

Elektrische Sicherheit elektrischer Bahnen

Dr. Steffen Röhlig

Wien, 2018-11-09

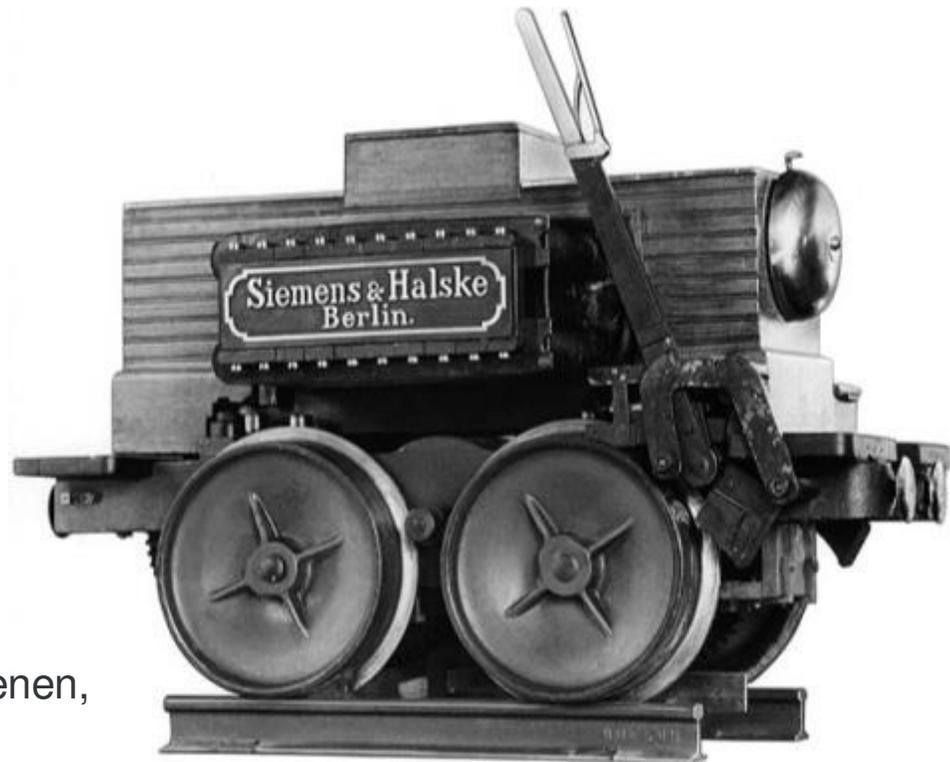


Die Anfänge



Berliner Gewerbeausstellung 1879

DC 150 V, 2,2 kW → 14,4 A
Stromschiene zwischen den Fahrschienen,
Rückleitung über Fahrschienen



Quellen: www.siemens.com; www.deutsches-museum.de

Erste elektrische Straßenbahn

Berlin-Lichterfelde 1881

DC 180 V,
10 PS \rightarrow 7,4 kW \rightarrow 40,9 A
Energieübertragung über
Fahrschienen,
später Oberleitung

