

# Bahnerdung und Rückstromführung – Theorie und Ausführungsbeispiele

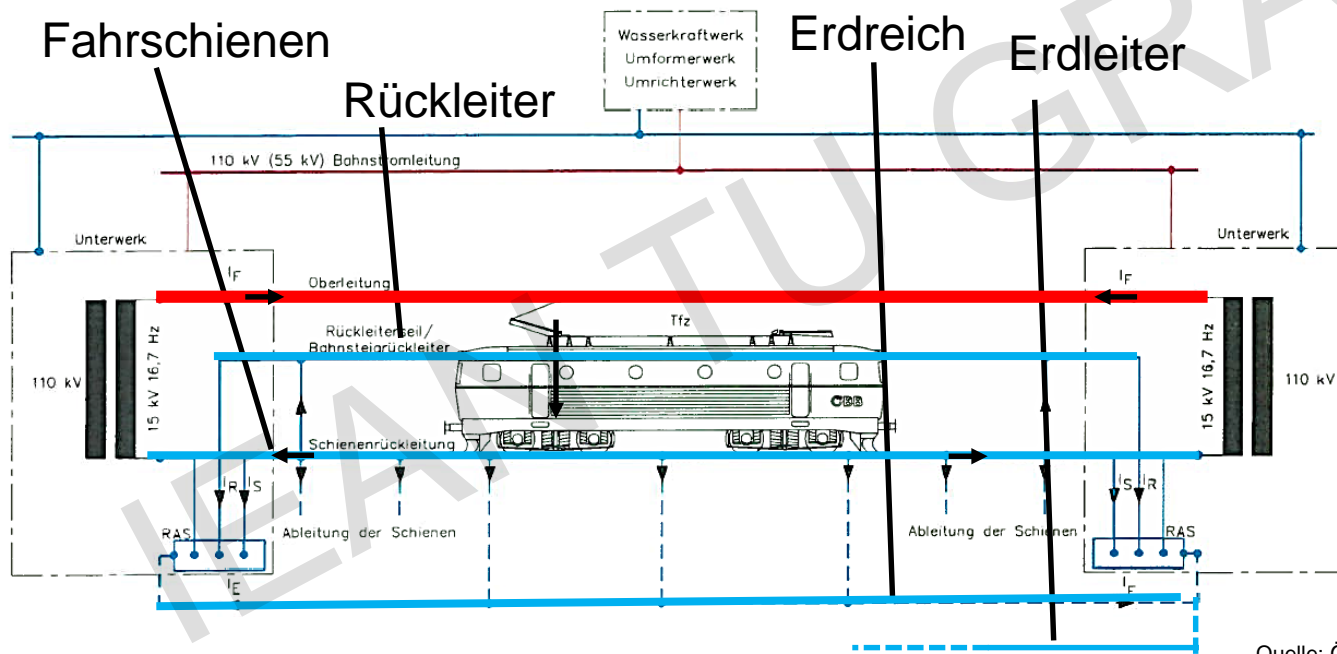
Graz University of Technology, Austria

Katrin Friedl, Institut für Elektrische Anlagen und Netze, TU Graz

# Inhalt

- Bahnerde – was ist das?
- Grundlegende Begriffe / Grenzen
- Ausführungsbeispiele
  - in Gleisanlagen
  - in Betriebsstätten
- Elektromagnetische Verträglichkeit

# Rückstromführung



Quelle: ÖBB ED 440

## Funktionen der „Bahnerde“

- Normalbetrieb: Betriebs-Erde, Rückstromführung
- Schutz Erde im Fehlerfall

### Auswirkungen:

- Magnetfelder → Elektromagnetische Beeinflussung Mensch und Anlagen
- Gefährliche Berührungsspannungen / Körperspannungen

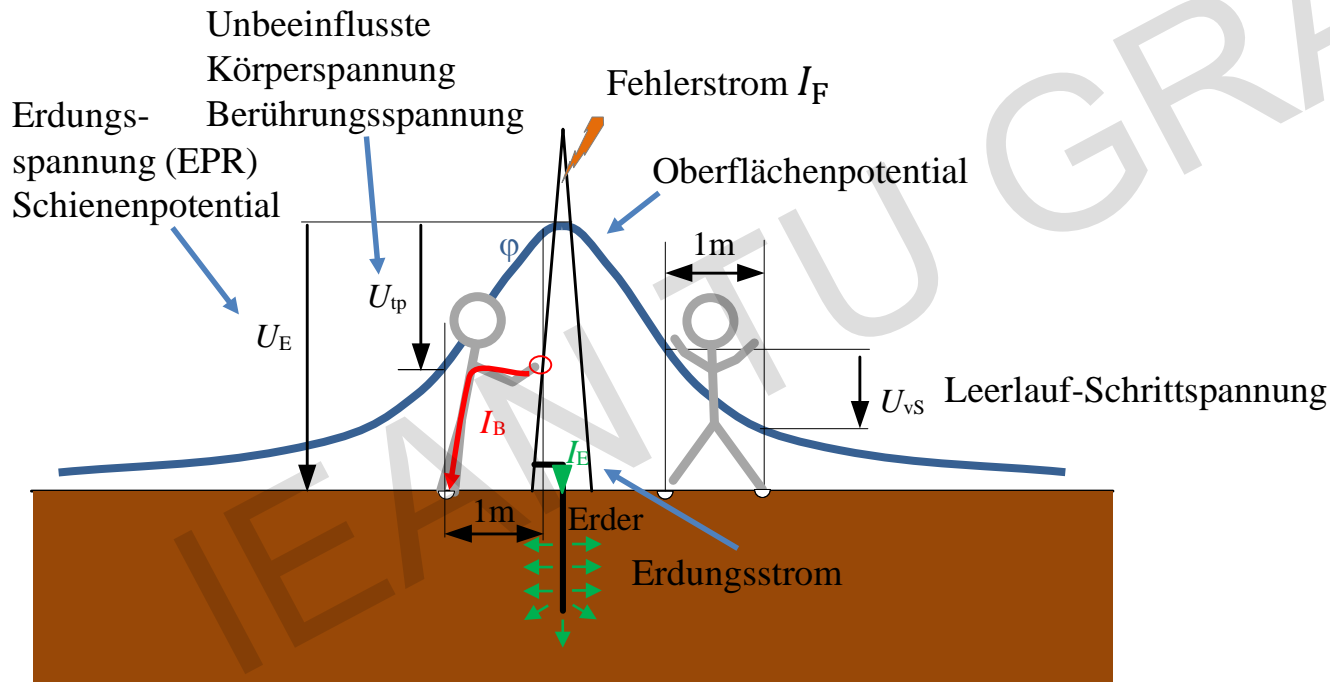
# Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag

- Gegen direktes und indirektes Berühren
  - Isolation, Abstand
  - unverzügliche Abschaltung im Fehlerfall
- Vermeidung von Potentialverschleppungen

Bevorzugte Maßnahme bei Bahnenergieversorgungssystemen:

