

**Maßnahmen bei Beeinflussung von Fernmelde-
anlagen durch Starkstromanlagen**
Beeinflussung durch Gleichstrom-Bahnanlagen

DIN
VDE 0228
Teil 4

Diese auch vom Vorstand des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) e.V. genehmigte Norm ist damit zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist unter obenstehender Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.

Proceedings in the case of
interference on telecommunication
installations by electric power installations;
Interference by d.c. traction systems

Mit **DIN VDE 0228 Teil 5/12.87**
Ersatz für
DIN 57228 Teil 4/
VDE 0228 Teil 4/05.77

Für den Anwendungsbereich dieser Norm bestehen keine entsprechenden regionalen oder internationalen Normen. Entsprechende Festlegungen werden international von CCITT¹⁾ beraten und als Empfehlung veröffentlicht.

Für Maßnahmen bei Beeinflussung von Fernmeldeanlagen durch Starkstromanlagen (Maßnahmen zur Sicherung der Verträglichkeit elektrischer Informations- und Energiesysteme) bestehen folgende Normen:

- | | |
|----------------------------|---|
| DIN VDE 0228 Teil 1 | Allgemeine Grundlagen |
| DIN VDE 0228 Teil 2 | Beeinflussung durch Drehstromanlagen |
| DIN VDE 0228 Teil 3 | Beeinflussung durch Wechselstrom-Bahnanlagen |
| DIN VDE 0228 Teil 4 | Beeinflussung durch Gleichstrom-Bahnanlagen |
| DIN VDE 0228 Teil 5 | Beeinflussung durch Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsanlagen (HGÜ) |

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm (VDE-Bestimmung) gilt ab 1. Dezember 1987.

Entwurf war veröffentlicht als DIN VDE 0228 Teil 4/12.85.

¹⁾ CCITT: Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique.

Fortsetzung Seite 2 bis 18

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	2	4.4 Maßnahmen an Fernmeldeanlagen gegen Störungen	5
2 Begriffe	2	4.5 Bauliche Maßnahmen an Fernmelde-Kabelanlagen im Einflußbereich von Gleichstrom-Bahnanlagen	5
2.1 Allgemeine Begriffe der Beeinflussung	2	5 Berechnungsverfahren	5
2.2 Begriffe der Gleichstrom-Bahnanlagen	2	5.1 Allgemeines	5
2.3 Begriffe der Fernmeldeanlagen	3	5.2 Berechnungsformeln	5
2.4 Reduktions- und Schirmfaktor	3	5.3 Einflußgrößen	7
3 Grenzwerte für Spannungen und Ströme bei Beeinflussungen	3	5.4 Berechnungsbeispiele	13
3.1 Grenzwerte für Gefährdungsspannungen und -ströme	3	6 Meßverfahren	17
3.2 Grenzwerte für Geräusch- und Fremdspannungen	3	6.1 Messungen an Gleichstrom-Bahnanlagen	17
3.3 Prüfung von Beeinflussungsmöglichkeiten	4	6.2 Messungen an Fernmeldeleitungen und -einrichtungen	17
4 Maßnahmen gegen Beeinflussung	4	6.3 Sonstige Messungen	17
4.1 Allgemeines	4	Zitierte Normen und andere Unterlagen	17
4.2 Vorsorgliche Maßnahmen	4	Erläuterungen	18
4.3 Maßnahmen an Fernmeldeanlagen gegen Gefährdung	5		

1 Anwendungsbereich

1.1 Diese Norm gilt in Verbindung mit **DIN VDE 0228 Teil 1/12.87** "Allgemeine Grundlagen" für die Beeinflussung von Fernmeldeanlagen durch Gleichstrom-Bahnanlagen mit Nennspannungen größer als 500 V.

1.2 Entsprechend **DIN VDE 0228 Teil 1** wird unterschieden zwischen erdunsymmetrischen und erdsymmetrischen Gleichstrom-Bahnanlagen.