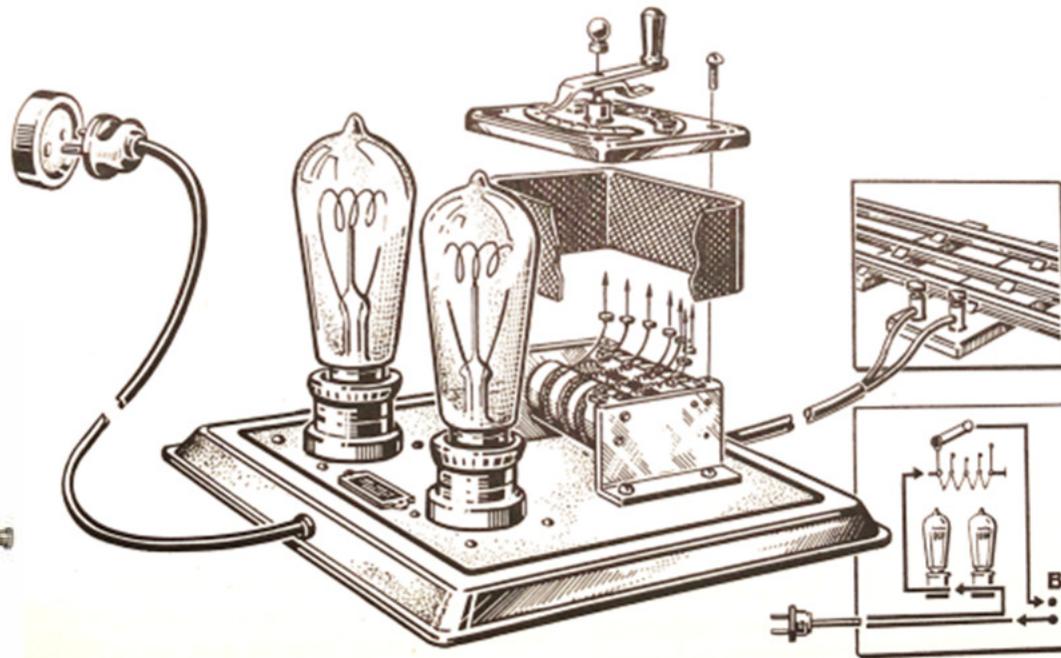


Quellen: www.siemens.com;

Erste elektrische Modellbahn („Starkstrom“)

Direktanschluss des Modellgleises an das (ungeerdete) Versorgungsnetz 220 V; Spannungsregelung über Vorwiderstände, effektive Spannung bis 50 V; bis 1926

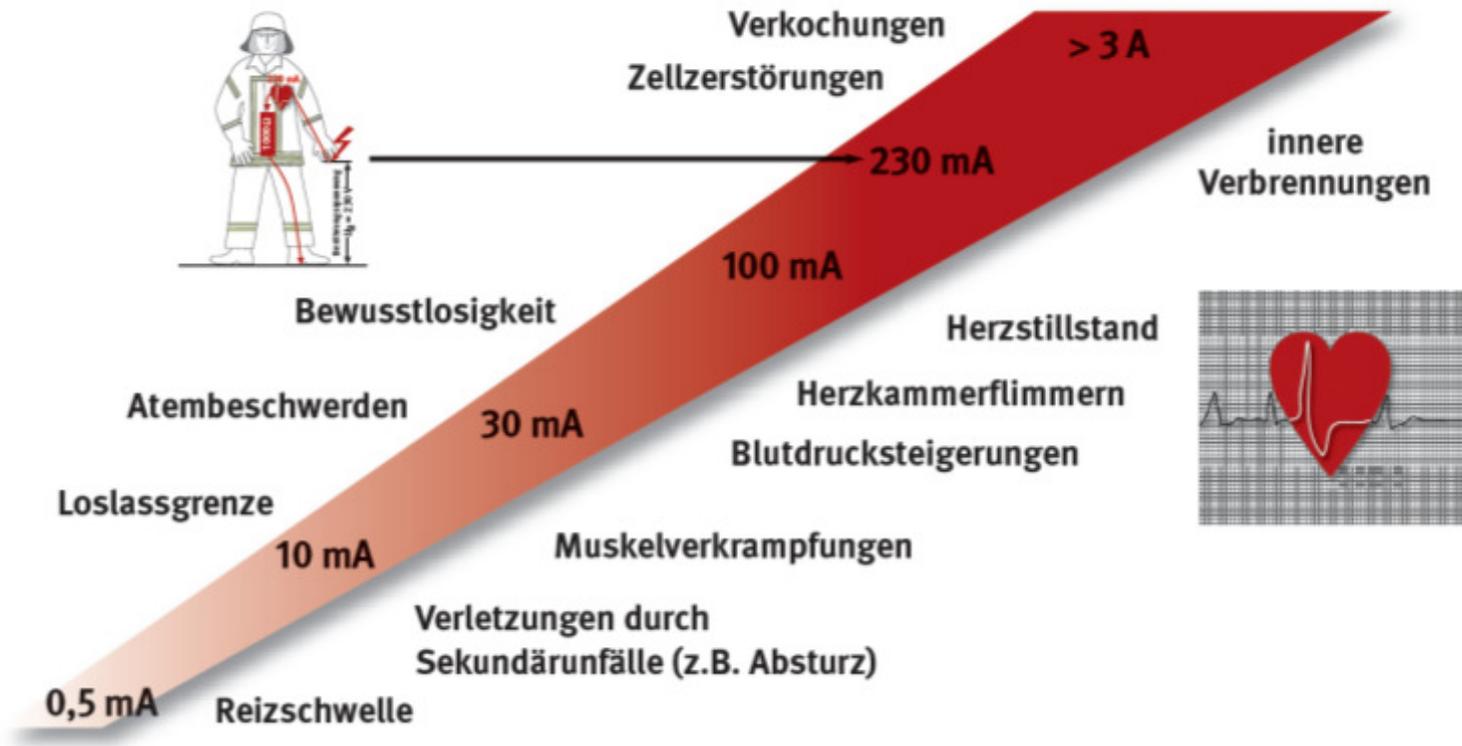
Quellen: www.alte-spur-0.de;
Bodenläufer, Spielbahn, Supermodell. Edition Leipzig, 1981.