- Anschluss an die Rückleitung

# Ohmsche Beeinflussung – Berührungsspannung EN 50122



# Berechnung der zulässigen Berührungsspannung EN 50122

$$U_{Tp} = I_B(t_f) \cdot \frac{BF}{HF} \cdot Z_T(U_T)$$

TS 60475-1 © IEC 2005 - 53 -

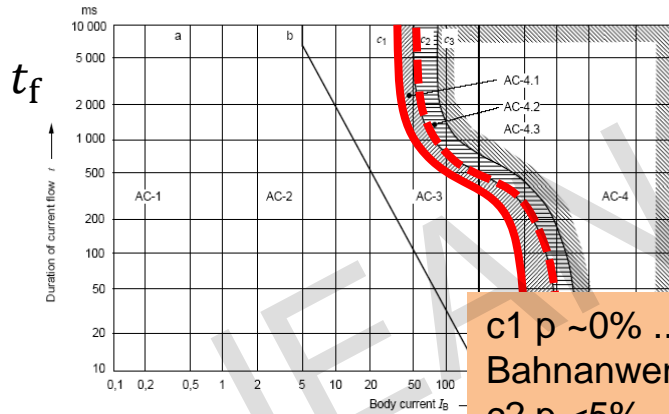
Table 12 – Heart-current factor *F* for different current paths

Current path	Heart-current factor <i>F</i>
Left hand to left foot, right foot or both feet	1,0
Both hands to both feet	1,0
Left hand to right hand	0,4
Right hand to left foot, right foot or to both feet	0,8
Back to right hand	0,3
Back to left hand	0,7
Chest to right hand	1,3
Chest to left hand	1,5
Back to left hand, right hand or to both hands	0,7
Left foot to right foot	0,04

Herzfaktor  
1

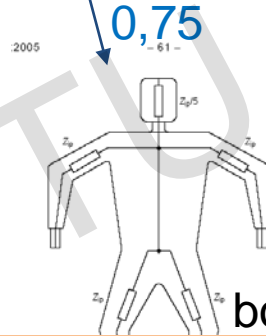
EXAMPLE: A current of 225 mA hand to hand has the same likelihood of producing ventricular fibrillation as a current of 90 mA left hand to both feet.

Quelle: IEC 60479-1



Quelle: IEC 60479-1

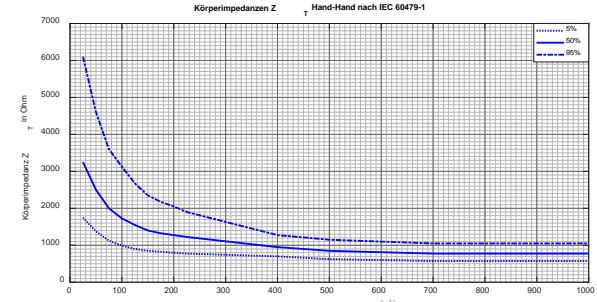
Figure 20 – Conventional time/current zones of effects of current on persons for a current path corresponding to AC-1, AC-2, AC-3, and AC-4 (for explanation see Table 1)



body factor

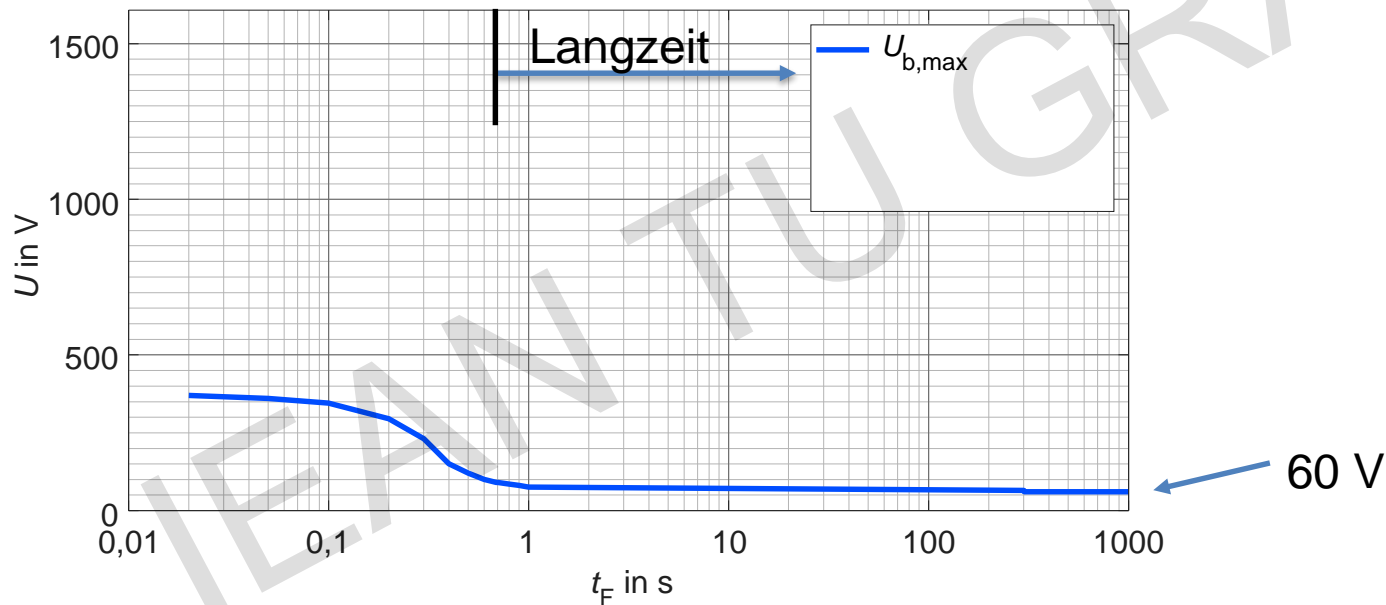
c1 p ~0% ... Erdung  
Bahnanwendungen EN 50122  
c2 p <5% ... Erdung  
Energieversorgungsanlagen  
EN 50522

