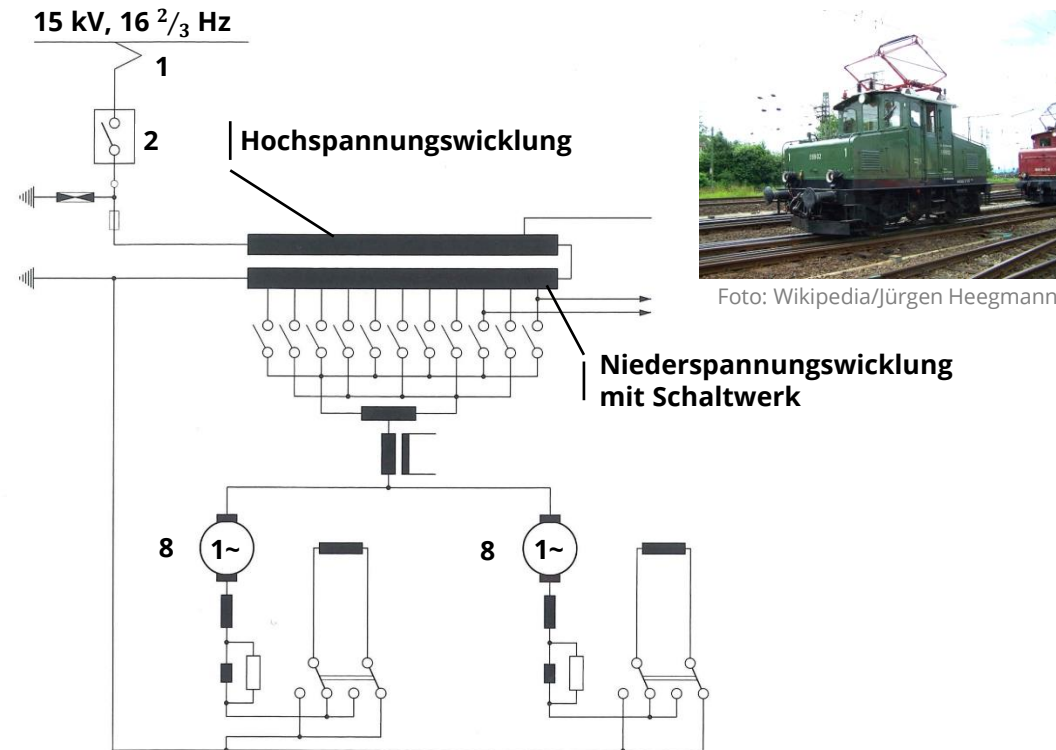
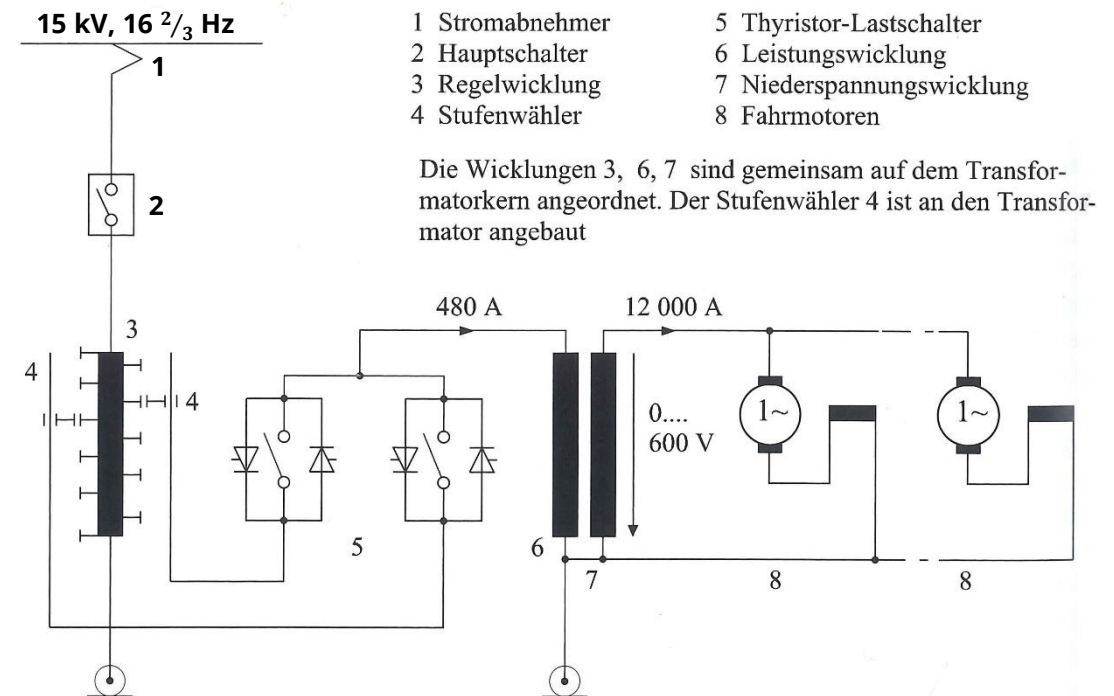