Definition „Elektrische Sicherheit“

- › **elektrische Sicherheit (EN 50122-1)**
Freiheit von unzulässiger Verletzungsgefahr, hervorgerufen durch elektrische Systeme
- › **elektrischer Schlag (IEC 60050-826-03-04)**
pathophysiologischer Effekt, ausgelöst von einem elektrischen Strom, der den menschlichen Körper oder den Körper eines Tiers durchfließt

Auswirkungen des Stroms auf den menschlichen Körper



Quelle: BGI/GUV-I 8677 Modul 1

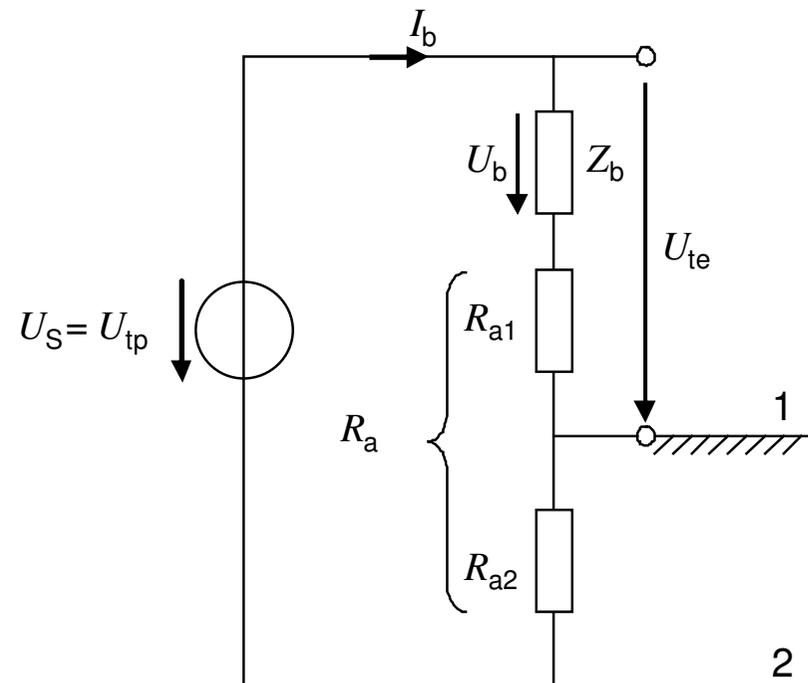
Körperstrom, Körperspannung und Berührungsspannung

- 1 Standfläche
- 2 Erde
- U_s Quellenspannung
- U_{tp} unbeeinflusste Berührungsspannung
- U_{te} Berührungsspannung
- U_b Körperspannung
- I_b Körperstrom
- Z_b Gesamt-Körperimpedanz
- R_{a1} zusätzlicher Widerstand für Schuhe
- R_{a2} zusätzlicher Widerstand der Standfläche