1.3 Zu den erdunsymmetrischen Gleichstrom-Bahnanlagen gehören Bahnanlagen, die die Fahrschienen als Rückleitung benutzen.

1.4 Zu den erdsymmetrischen Gleichstrom-Bahnanlagen gehören Bahnanlagen, bei denen nicht mehr als eine leitende Verbindung des Betriebsstromkreises mit Erde oder einer Gleisanlage besteht. Hierzu gehören z.B. Obus-Anlagen.

1.5 Für Trägerfrequenzverbindungen auf Fernmeldeleitungen gilt diese Norm nur hinsichtlich der Gefährdungsmöglichkeit.

1.6 Ausgenommen von dieser Norm sind Funkanlagen.

2 Begriffe

2.1 Allgemeine Begriffe der Beeinflussung

Es gelten die Festlegungen in **DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 2.1**.

2.2 Begriffe der Gleichstrom-Bahnanlagen

2.2.1 Zur Gleichstrom-Bahnanlage gehören: Fahrleitungen, Rückleitungen, Speiseleitungen, Unterwerke, Bahnfahrzeuge und O-Busse.

2.2.2 Fahrleitungsanlage ist die Gesamtheit aller Betriebsmittel, die zur Übertragung elektrischer Energie von den Speisepunkten zu den Fahrzeugen dienen. Ausgenommen sind hierfür benutzte Fahrschienen und an diese angeschlossene Rückleiter.

Zur Fahrleitungsanlage gehören auch

- an der Fahrleitung fest angeschlossene Leitungen zur Versorgung von Betriebsmitteln, die anderen Zwecken dienen (z.B. für Beleuchtung, Signalgebung, Steuerung von Weichen), bis zu einer Trennstelle durch Sicherungen oder Schalter,
- als Schleifleiter ausgebildete Schutzleiter.

Zur Fahrleitungsanlage gehören außerdem Speiseleitungen und andere Leitungen (z.B. Starkstromfreileitungen, Fernmeldeleitungen), soweit sie auf den Stützpunkten der Fahrleitungsanlage geführt sind.

2.2.2.1 Oberleitungsanlage ist eine Fahrleitungsanlage, bei der Fahrdrähte als Schleifleiter oberhalb der Fahrzeuge angeordnet sind.

2.2.2.2 Stromschienenanlage ist eine Fahrleitungsanlage, bei der Stromschienen als Schleifleiter neben oder unterhalb der Fahrzeuge angeordnet sind.

2.2.2.3 Fahrleitung ist der aktive Teil der Fahrleitungsanlage, ohne Speiseleitungen und andere Leitungen. Zur Fahrleitung zählen alle Arten von Schleifleitern, Verstärkungsleitungen, Schalterleitungen, Versorgungsleitungen, Streckentrenner, Streckenschalter, Speiseschalter, Überspannungsschutzeinrichtungen, gegen die Schleifleiter nicht isolierte Teile der Stützpunkte, an Spannung liegende Isolatoren mit Zubehör.

2.2.3 Schleifleiter ist der von den Stromabnehmern und Schleifern der Fahrzeuge bestrichene Teil der Fahrleitung. Er kann ein Fahrdrabt, eine Stromschiene, ein Band usw. sein.

2.2.4 Speiseleitung ist eine Leitung (Speisefreileitung, Speisekabel) zur Verbindung eines Unterwerkes mit einem Speisepunkt einer Fahrleitung.

2.2.5 Rückleitung ist die Gesamtheit der zur Übertragung elektrischer Energie zu den Fahrzeugen benutzten Fahrschienen und der an die Fahrschienen angeschlossenen und zum Unterwerk führenden Leiter (Rückleiter). Hierzu gehören auch die Verbinder der Fahrschienen, parallel geschaltete Leiter, Gleisdrosseln und Saugtransformatoren.

2.2.6 Bahnerde ist die Gesamtheit der als Rückleitung dienenden und über die Bettung oder über Erdungsanla-

gen mit Erde in Verbindung stehenden Fahrschienen und der mit ihr verbundenen leitenden Teile.