Foto: Wikipedia/Jürgen Heegmann

Niederspannungssteuerung (Referenz DRG E69 02)

Quelle: El. Tzf. und ihre Energieversorgung, eb/Andreas Steimel



- 1 Stromabnehmer
 - 2 Hauptschalter
 - 3 Regelwicklung
 - 4 Stufenwähler
 - 5 Thyristor-Lastschalter
 - 6 Leistungswicklung
 - 7 Niederspannungswicklung
 - 8 Fahrmotoren
- Die Wicklungen 3, 6, 7 sind gemeinsam auf dem Transformator Kern angeordnet. Der Stufenwähler 4 ist an den Transformator angebau

Hochspannungssteuerung mit Stufenschaltwerk und Thyristor-Lastschalter (Referenz DB BR 103)

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.7 Innovationen – Elektrischer Teil (konventionelle Antriebstechnik – KAT)

a) Hochspannungssteuerung für 1AC-Fahrmotoren

- ab 1950er wichtiger Übergang vom Nieder- zur Hochspannungssteuerung

Vorteile der Trafo-Abzapfungen auf Hochspannungsseite:

- geringere Schaltströme
 - höhere Leistungen
 - mehr Schaltstufen möglich
 - zusätzliche Neuerung der Thyristor*-Lastschalter → verschleißloses Umschalten durch stromlos-Schaltung
- feinere Fahrsteuerung statt hoher Spannungs- und Zugkraftsprünge
- leistungsfähigste Fahrzeuge in Verbindung mit Hochleistungs-1AC-Fahrmotoren
($P_{el,1250/min} = 1240 \text{ kW}$)
 - DB BR 103, SBB Re 6/6 ($P_{el,h}$ jeweils ca. 7800 kW)



Foto: Wikipedia/Klaus Kort



Foto: Wikipedia/Klaus Kort



Foto: Martin Kache

*steuerbarer Hochleistungs-Siliziumgleichrichter

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

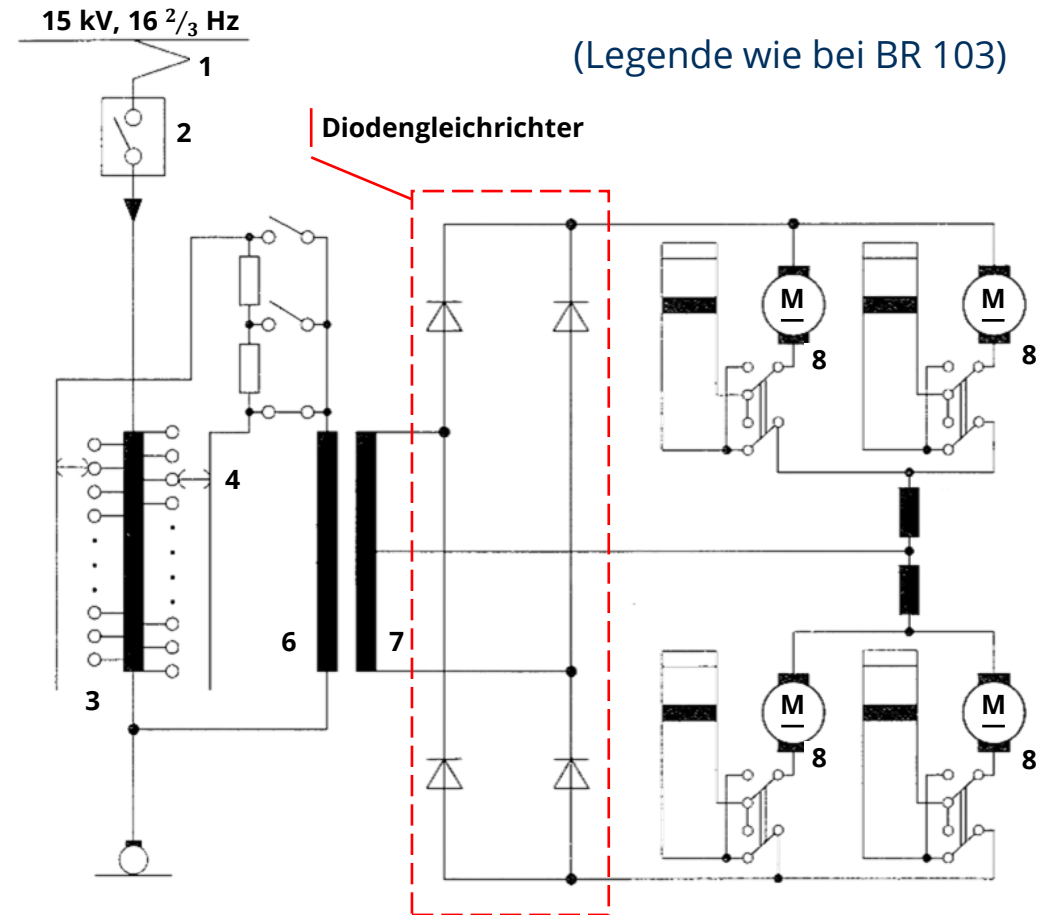
3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.7 Innovationen – Elektrischer Teil (KAT)