$$R_{a2} = \rho_s \times 1,5 \text{ m}$$

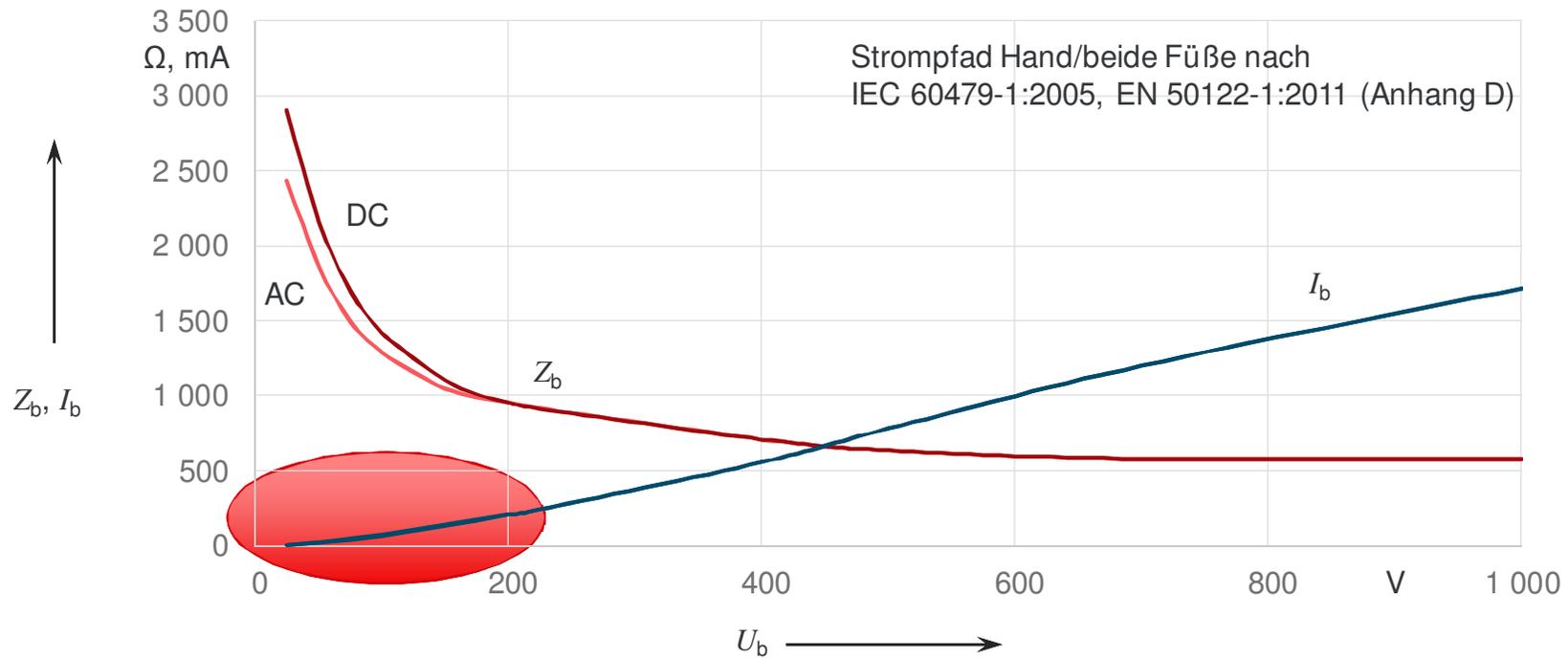
ρ_s spezifischer Widerstand der Standfläche in Ωm

