

Güterzug- Elektrolokomotiven

Geballte Kraft für
schwere Züge

Das deutsche Stromsystem

Übereinkommen betreffend die technische Ausstattung elektrischer Zugförderung

- **Unterzeichnet November 1912 bis Januar 1913**
- **Fahrdrahthöhe** **6m**
- **Spannung** **15000V**
- **Frequenz** **16²/₃Hz**

Überblick

- **Nummernvergaben**
- **Ein bisschen Physik**
- **Länderbahnentwicklungen**
- **Die Reichsbahnzeit**
- **Nachkriegszeit**

Nummernvergabe Länderbahnen

- **Preußen**
 - EG Güterzuglokomotiven**
 - + Nummern ab 501**
- **Bayern**
 - EG Güterzuglokomotiven**
 - + Achsanordnung**

Nummernvergabe Reichsbahn

E00 – E29	$v_{\max} > 90\text{km/h}$
E30 – E59	$70\text{km/h} < v_{\max} \leq 90\text{km/h}$
E60 – E99	$v_{\max} < 70\text{km/h}$
E200 ff	25kV / 50Hz

Bei ex-Länderbahnlokomotiven wird die laufende Nummer übernommen.

Nummernvergabe Bundesbahn

- **Bis 1968**

Wie Reichsbahnzeit, aber zusätzlich

E300 ff **Zweissystem-Lokomotiven**
15kV / $16\frac{2}{3}$ Hz + 25kV / 50Hz

E400 ff **Viersystem-Lokomotiven**
15kV / $16\frac{2}{3}$ Hz + 25kV / 50Hz
+ 1500V DC + 3000 V DC

- **Ab 1968**

100 ff **Elektrische Lokomotiven**

171 **25kV / 50Hz** **(ab 1991)**

180 ff **15kV / $16\frac{2}{3}$ Hz + 25kV / 50Hz**

184 **15kV / $16\frac{2}{3}$ Hz + 25kV / 50Hz**
+ 1500V DC + 3000 V DC

Ein bisschen Physik

1. Grundlegende Gleichung:

$$\text{Leistung} = \text{Kraft} * \text{Geschwindigkeit}$$

Von der Leistung zur Reibungsgeschwindigkeit

Leistung und Geschwindigkeit findet man in Büchern.

Beispiel:

Leistung (E40) 3700kW

Geschwindigkeit 100km/h

→ Kraft am Zughaken 13,3t

Geschwindigkeit 10km/h

→ Kraft am Zughaken 133t

ABER:

Haftreibungskoeffizient Stahl – Stahl etwa 0,3

→ Reibungsgewicht 445t (!)

Reibungsgeschwindigkeit 56km/h

Kraft am Zughaken \Leftrightarrow Zuggewicht?

2. Grundlegende Gleichung:

$$\text{Kraft am Zughaken} = \text{Zugwiderstand} * \text{Zuggewicht}$$

Zugwiderstand

Einflußgrößen für den Zugwiderstand

1) Steigungswiderstand

$$w_S = h / s$$

2) Laufwiderstand

$$w_L = 2 + (0,007 + m) v^2 / 100$$

Widerstandsformel nach Strahl

m beschreibt die Wagenbauart, typisch 0,025 – 0,04

3) Beschleunigungswiderstand

$$w_B = 4 * v^2 / l$$

4) Krümmungswiderstand

$$w_R = 650 / (R - 55) \quad (R > 300m)$$

Beispiel: Gefordertes Leistungsprogramm der E40

Installierte Leistung	3700kW (Stundenleistung)
Geschwindigkeit	65km/h
Zugkraft am Zughaken	20t
Laufwiderstand	4,0kg/t (m = 0,040; Güterzug)
Neigung	1:250 = 4 ⁰ / ₀₀
Steigungswiderstand	4,0kg/t
Beharrungszustand	→ Beschleunigungswiderstand = 0kg/t
Gerade Streckenführung	→ Krümmungswiderstand = 0kg/t
Theoretische Zugmasse	2500t
→ Effizienz rund 65%	1600t

Eine Auswahl an Lokomotiven

- **Länderbahnzeit**
- **Reichsbahnzeit**
- **Bundesbahnzeit**
(Epoche 3 – frühe Epoche 4)

bay EG 2x²/₂

E70²



- Einsatzzeit 1920 – 1951
- Leistung 610kW
- Anzahl 2
- Geschwindigkeit 50km/h

pr EG 511-537

E71¹



- Einsatzzeit 1914 – 1959
- Leistung 590kW
- Anzahl 27
- Geschwindigkeit 50km/h
- Umbau 65km/h

E95



- Einsatzzeit 1927 – 1969
- Leistung 2420kW
- Anzahl 6
- Geschwindigkeit 70km/h

E91⁹

191



- Einsatzzeit 1929 – 1975
- Leistung 1660kW
- Anzahl 12
- Geschwindigkeit 55km/h

E93

193



- Einsatzzeit 1933 – 1985
- Leistung 2220kW
- Anzahl 18
- Geschwindigkeit 65km/h
- E 93 05-18 70km/h

E94

194



- Einsatzzeit 1940 – heute
- Leistung 3000kW
- Anzahl 201
- Geschwindigkeit 90km/h

E41

141



- Einsatzzeit 1956 – 2005
- Leistung 2310kW
- Anzahl 451
- Geschwindigkeit 120km/h

E40

140 / 139



- Einsatzzeit 1957 – heute
- Leistung 3620kW
- Anzahl 879
- Geschwindigkeit 110km/h

E50

150



- Einsatzzeit 1957 – 2006
- Leistung 4410kW
- Anzahl 194
- Geschwindigkeit 100km/h

151



- Einsatzzeit 1973 – heute
- Leistung 5980kW
- Anzahl 170
- Geschwindigkeit 120km/h

E344

183



- Einsatzzeit 1962 - 1969
- Leistung 2150kW
- Anzahl 1
- Geschwindigkeit 100km/h

Literatur

- Eisenbahn Fahrzeug Archiv, Band 4, Elektrische Lokomotiven deutscher Eisenbahnen, Bätzolf / Fiebig, transpress Verlag, Berlin 1984, ISBN 3-87 094-106-5
- Div. Baureihen-Bücher des eisenbahn Kurier Verlages u.a. BRE10/E40/E50
- Transpress Fahrzeugportrait, Baureihe E93, Thomas Estler, transpress Verlag, Stuttgart 2000, ISBN 3-613-71122-2
- Div. Baureihenbücher des Eisenbahnclub München u.a E91 und E93
- Die elektrischen Lokomotiven der KPEV, Sawodny / Koppisch, Podzun-Pallas-Verlag, Friedberg 1985, ISBN 3-7909-0258-6
- Leitfaden für den Dampflokomotivdienst, Niederstrasser, Nachdruck der 9.Auflage von 1957, DGEG, Karlsruhe 1989, ISBN 3-921 700-26-4