Körperimpedanz



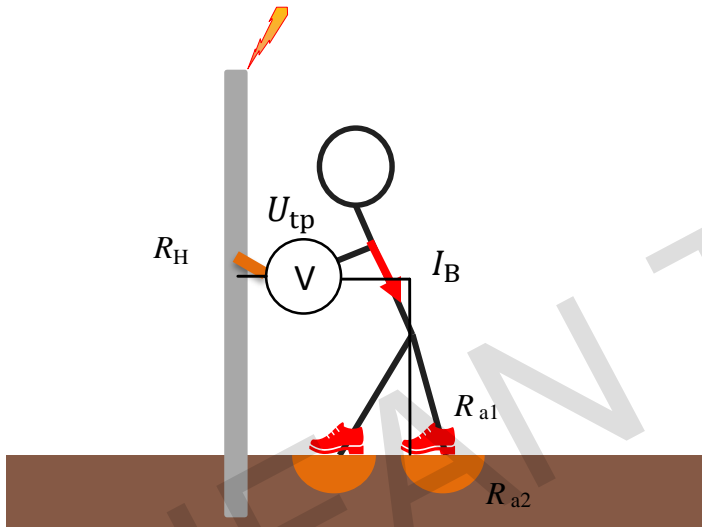
Berührungsspannung

# Zulässigen Grenzen

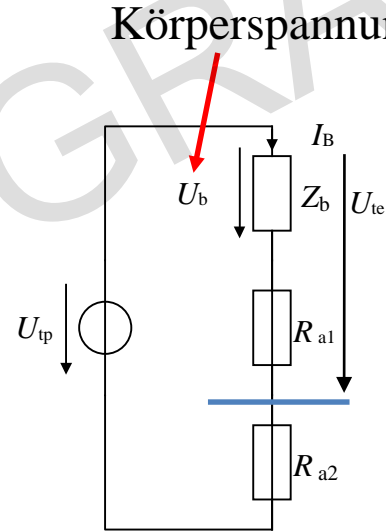




# Berührungsstromkreis



Leerlauf-  
berührungs-  
spannung

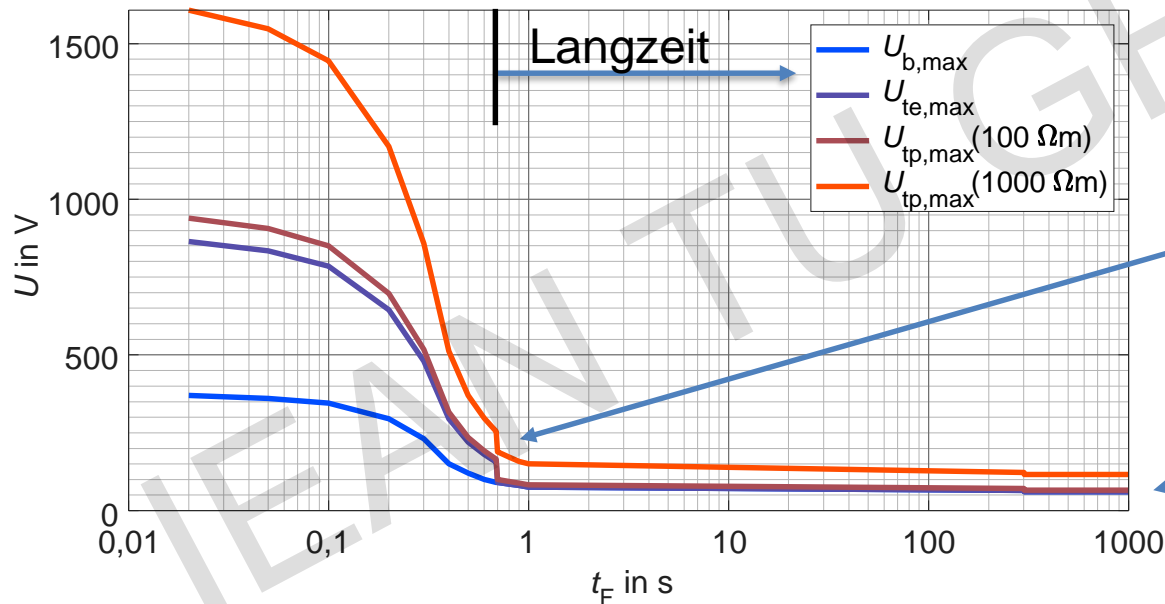


Zusatz-  
widerstände

$$R_{a1} = 1000 \, \Omega$$

$$R_{a2} = 1,5 \, \text{m}^{-1} \cdot \rho_S$$

# Zulässigen Grenzen

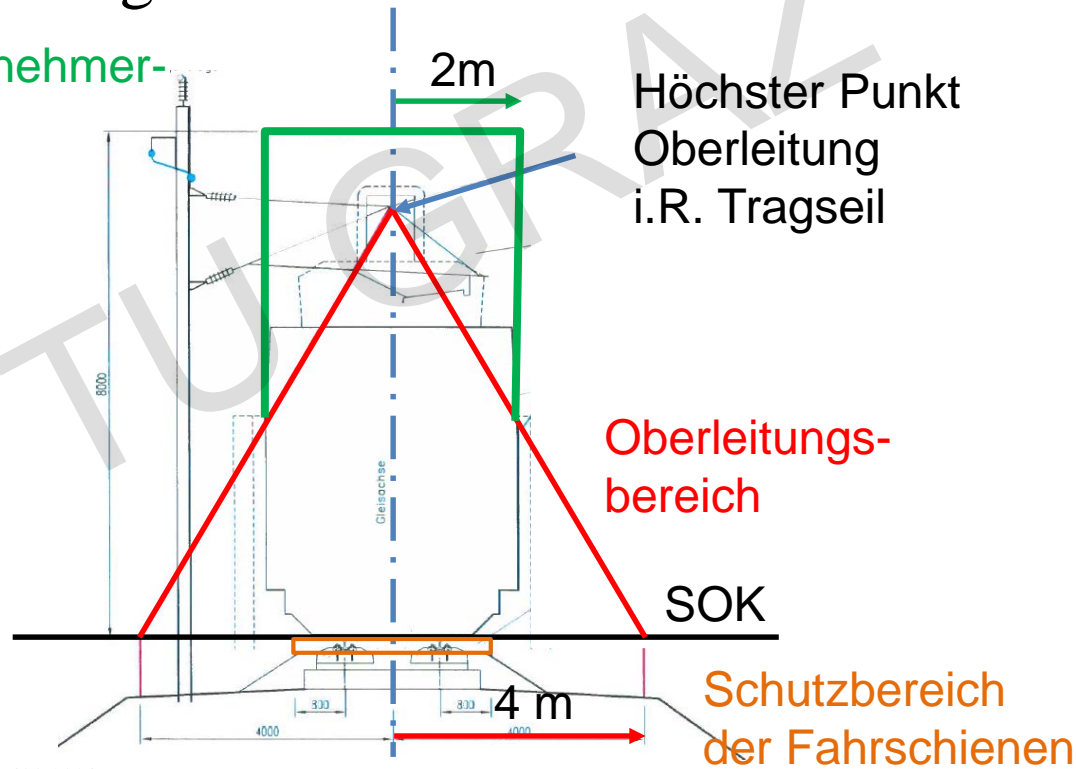


Langzeit:  
Keine Berücksichtigung  
der (nassen) Schuhe  
( $R_{a1} = 1000 \Omega$ )

# Schutzbereiche: Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich

Bereich wo  
**üblicherweise**  
Erdberührung bei  
Oberleitungsriss/  
Stromabnehmerbruch

Stromabnehmerbereich



Quelle: ÖBB ED 400,2021

# Maßnahmen im Oberleitung- und Stromabnehmerbereich

## Maßnahme **Bahnerdung**

für vollständig leitfähige oder teilweise leitfähige

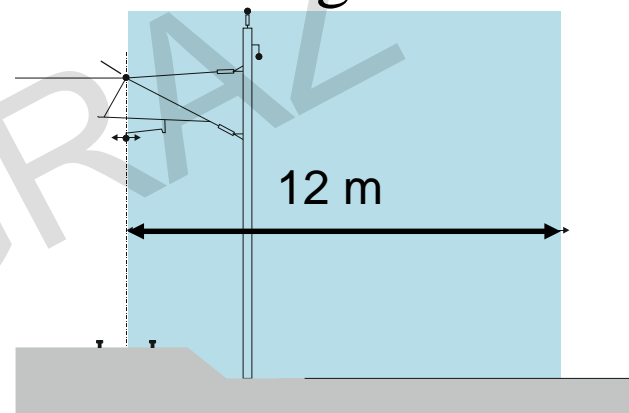
- Bauteile,
- Bauwerke
- elektrische Betriebsmittel

Ausnahmen: z.B.