Foto: Wikipedia/David Gubler

Hochspannungssteuerung für Gleichstrommotoren (hier: Diodengleichrichtung, Referenz BLS Re 4/4, 1964)



(Legende wie bei BR 103)

Quelle: El. Tfz. und ihre Energieversorgung, eb/Andreas Steimel

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

3.1.7 Innovationen – Elektrischer Teil (KAT)

b) Hochspannungssteuerung für Gleich- (bzw. Mischstrom-)Fahrmotoren

- ab 50er Jahren besonders für 50 Hz-Netze entwickelt
- Grundprinzip: Hochspannungssteuerung wie a) aber Gleichrichtung auf Niederspannungsseite
- leistungsfähige Gleichrichter erforderlich
- grundsätzliche Systemarchitektur auch für Mehrsystem-Fahrzeuge geeignet

- Gleichstrommotoren mit günstigeren m-P-Verhältnis ggü. 1AC-Fahrmotoren

- Weiterentwicklung: mit Thyristor-Phasenanschnittsteuerung (z. B. SJ Rc 2/3, 1970)
- letzte Entwicklungsstufe vor DAT: ÖBB Rh 1044 (1976)
- $P_{el,h} = 5400 \text{ kW}$ (1350 kW pro FM), $F_{ZA} = 341,5 \text{ kN}$, $v_{max} = 160 \text{ km/h}$
- Weg zur „Universallok“



Foto: Wikipedia/Tadeo59370



Foto: Wikipedia/David Gubler



Foto: Wikipedia/Sebastian Terfloth

3. Entwicklungslinien Triebfahrzeuge

3.1 Elektrotriebfahrzeuge

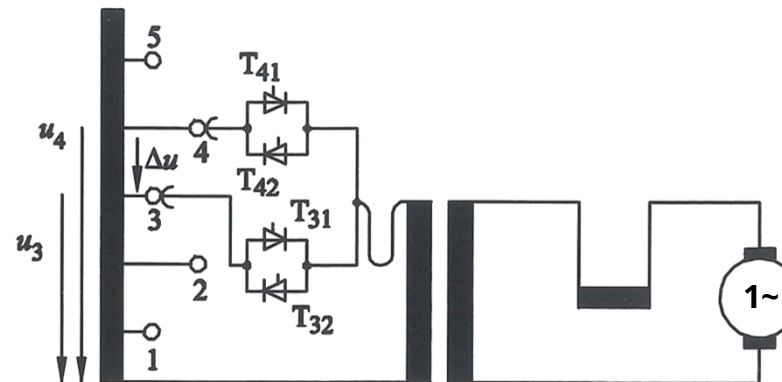
3.1.7 Innovationen – Elektrischer Teil (KAT)

c) Wechselstromsteller mit Phasenanschnittsteuerung

- Phasenanschnittsteuerung für 1AC-Fahrmotoren
- LEW-Wechselstromsteller
- stufenlose Überbrückung der Spannungsdifferenzen bei Umschaltung am Hochspannungsabgriff
- stetiger Verlauf der Zugkraft im F_z - v -Diagramm
- günstig für sehr gute Ausnutzung des Kraftschlussbeiwerts
- Anwendung bei DB BR 155/156, BR 112/143 (erste Bj. 1974/1982)
- Nachteil: nach wie vor schwerer, wartungsintensiver 1AC-Motor



Foto: Karim Benabdellah



Quelle: El. Tzf. und ihre Energieversorgung, eb/Andreas Steimel