2.2.7 Schienenstrom ist die Summe der in den Schienen aller Gleise einer Strecke fließenden Ströme.

2.2.8 Speiseabschnitt ist

- a) bei einseitiger Speisung der Teil der Fahr- und Speiseleitungen, der durch ein einziges Unterwerk in einer Richtung gespeist wird;
- b) bei zweiseitiger Speisung der Abschnitt der Fahr- und Speiseleitung von einem Unterwerk bis zum Längskuppelschalter. Beim Fehlen des Kuppelschalters reicht der Speiseabschnitt bis zur Mitte zwischen den beiden speisenden Unterwerken oder bis zur Trennstelle.

2.2.9 Normalbetrieb ist der Betrieb einer elektrischen Bahn bei normaler Schaltung und Speisung der Fahrleitung mit Nennspannung. Bei zweiseitig gespeisten Strecken stellt die zweiseitige Speisung den Normalbetrieb dar.

2.2.10 Bahnfahrzeuge. Zu unterscheiden ist zwischen Bahnfahrzeugen (Lokomotiven, Triebwagen) mit

- a) Widerstandssteuerung und Reihen-/Parallelschaltung von Gleichstrom-Fahrmotoren,
- b) Gleichstromsteller (Chopper) mit Impulsbreitensteuerung von Gleichstrom-Fahrmotoren,
- c) Drehstromantrieb über Gleichstromsteller mit Stromzwischenkreis und Wechselrichter zur Spannungs- und Frequenzsteuerung von Asynchron-Fahrmotoren.

2.2.11 Störgrößen. Es gelten die Festlegungen in [DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 2.2.2](#).

2.3 Begriffe der Fernmeldeanlagen

2.3.1 Es gelten die Festlegungen in [DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 2.3](#).

2.3.2 Leitungsabschluß sind die Klemmen einer Fernmeldefreileitung oder eines Fernmeldekabels, an die eine Teilnehmereinrichtung oder ersatzweise ein 600-Ω-Widerstand angeschlossen ist. Bei einem von 600 Ω abweichenden Wellenwiderstand der Leitung ist ein Anpas-

sungstransformator zu benutzen oder der Meßwert der Spannung nach [DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Bild 22](#), umzurechnen (siehe auch [DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 2.3.4.3](#)).

2.4 Reduktions- und Schirmfaktor

Es gelten die Festlegungen in [DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 2.4](#).

3 Grenzwerte für Spannungen und Ströme bei Beeinflussungen

3.1 Grenzwerte für Gefährdungsspannungen und -ströme

Bei Gleichstrom-Bahnanlagen mit Nennspannung < 3000 V sind im Normalbetrieb Gefährdungen durch induktive, kapazitive oder ohmsche Kopplung nicht wahrscheinlich.

3.1.1 Induktive Beeinflussung

Nach CCITT [\[1, 2, 3\]](#) soll der Spitzenwert der im Kurzschlußfall induzierten Längs-EMK den Wert 1000 V nicht überschreiten (siehe [Abschnitt 5.2.1](#)).

3.1.2 Kapazitive Beeinflussung

Die kapazitive Beeinflussung ist wegen ihrer Geringfügigkeit nicht gefährdend und braucht deshalb nicht berücksichtigt zu werden.

3.1.3 Beeinflussung durch Kopplung über ohmsche Widerstände. Ohmsche Kopplungen, die zu Gefährdungen führen können, sind wenig wahrscheinlich und brauchen nicht berücksichtigt zu werden.