- durch bahngeerdetes Hindernis geschützt,
- im Schienenschutzbereich
- Kleine (kurze) Teile (Tabelle mit Maximalabmessungen)
- erkennbar

# Maßnahmen im Einflussbereich der Bahnstromanlage

- Ursache: Induktive und kapazitive Kopplungen mit der Oberleitung
- Bei langen Parallelläufen ( $> \sim 500$  m) von vollständig leitfähigen Bauteilen, Bauwerke
- z.B. Einfriedungen, Geländer, Handlauf, Spundwände
- Maßnahmen:
  - Bahnerden
  - Erdung über die Fundamente der Bauteile



# Dimensionierung Rück- und Erdungsleiter

- Thermische Festigkeit
  - übliche KS-Ströme: 20-35 kA,
  - Abschaltung in Kurzzeit
- Mechanische Grenzen
  - Kurzschlusskräfte
  - Mindestquerschnitte
- Korrosion - Material

$$A = \frac{I}{K} \sqrt{\frac{t_f}{\ln \frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta}}}$$

Quelle: EN 50522, Anhang D

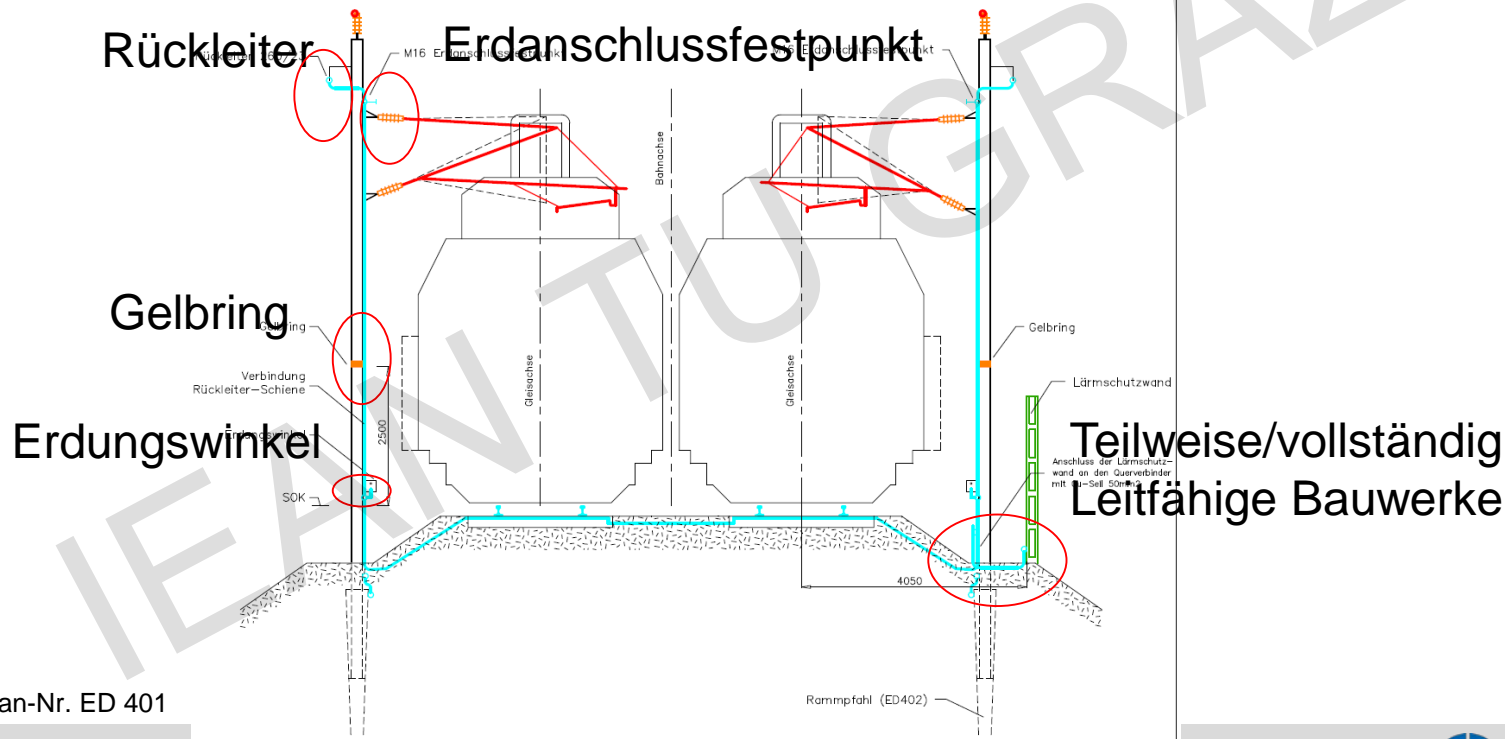
# Ausführung

- Mindesttiefe (20 cm)
- Mechanischer Schutz – z.B. Schutzrohre
- z.B. Verbindungen mit Fahrschienen – mind. 50 mm<sup>2</sup>
- Diebstahlwehrende Materialien: Aluminium-Stahl 100 mm<sup>2</sup>
- Gut leitfähige Verbindung (Lack!)
- Korrosionsschutz (feuerverzinkt, Betonüberdeckung, Kontaktkorrosion)



# Ausführungsbeispiel - Plan

Sektionswechsel:



Teilweise/vollständig  
Leitfähige Bauwerke

Quelle: ÖBB, Plan-Nr. ED 401



# Ausführungsbeispiele

Rückleiter



Quelle: Erdungskonzept GBT, Foto Manfred Irsigler

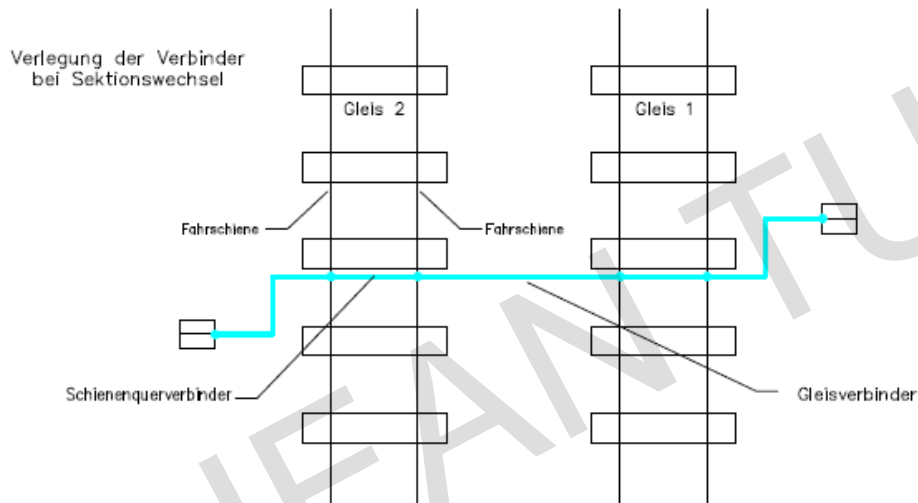
Schaltgerüst



Quelle: Erdungskonzept GBT, Foto Manfred Irsigler

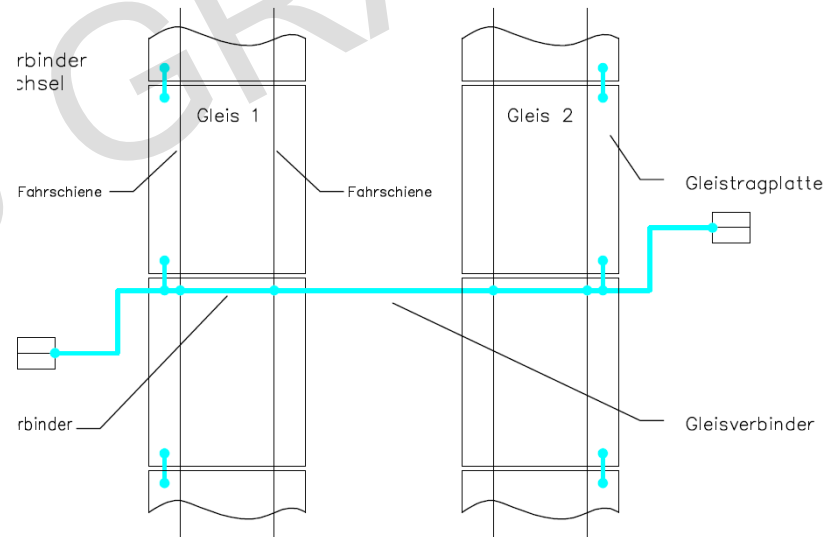
# Längs- und Querverbindungen

## Schotter-Fahrbahn



Quelle: ÖBB, Plan-Nr. ED 401

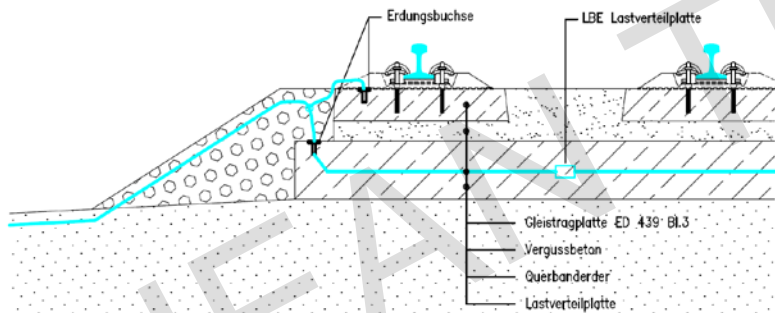
## Feste Fahrbahn - Gleisträgerplatten



Quelle: ÖBB, Plan-Nr. ED 404

# Ausführungsbeispiel: Erden Feste Fahrbahn

## Schacht - Rückleiterzusammenführung

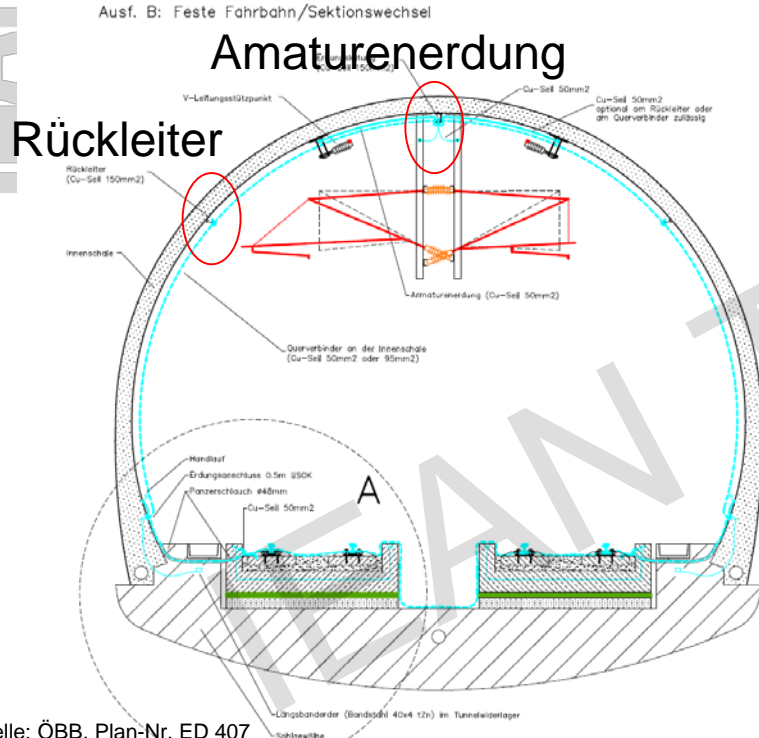


Quelle: ÖBB, Plan-Nr. ED 404

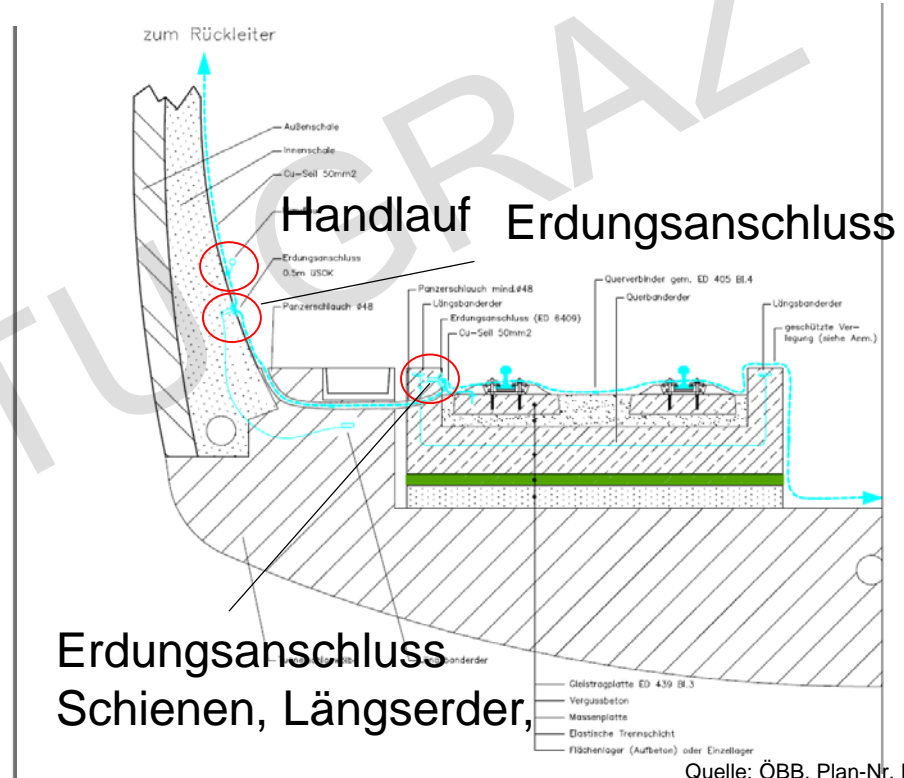


Quelle: Erdungskonzept GBT, Foto Manfred Irsigler