$$U_{tp \max}(t_f) = U_{te \max}(t_f) + I_b(t_f) \cdot R_{a2}$$

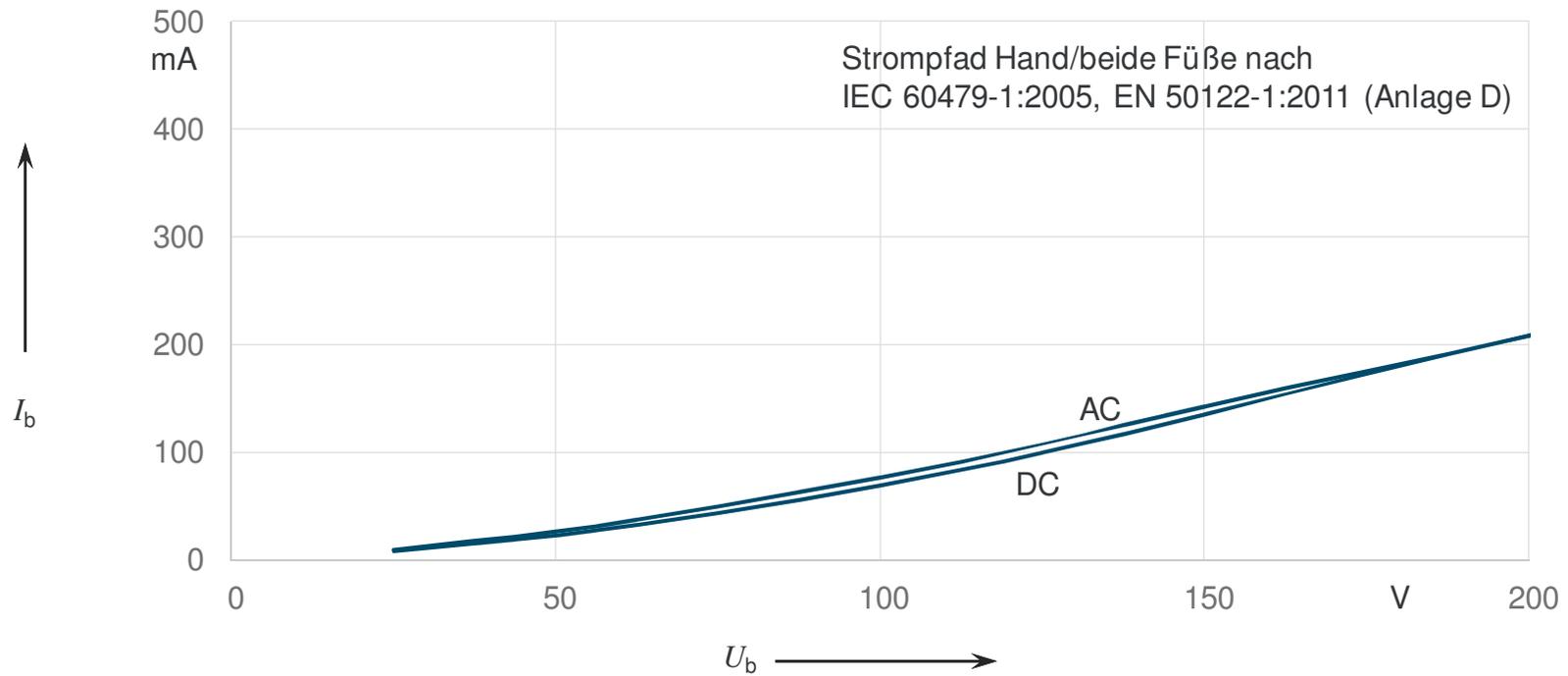


Quelle: EN 50122-1

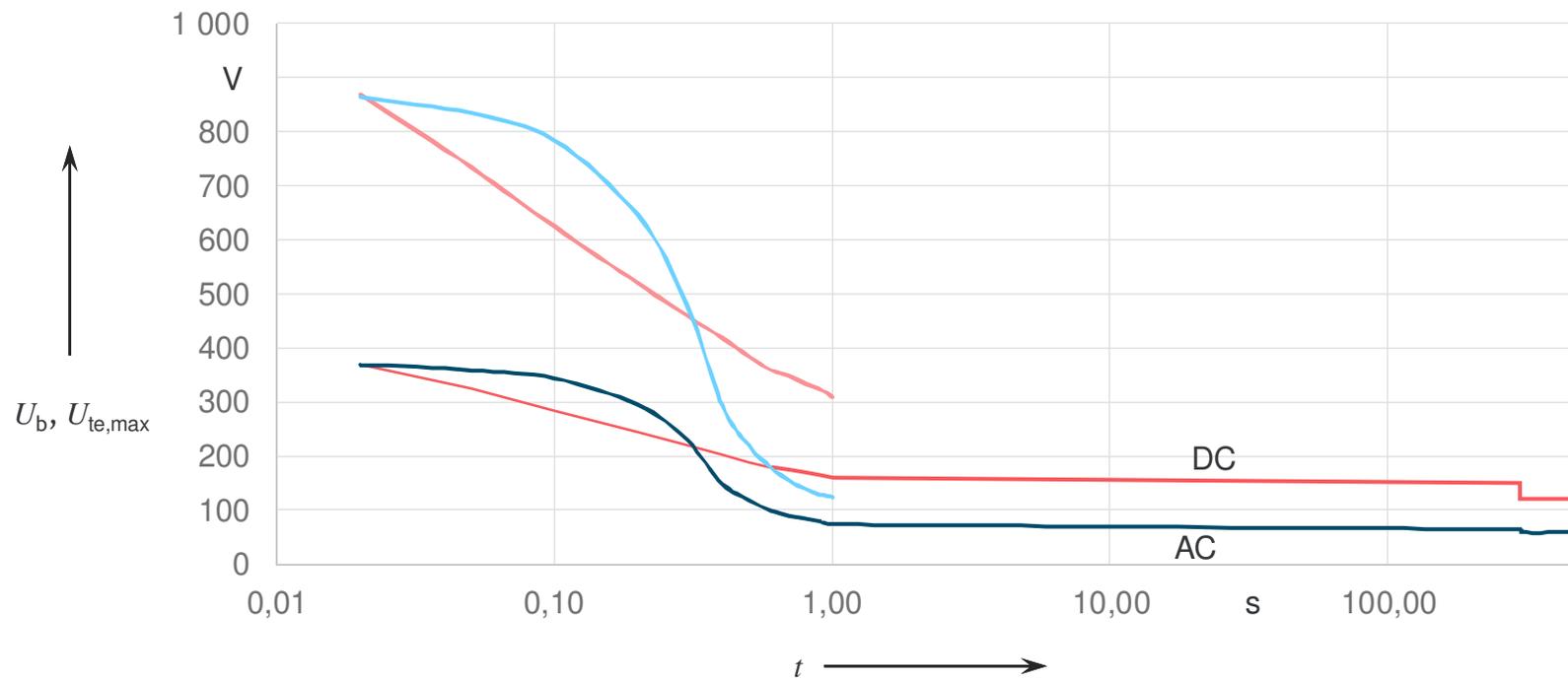
Körperimpedanzen und –ströme als Funktion der Spannung