3.2 Grenzwerte für Geräusch- und Fremdspannungen

3.2.1 Es gelten die Festlegungen in [DIN VDE 0228 Teil 1/12.87 Abschnitt 3.2](#).

3.2.2 Grenzwerte für die zulässige Geräuschspannung in Fernsprechleitungen

Die durch Beeinflussung hervorgerufene Geräuschspannung soll an den Klemmen der (angeschlossenen oder durch 600 Ω ersetzten) Teilnehmereinrichtung keine höheren Werte aufweisen als in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1. Grenzwerte für Geräuschspannungen in Fernsprechverbindungen im Gesprächszustand

Mögliche Verbindung der Teilnehmereinrichtung	Geräuschspannung an 600 Ω mV
a) mit Fernsprechleitungen des öffentlichen Verkehrs oder mit internationalen Verbindungen der Bahnen	0,5 ¹⁾
b) mit Fernsprechleitungen des nichtöffentlichen Verkehrs — in Luftkabeln oder auf Fernsprechfreileitungen einschließlich kurzer Einführungs- und Zwischenkabel - anzustreben — in Erdkabeln - anzustreben	5 2,5 2,5 1
c) mit Fernsprechleitungen (im Fall b), sofern diese mit Fernsprechleitungen des öffentlichen Verkehrs oder internationalen Verbindungen der Bahnen zusammengeschaltet werden kann.	0,5 ¹⁾
¹⁾ CCITT gibt anstatt der Geräuschspannung von 0,5 mV die entsprechende Geräusch-EMK von 1 mV an.	

3.2.2.1 In Fernsprechstromkreisen mit zusätzlichen Frequenzbegrenzungen sind nur die Frequenzen des Durchlaßbereiches in die Beurteilung der Störung einzubeziehen.

Bei verstärkten Fernsprechstromkreisen beginnt der Durchlaßbereich bei 300 Hz und reicht bis maximal 3,4 kHz, bei Tonleitungen bis 15 kHz.

3.2.2.2 Überschreitet die Geräuschspannung beim Teilnehmer in Sonderfällen, z.B. in Stromkreisen an Fahrleitungsmasten, die in [Tabelle 1](#) angegebenen Grenzwerte, ist zu prüfen, ob der Sendepiegel erhöht werden kann.

3.2.2.3 Wird die Geräuschspannung für geplante Fernmeldeanlagen oder bei Planung einer Starkstromanlage für vorhandene Fernmeldeanlagen durch Berechnung mit den Werten nach [Abschnitt 5.3](#) ermittelt, so ergibt die Rechnung nur einen größenordnungsmäßigen Anhalt. Bei geringfügiger Überschreitung der Werte von [Tabelle 1](#) brauchen daher im allgemeinen keine vorsorglichen Maßnahmen getroffen zu werden.

Insbesondere in den Fällen, in denen aufgrund der Vorabschätzung große Aufwendungen erforderlich sind, ist zu empfehlen, die in die Rechnung eingehenden Größen durch Messung zu erfassen. Im Zweifelsfall sind die an der fertigen Fernmeldeanlage gemessenen Werte maßgebend. Statt Berechnungen können auch vergleichende Betrachtungen mit bereits bestehenden, entsprechenden Anlagen durchgeführt werden.

3.2.3 Im allgemeinen sind von Beeinflussungen durch Gleichstrombahnen keine Funktionsstörungen zu erwarten.

3.3 Prüfung von Beeinflussungsmöglichkeiten

3.3.1 Notwendigkeit der Prüfung auf Gefährdung

Bei langen und engen Näherungen zwischen Betriebsfernmeldeleitungen und Fahrleitungen wird empfohlen, die Höhe des in der Fernmeldeleitung durch einen Erdkurzschluß der Fahrleitungen induzierten Spannungsimpulses zu prüfen.

3.3.2 Notwendigkeit der Prüfung auf Störungen

Eine Übersicht über die Fälle, in denen die Einhaltung der Grenzwerte bei Gleichstrom-Bahnanlagen zu prüfen

ist, gibt [Tabelle 2](#). Bei erdsymmetrischen Gleichstrom-Bahnanlagen (z.B. Obus-Anlagen) ist keine Prüfung erforderlich.

4 Maßnahmen gegen Beeinflussung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Die Festlegungen von [DIN VDE 0228 Teil 1/12.87](#), [Abschnitt 4.1](#), sind zu beachten [\[5, 6\]](#).