# Erdungsverbindungen im Tunnel

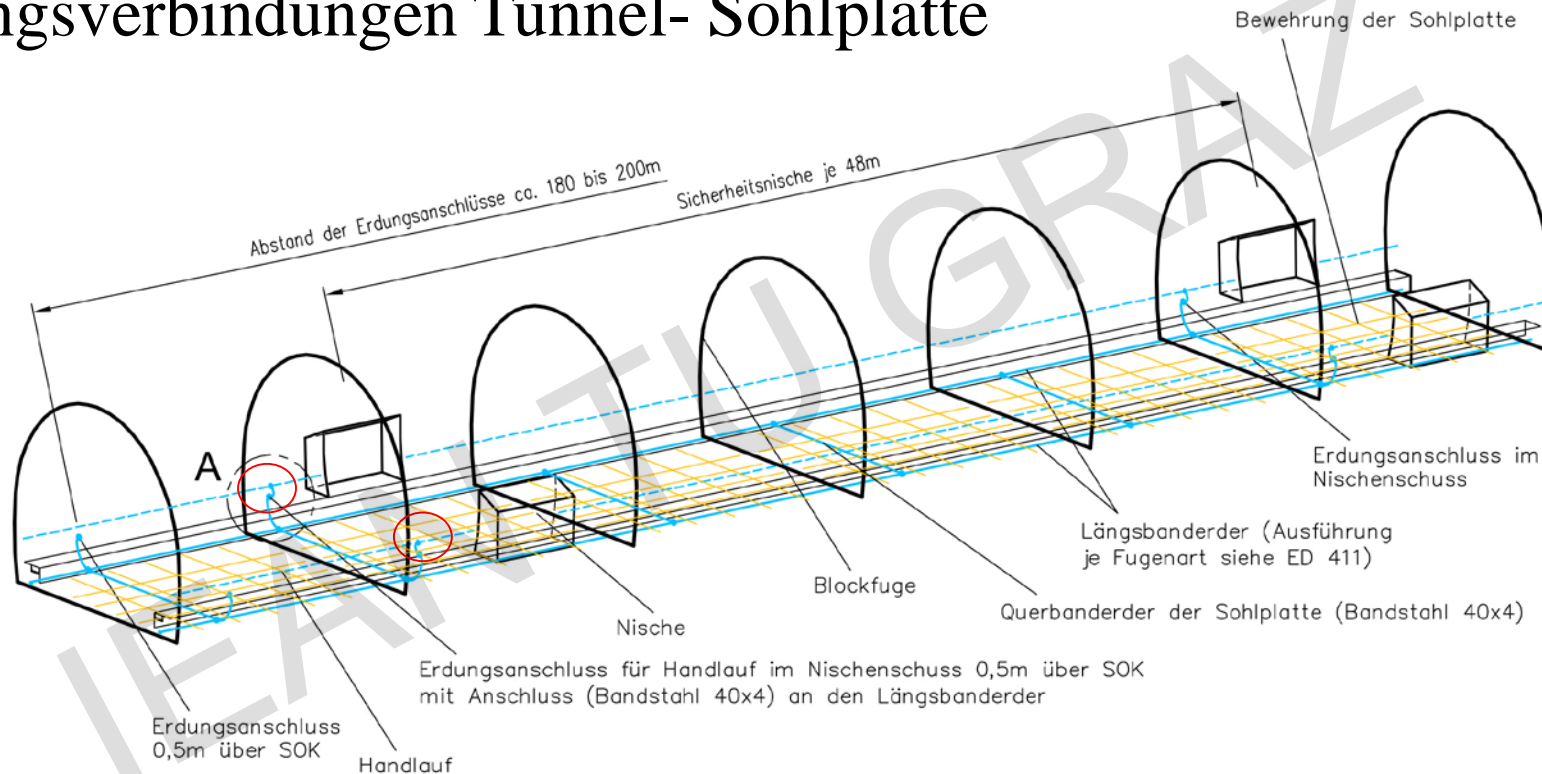


Quelle: ÖBB, Plan-Nr. ED 407



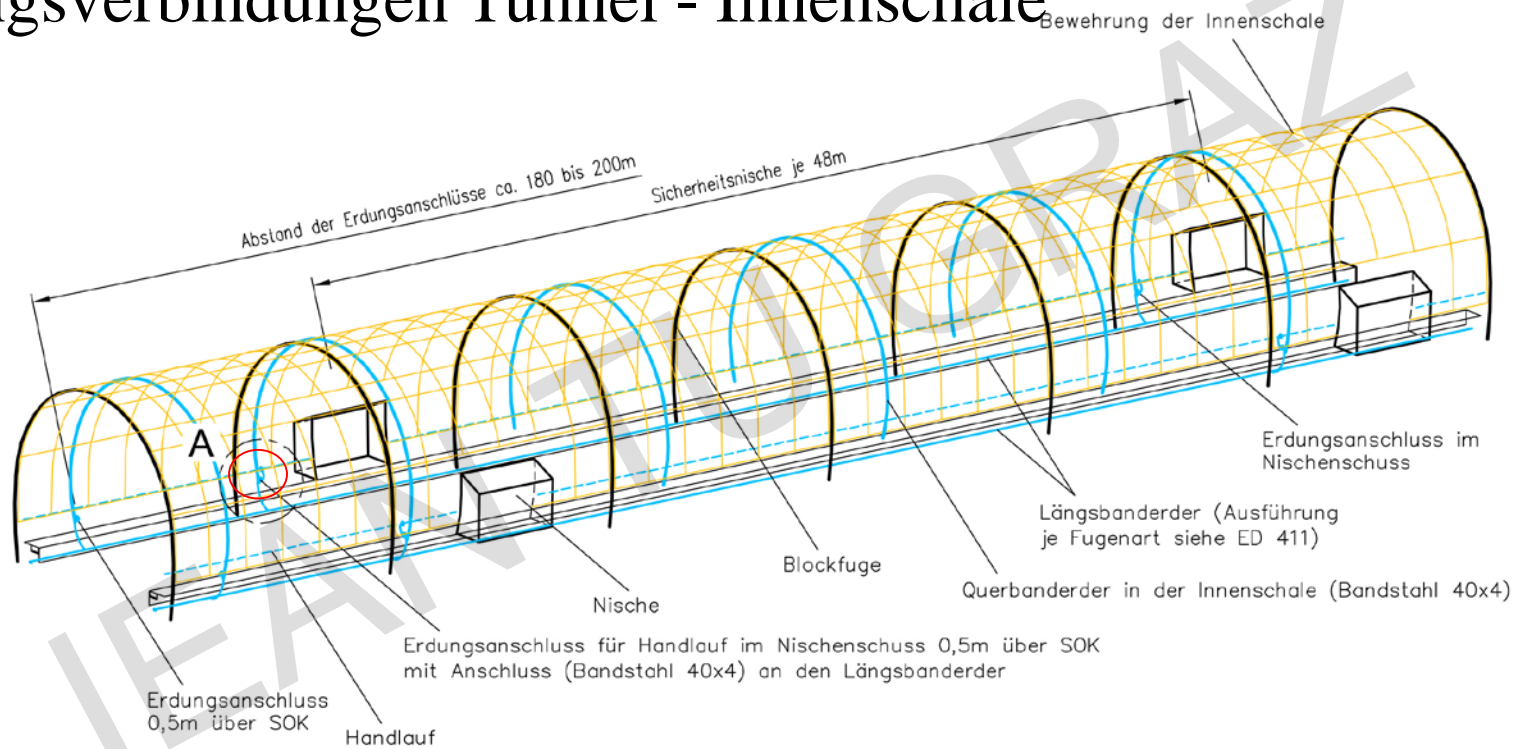
Quelle: ÖBB, Plan-Nr. ED 407

# Längsverbindungen Tunnel- Sohlplatte



Quelle: ÖBB, Plan-Nr. ED 407

# Längsverbindungen Tunnel - Innenschale



Quelle: ÖBB, Plan-Nr. ED 407

# Schienegebundenen Gleis- und Fahrleitungsbaumaschinen

Alle leitfähigen  
Teile müssen  
mit der  
Fahrschiene  
verbunden sein



Quelle: Foto Plasser Theurer

# Arbeiten im Gleis



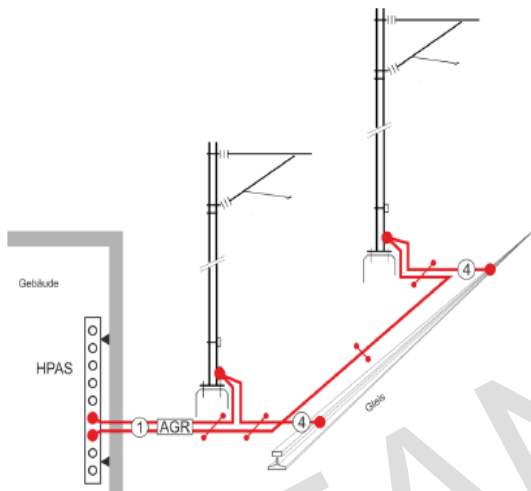
Quelle: Foto Urs Wili, Furrer+Frey

Arbeitserde:

- beidseits der Arbeitsstelle in Sichtweite  
Schutzbereich
- + kurze Bahnerde bei Arbeiten an der Fahrleitung  
– induzierte Spannungen!