Körperimpedanzen und –ströme als Funktion der Spannung

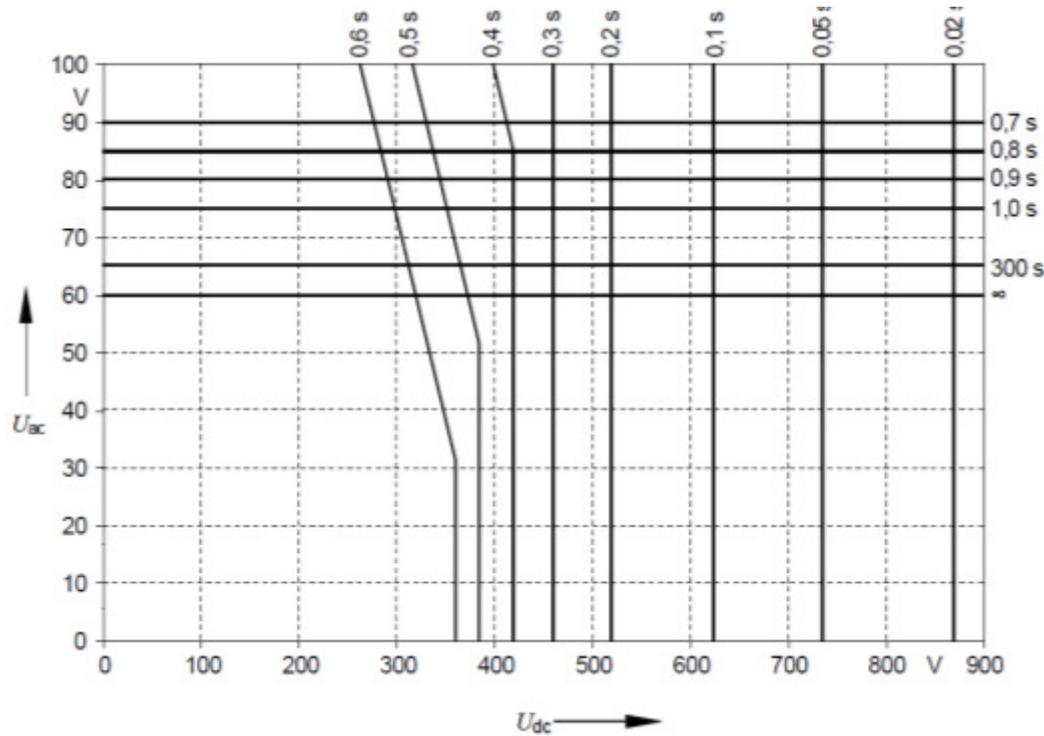


Berührungsspannung als Zeitfunktion



Parallelbetrieb von AC- und DC-Bahnen

Quelle: EN 50122-3



- › Überlagerung von AC- und DC-Spannungen

Schutzprinzip

- › alle Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag zur Gewährleistung der elektrischen Sicherheit beruhen auf dem Ziel, den Körper vor gefährlicher Durchströmung zu schützen
- › da der Körperstrom als direktes Schutzkriterium ungeeignet ist, wird die Spannung über einen angenommen/festgelegten Körperwiderstand als Kriterium angesetzt
- › Schutz gegen direktes Berühren durch Abstand oder Hindernisse
- › Schutz gegen indirektes Berühren und Schienenpotenzial im direkten Zusammenhang mit der Gleis-Erde-Spannung U_{RE}