4.1.2 Mit Rücksicht auf die Gefährdung durch Korrosion ist bei allen Maßnahmen zur Störungsbeseitigung auch [DIN VDE 0150](#) zu beachten.

4.2 Vorsorgliche Maßnahmen

4.2.1 Vorsorgliche Maßnahmen an Bahnanlagen

4.2.1.1 In den Unterwerken sollen Stromrichterschaltungen mit einer Pulszahl von wenigstens sechs verwendet werden.

Anmerkung: Arbeiten in einem Unterwerk zwei sechspulsige Stromrichter parallel, so kann durch die Wahl von um 30° versetzten Stromrichtergruppen eine zwölfpulsige Betriebsweise der Gesamtanlage erzielt werden. Der Fernsprechformfaktor der Anlage ist dann günstiger.

4.2.1.2 Ist ein Parallelbetrieb von Stromrichteranlagen über Fahr- und Speiseleitungen beabsichtigt, so sollen die Stromrichtertransformatoren gleiche Schaltgruppen nach [DIN VDE 0532 Teil 1](#) und [Teil 4](#) in Verbindung mit gleichwertigen Stromrichterschaltungen nach DIN 41761 bzw. [DIN VDE 0558 Teil 1](#) erhalten; hierdurch wird die Spannung der Oberschwingungen weitgehend phasengleich, so daß störende Ausgleichswechselströme auf der Gleichstromseite vermieden werden. Werden in Sonderfällen Stromrichteranlagen aus nicht synchronen Drehstromnetzen gespeist, so ist ein Parallelbetrieb zu vermeiden, es sei denn, die Störspannung der Stromrichter wird ausreichend klein gehalten (siehe auch [Abschnitt 4.2.1.4](#)).

4.2.1.3 Arbeiten örtlich getrennte Unterwerke mit gleichen Stromrichter-Schaltgruppen über Fahr- oder Speiseleitungen parallel, so können sich die Induktionswir-

Tabelle 2. Übersicht über die Notwendigkeit der Untersuchung auf Geräuschstörung durch Gleichstrom-Bahnanlagen mit Stromrückleitung über Erde

1	2	3	4	5	6
lfd. Nr	Bahnanlage	Fernmeldenetz			
		induktive Beeinflussung		kapazitive Beeinflussung	
		Freileitung	Kabel	Freileitung	Kabel
1	Oberleitung	+	+	+	—
2	Stromschiene	+	+	—	—
3	Oberirdische Speiseleitung	+	+	+	—
4	erdverlegtes Speisekabel	(+)	—	—	—

Bedeutung der Zeichen:

— keine Untersuchung erforderlich

+ Untersuchung erforderlich, wenn Abstand kleiner als der Grenzabstand (siehe [Abschnitt 5.2.2.1.1](#))

(+) Untersuchung nur in besonders ungünstigen Fällen erforderlich

kungen dieser Leitungen auf benachbarte Fernsprechleitungen bis zu einem gewissen Grade aufheben.

4.2.1.4 Die Fahrleitungen sollen nur von den für den Normalbetrieb vorgesehenen Unterwerken gespeist werden. Zwingen betriebliche Notwendigkeiten zu Schaltungen und Betriebsweisen mit höherer Störwirkung, so sind diese möglichst bald wieder rückgängig zu machen.

4.2.1.5 Die Störspannung von Stromrichtern kann mit Hilfe von Glättungseinrichtungen gesenkt werden. Diese bestehen in der Regel aus einer Glättungsdrössel und Filterkreisen für die störenden Oberschwingungen. Hierbei können jedoch durch die Rückwirkung von Gleichstromtellern Resonanzen entstehen.

4.2.2 Vorsorgliche Maßnahmen an Fernmeldeanlagen

Es gelten die Festlegungen von **DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 4.2.2.**

4.3 Maßnahmen an Fernmeldeanlagen gegen Gefährdung

Im allgemeinen sind keine besonderen Maßnahmen gegen Gefährdung durch induktive, kapazitive oder ohmsche Beeinflussung notwendig (siehe **Abschnitte 3.1 und 3.3.1**). Für Sonderfälle können Maßnahmen nach **DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 4.3.1**, angewandt werden.