# Erden in Gebäuden



(Codeliste der Querschnitte siehe Anhang A1)

Abbildung 6-7: Anschluss an das Rückleitungssystem bei Einspur oder Mehrspur ohne Rückleitungsseile an den FL-Masten.

Single Point of Entry:

1 Zentraler Punkt für alle Erdungsverbindungen in Gebäuden

Grund: Vagabundierende Ströme  
EMV

Hauptpotenzialschiene in Betriebsgebäuden.



Quelle: Rückleitungs- und Erdungshandbuch, Verband öffentlicher Verkehr, Bern

Quelle: Erdungskonzept GBT, Foto Manfred Irsigler

# Erdung von Kabelschirmen /-mäntel

Strom im Innenleiter – im Kabelschirm werden Spannungen induziert  
Kabelschirm erden?

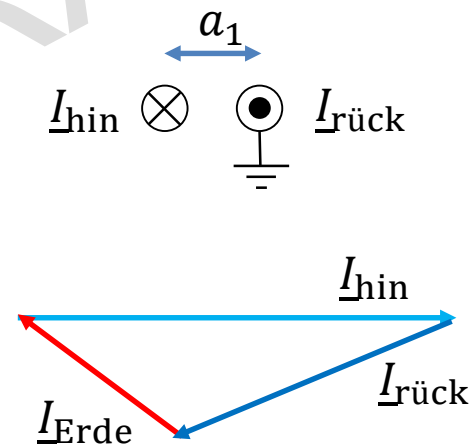
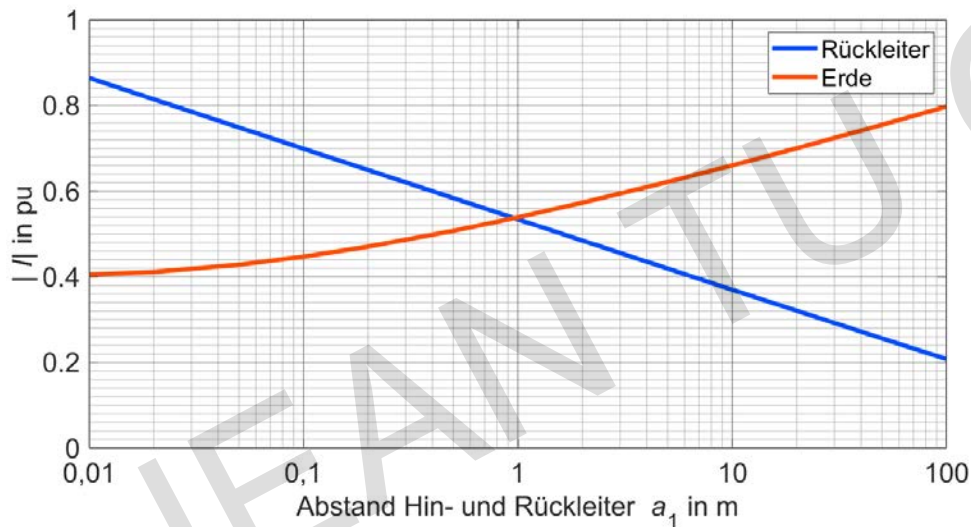
- Beidseitig geerdet – es kann ein Strom fließen, Erwärmung
- Einseitig geerdet – es können hohe Spannungen auftreten

Praktische Ausführung

- Kurze Kabel einseitig erden
- Längere Kabel beidseitig erden mit parallelem Rückleiterkabel
- ÖBB-Richtlinie – maximale Längen , welche Potenziale,

➔ Laufende genaue Untersuchung

# Aufteilung des Stromes bei einfachem Hin- und Rückleiter mit Verbindung über Erde



# Grundlagen EMV

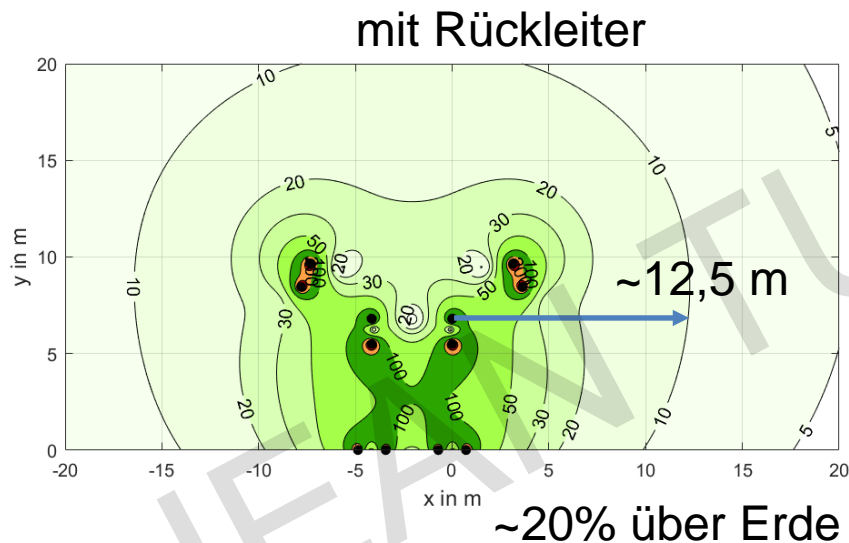
Hin- und Rückleiter nahe beieinander führen

- gute Kopplung
- kleinere Felder = weniger Störaussendung

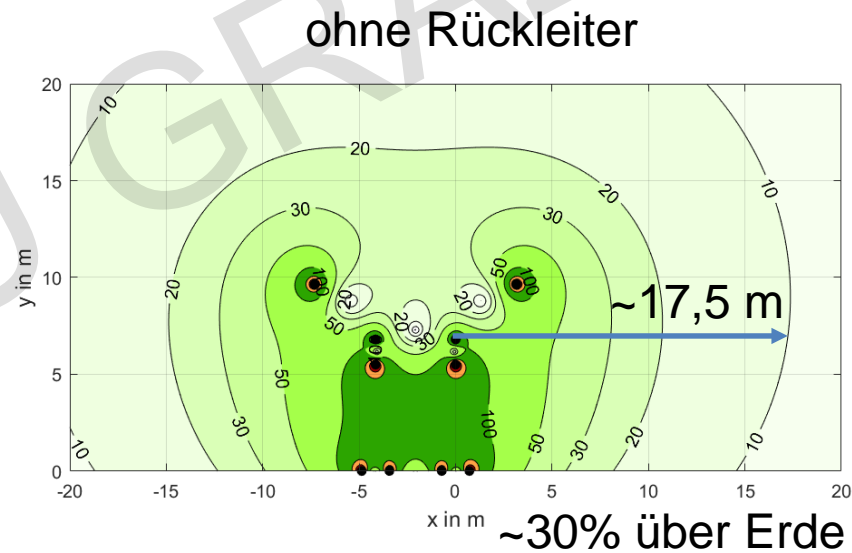
Vagabundierende Ströme vermeiden – an einem Punkt erden