Schutz gegen direktes Berühren

Quelle: prEN 50122-1 REV:2018

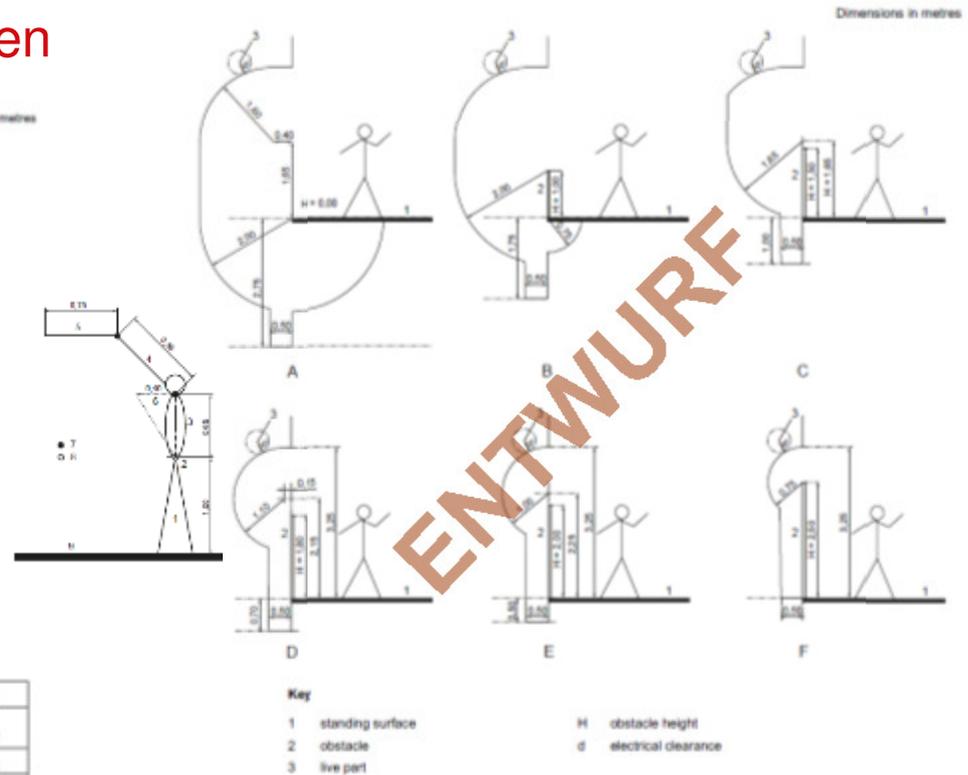
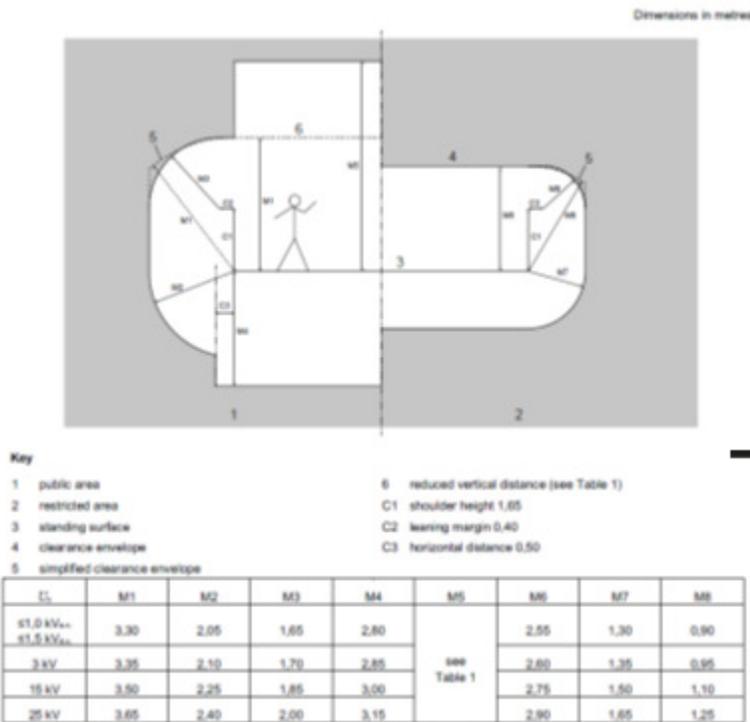
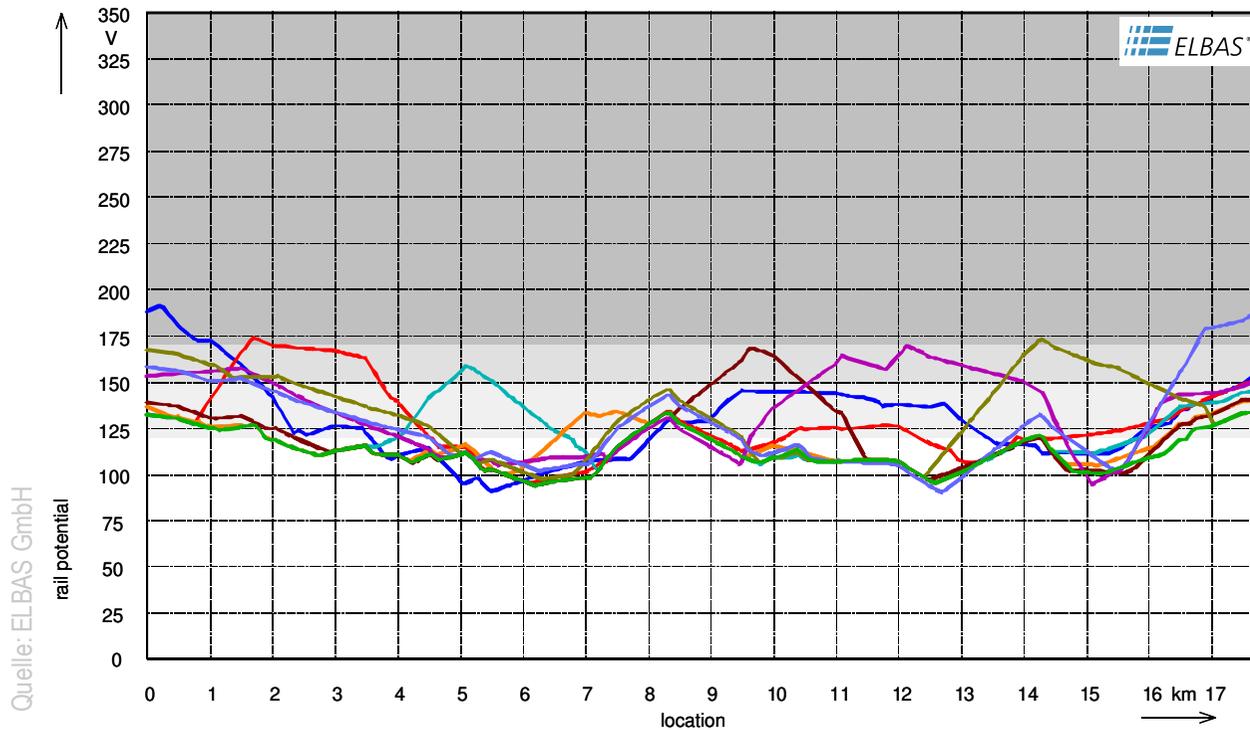