4.4 Maßnahmen an Fernmeldeanlagen gegen Störungen

4.4.1 Es gelten die Festlegungen von **DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 4.4.**

4.4.2 Die im **Abschnitt 5.2.2.1** beschriebenen Berechnungsverfahren sind anwendbar, wenn detaillierte Angaben der Bahnanlage bekannt sind. Ist dies nicht der Fall, so können die Empfehlungen nach **[10]** als Planungsrichtlinien herangezogen werden. Tabelle 3 zeigt daraus den erforderlichen Schirmaufbau von Kabeln, die unmittelbar neben der Bahn verlaufen, in Abhängigkeit von der Art der Bahnanlage und der Symmetrie der Fernmeldeanlage. Die Werte gelten für den Grenzwert der Geräuschspannung von 0,5 mV bei Streckenlängen von über 2 km und unter der Voraussetzung, daß Maßnahmen zur Dämpfung von Resonanzen im Bahnstromkreis getroffen sind.

Bei ausschließlich unterirdisch verlaufenden Strecken, also bei Kabeln im U-Bahn-Tunnel, können die Anforderungen an die Kabelschirmung etwas kleiner sein. Voraussetzung dafür ist die Erdung der Schirmelemente in jeder Station an der durchverbindenden Tunnelarmie-

rung, eventuell über Kondensatoren (siehe auch **DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 4.5.1.1**)

4.5 Bauliche Maßnahmen an Fernmelde-Kabelanlagen im Einflußbereich von Gleichstrom-Bahnanlagen

Die Festlegungen von **DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 4.5**, sind sinngemäß anzuwenden, ebenso **DIN VDE 0115 Teil 1** und **DIN VDE 0150**.

Zur Verringerung der Korrosionsgefahr durch Streuströme kann man die Kabelschirme an den Einführungsstellen über Kondensatoren erden. Der Scheinwiderstand der Kondensatoren muß im störenden Frequenzbereich klein sein im Vergleich zum Gleichstromwiderstand des Kabelschirmes zwischen den Einbauorten der Kondensatoren. Damit bleibt der Reduktionsfaktor hinsichtlich der Beeinflussung durch Oberschwingungen wirksam.

5 Berechnungsverfahren

5.1 Allgemeines

5.1.1 Gefährdung

Es gelten die Ausführungen nach **DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 5.1.1.**

5.1.2 Geräuschstörung

Es gelten die Festlegungen in **DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 5.1.2.**

5.1.3 Störungen durch Fremdspannungen

Die Festlegungen in **DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 5.1.3**, sind sinngemäß anzuwenden.

5.2 Berechnungsformeln

5.2.1 Gefährdung durch induktive Beeinflussung

Die Lage des Erdkurzschlusses wird am Ende der Näherung angenommen. Für die Berechnung des Spitzenwertes der Längs-EMK E_{ik} , der in einer Fernmeldeanlage im Augenblick des Entstehens oder Verschwindens eines im Erdkreis der Gleichstrom-Bahnanlage fließenden Kurzschluß-Gleichstroms induziert wird, ist in Anlehnung an CCITT **[4]** folgende Gleichung anzuwenden:

$$E_{ik} = U_{d0} \cdot r_s \cdot r_k \cdot \frac{M_{Ee}}{L_F} \cdot \frac{l}{D} \text{ in V} \quad (1)$$

Darin bedeuten:

U_{d0} Leerlaufgleichspannung am Unterwerk in V.