Empfindliche Geräte/Signalleitungen möglichst große Abstände

# Elektromagnetische Felder

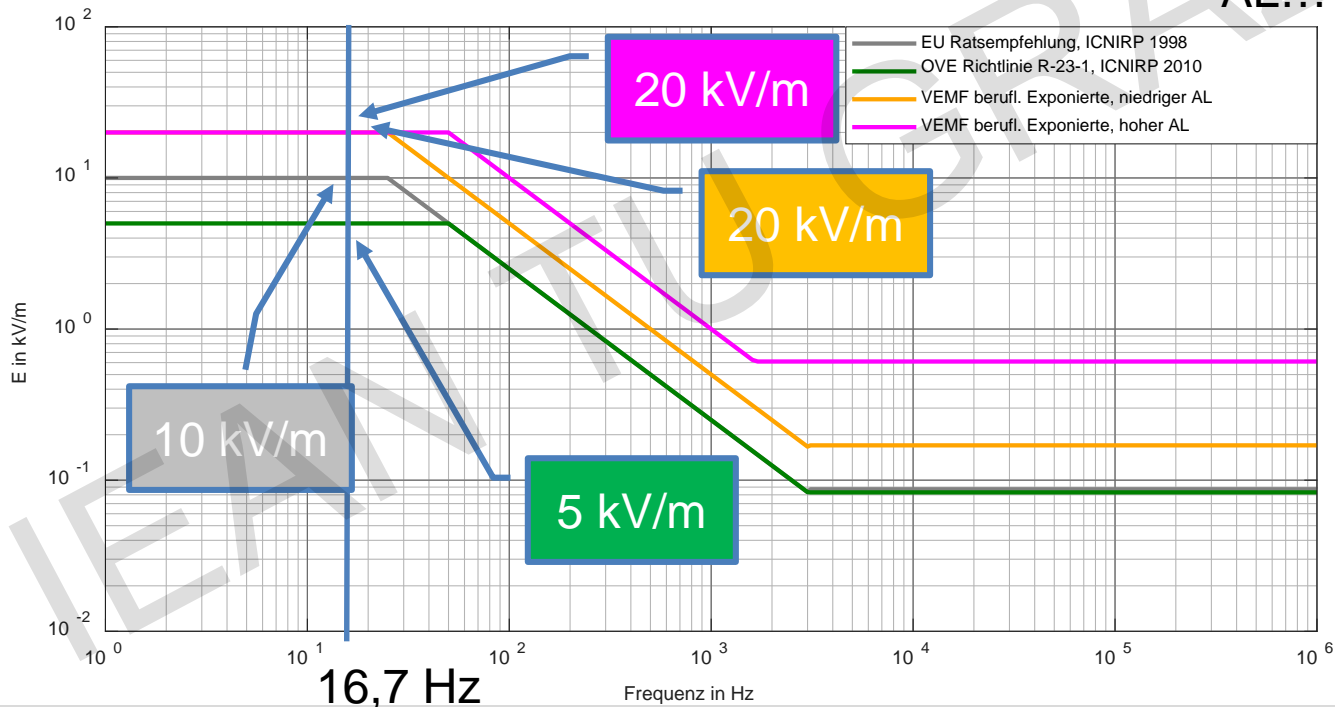


$$I = 2000 \text{ A}$$

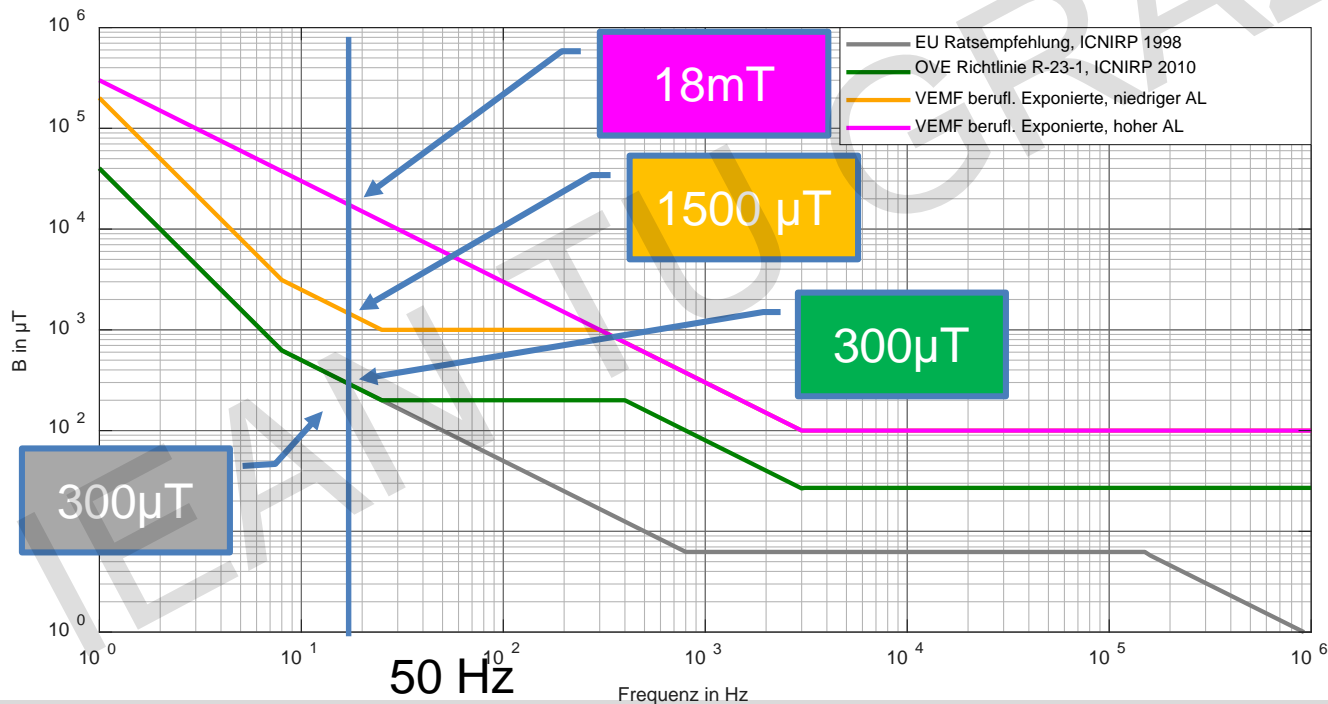


# Referenzwerte/Auslöswerte elektrische Feldstärke

AL... Auslöswert



# Referenzwerte/Auslöswerte magnetische Flussdichte



# Referenzwerte für elektrische und magnetische Felder

	E-Feld		B-Feld	
	16,7 Hz	50 Hz	16,7 Hz	50 Hz
Allgemeinbevölkerung*	5 kV/m	5 kV/m	300 $\mu$ T	200 $\mu$ T
Beruf. Exponierte (VEMF, Zone B)**	20 kV/m	10 kV/m	1500 $\mu$ T	1000 $\mu$ T
Empfindliche Geräte			10 $\mu$ T	3,77 $\mu$ T

\*ICNIRP 2010, OVE-Richtlinie R23-1

\*\* Ganzkörperexposition



## Zusammenfassung

- Erden = Schutzmaßnahme gegen den elektrischen Schlag
- Ausführungsbeispiele
- Grundprinzip: Leiter nahe zusammen verringert Beeinflussung

# Kontakt



ELEKTRISCHE  
ANLAGEN & NETZE  
TU GRAZ

So erreichen Sie mich:

[katrin.friedl@tugraz.at](mailto:katrin.friedl@tugraz.at)