Figure 10 — Effect of height of obstacle on arms reach of person including an object and effects on the usage of wire or rope or liquid water jet, side view.

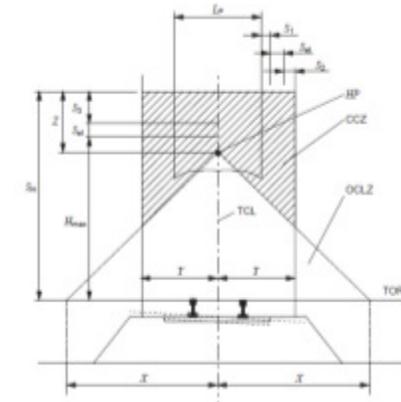
Schutz gegen indirektes Berühren/Gleis-Erde-Potential



- › U_{RE} ist Auslegungskriterium
- › abhängig von
 - » Netzkonfiguration
 - » Unterwerksabstand
 - » Fahrplan
 - » Fahrzeugeinsatz
 - » Topografie
 - » Gleisbauform
 - » Betriebs-/(Schalt-)zustand

Relevanz für Bahnen

- › Schutzabstände/Hindernisse
- › Zugangssperren
- › Spannungsbegrenzungseinrichtungen (Voltage Limiting Device – VLD)
- › Streustromschutz
- › Oberbauformen (Ableitwert)
- › Streustrommonitoring
- › Brückenschutz
- › Schienen- und Gleisverbinder (Anordnung/Häufigkeit, Querschnitt)
- › Oberleitungsspannungsprüfeinrichtung (OLSP)
- › „offene Verbindung“ mit Rückleitung
- › Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich
- › Abstände bei doppelter Isolation
- › Arbeiten an und in der Nähe spannungsführender Teile
- › ...



Bildquelle: prEN 50122-1 REV:2018

Elektrisch sicher? – Aber sicher!



Danke für die Aufmerksamkeit

Kontaktdaten:

Rail Power Systems GmbH
Frankfurter Straße 111
63067 Offenbach am Main
Deutschland

Dr. Steffen Röhlig
T +49 69 30859-425
F +49 69 30859-426
M steffen.roehlig@rail-ps.com
I www.rail-ps.com