Tabelle 3. Planungsrichtlinien für Bahn- und Fernmeldeanlagen zur Einhaltung der Geräuschspannungsgrenze von 0,5 mV

Bahnstromkreis	Unsymmetriedämpfung des Leitungsabschlusses (bei 300 bis 3400 Hz)	Längswiderstand des Kabelschirmes (z. B. Al-Mantel)	Stahlbandbewehrung	Zusätzliche Bewehrung über Stahlband (z. B. Drahtbewehrung)
Gleichspannung, Speisung über Stromschiene	$\geq 60 \text{ dB } (g_u \leq 0,001)$	$\leq 0,5 \text{ } \Omega/\text{km}$	—	—
	$\geq 46 \text{ dB } (g_u \leq 0,005)$	$\leq 0,3 \text{ } \Omega/\text{km}$	2 mm × 0,5 mm	—
Gleichspannung, Speisung über Oberleitung	$\geq 60 \text{ dB } (g_u \leq 0,001)$	$\leq 0,3 \text{ } \Omega/\text{km}$	2 mm × 0,5 mm	—
	$\geq 46 \text{ dB } (g_u \leq 0,005)$	$\leq 0,2 \text{ } \Omega/\text{km}$	2 mm × 0,8 mm	$\sim 1 \text{ } \Omega/\text{km}$

- r_s Schienenreduktionsfaktor. Es können die Werte für r_s nach Abschnitt 5.3.5.4 benutzt werden (siehe DIN VDE 0228 Teil 3/05.77, Abschnitt 5.3.5.2).
- r_K Reduktionsfaktor der Kabelhülle. Es darf mit dem Wert für $16^{2/3}$ Hz gerechnet werden.
- M_{Ee} Längenbezogene Gegeninduktivität zwischen Gleichstromleitung und Fernmeldeleitung mit gemeinsamer Erdrückleitung (siehe DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Bild 9) in mH/km. Es darf mit dem Wert für $16^{2/3}$ Hz gerechnet werden (siehe DIN VDE 0228 Teil 3/05.77, Tabelle 7).
- L_F Längenbezogene Selbstinduktivität der Fahrleitung mit Fahrschienen und Erdrückleitung (etwa 1,5 mH/km) in mH/km. Es darf mit dem Wert für $16^{2/3}$ Hz gerechnet werden (siehe DIN VDE 0228 Teil 3/05.77, Tabelle 7).
- Werden im Unterwerk Glättungseinrichtungen verwendet, so soll deren Induktivität berücksichtigt werden.
- D Entfernung zwischen dem Speisepunkt und dem Punkt des Abschnittes, an dem der Kurzschluß angenommen wird, in km.
- l Näherungslänge in km (siehe DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 2.1.4.1).

Es wird empfohlen, für L_F und r_s gemessene Werte zu benutzen, die unter etwa gleichen technischen Verhältnissen (Bodenleitfähigkeit, Streckenbau) gewonnen worden sind.

5.2.2 Störung

Die im folgenden behandelten Berechnungsverfahren sind nur gültig für Näherungsabschnitte, bei denen die Querkapazitäten des Bahnstromkreises und des Fernsprechkreises noch keine Rolle spielen. Das ist im allgemeinen erfüllt, solange die Speiseabschnitte deutlich kürzer sind als $1/4$ der Wellenlänge für die Bezugsfrequenz. Bis 10 km ist diese Voraussetzung gegeben.

5.2.2.1 Geräuschstörung durch induktive Beeinflussung

5.2.2.1.1 Grenzabstand

Im allgemeinen genügt es, in Städten Abstände bis 100 m und auf dem freien Lande Abstände bis 500 m zu berücksichtigen.

5.2.2.1.2 Berechnung der Geräusch-Längs-EMK E_{g0} , die im Erdkreis einer Fernmeldeleitung durch den im Erdkreis einer Starkstromleitung fließenden Störstrom induziert wird (siehe DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 5.2.2.1.2, Gleichung (7)). Folgende Gleichung soll angewendet werden:

$$E_{g0} = 2 \pi f' \cdot M'_{Ee} \cdot l \cdot I_{St} \cdot r' \cdot 10^{-6} \text{ in V} \quad (2)$$

Darin bedeuten:

- f' Bezugsfrequenz (siehe DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 2.1.9) in s^{-1} . Bei Fernsprechleitungen ist 800 Hz einzusetzen.
- M'_{Ee} Längebezogene Gegeninduktivität zwischen Gleichstromleitung und Fernmeldeleitung mit gemeinsamer Erdrückleitung bei der Bezugsfrequenz (siehe DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Bild 9) in $\mu H/km$.
- I_{St} Störstrom entlang der Bahnanlage in A. Er kann durch Berechnung nach Abschnitt 5.3.1 ermittelt werden.

- r' Resultierender Reduktionsfaktor bei Bezugsfrequenz (siehe DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 5.3.5). Für Schienen und Fernmeldekabel kann in den meisten Fällen mit $r'_s \cdot r'_K$ gerechnet werden.
- r'_K Reduktionsfaktor des beeinflussten Kabels bei der Bezugsfrequenz.
- r'_s Reduktionsfaktor der Fahrschienen bei der Bezugsfrequenz.

5.2.2.1.3 Berechnung der induzierten Geräuschspannung einer Näherung am Leitungsabschluß

Grenzwerte siehe Tabelle 1.

5.2.2.1.3.1 Berechnung der Geräuschspannung U_{g1} , die am Leitungsabschluß einer Fernmeldefreileitung oder eines Kabels durch die Geräusch-Längs-EMK E_{g0} über Leitungs- und Schaltungsunsymmetrien erzeugt wird (siehe DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 5.2.2.1.3.1).

$$U_{g1} = 0,5 \cdot E_{g0} \cdot \sqrt{k_{ui}^2 + g_u^2} \cdot 10^{-3} \text{ in mV} \quad (3)$$

Darin bedeuten:

- k_{ui} Empfindlichkeitsfaktor der Fernmeldeleitung bei induktiver Beeinflussung (Werte siehe DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 5.3.9).
- g_u Unsymmetriegrad der angeschlossenen Fernmeldegeräte und Amtseinrichtungen bei induktiver und/oder kapazitiver Beeinflussung (Werte siehe DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 5.3.10).

5.2.2.1.3.2 Berechnung der Geräuschspannung U_{g2} , die am Leitungsabschluß einer Fernmeldefreileitung durch den im Erdkreis einer Starkstromleitung fließenden Störstrom infolge induktiver Schleifenbeeinflussung entsteht.

Für Freileitungen gilt allgemein Gleichung (9) aus DIN VDE 0228 Teil 1/12.87, Abschnitt 5.2.2.1.3.2. Bei Beeinflussung durch Gleichstrom-Bahnanlagen soll die folgende Gleichung angewendet werden:

$$U_{g2} = 0,5 \cdot 2 \pi f' \cdot r'_s \cdot M'_{Es} \cdot l \cdot I_{St} \cdot r'_x \cdot \sqrt{\frac{600}{Z}} \cdot 10^{-3} \text{ in mV} \quad (4)$$

Bei Kabeln ist die induzierte Geräuschspannung U_{g2} wegen der guten Symmetrie der Adern vernachlässigbar klein.

Darin bedeuten:

- $r'_s \cdot M'_{Es}$ Längenbezogenes Produkt aus Schienenreduktionsfaktor und Gegeninduktivität zwischen der Fahrleitung und der Schleife der Fernmeldefreileitung bei der Bezugsfrequenz (siehe Abschnitt 5.3.2.2, Bild 1) in $\mu H/km$.
- r'_x Reduktionsfaktor fremder geerdeter Leiter bei der Bezugsfrequenz.
- Für $l > l_0$ ist l durch l_0 zu ersetzen.
- l_0 Größte ungekreuzte Länge einer Fernmelde-Doppelleitung innerhalb der Näherungslänge ir km.
- Z Betrag des Wellenwiderstandes der Fernmeldefreileitung bei 800 Hz in Ω .

5.2.2.1.4 Summenstörwirkung der Schleifenbeeinflussung der Näherungsabschnitte einer Näherung