



TECHNISCHE EMPFEHLUNG NR. 3 der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen

**Richtlinie für Schutzmaßnahmen an TK-Anlage gegen Beeinflussung durch
Netze der elektrischen Energieübertragung, -verteilung sowie Wechselstrom-
bahnen**

März 2020 (ersetzt die Ausgabe April 2005)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Vorwort	5
1	Beeinflussung.....6
1.1	Begriffe der Telekommunikationstechnik 6
1.2	Begriffe der elektrischen Energietechnik..... 7
1.3	Beeinflussung durch elektrische Energieanlagen 9
1.4	Auswirkung der Beeinflussung 10
1.5	Prüfung von Beeinflussungsmöglichkeiten..... 11
1.6	Beeinflussungsmöglichkeiten durch Drehstromanlagen 12
1.7	Beeinflussungsmöglichkeiten durch Bahnstromanlagen 15
2	Grenzwerte16
2.1	Zulässige Beeinflussungsspannungen hinsichtlich Gefährdung..... 17
2.2	Zulässige Beeinflussungsspannungen hinsichtlich Funktionsstörungen 17
2.3	Zulässige Geräuschspannung 18
2.4	Grenzabstände hinsichtlich Gefährdung durch ohmsche Beeinflussung 18
2.4.1	Grenzabstände zu Drehstrom- und Bahnstromanlagen 19
2.4.2	Grenzabstände zu Kabelanlagen 21
3	Schutzmaßnahmen.....22
3.1	Schutzmaßnahmen gegen induktive Beeinflussung..... 22
3.1.1	Einsatz von Überspannungsableitern (ÜsAg) 22
3.1.2	Kabel mit Induktionsschutzaufbau 22
3.1.3	Reduktionsschutzeinrichtungen 23
3.1.4	Kompensationsleiter 23
3.2	Schutzmaßnahmen gegen ohmsche Beeinflussung 23
3.2.1	Abstände zwischen Erdungsanlagen und Kommunikationskabeln 23
3.2.2	Maßnahmen bei Einführung von Kommunikationskabeln in Anlagen der elektrischen Energietechnik..... 23
3.2.3	Maßnahmen bei der Aufstellung von TK-Schränken neben Trafostationen. 24
3.2.4	Maßnahmen bei Einführung von Kommunikationskabeln in den Bereich des Bahnpotentialausgleichs 25
4	Kennzeichnung von TK-Anlagen26
5	Messungen.....26

5.1	Messen der Beeinflussungsspannung	26
5.1.1	Messaufbau	27
5.1.2	Beeinflussung durch Drehstromanlagen im Fehlerfall	28
5.1.3	Beeinflussung durch Drehstromanlagen im Normalbetrieb.....	28
5.1.4	Beeinflussung durch Oberleitungsanlagen der Bahn im Normalbetrieb	28
5.2	Messen der Geräuschspannung	28
5.3	Messen der bewerteten Längsspannung	29
5.4	Messen von Erdungswiderständen	30
6	Kostenermittlung und Abrechnung von Schutzmaßnahmen ...	30
6.1	Allgemeine Hinweise	30
6.2	Begriffe	31
6.2	Berechnung der Kosten	31
6.2.1	Anschaffungskosten	32
6.2.2	Zuschläge für Betriebs-, Instandhaltungs- und Erneuerungskosten	32
Anhang A 33		
A.1	Typenbezeichnung von Kommunikationskabeln	33
A.2	Reduktionsfaktoren von Kommunikationskabeln	34
A.3	Gleichstromwiderstände von Kommunikationskabel	38
A.4	Erforderliche Erdausbreitungswiderstände der TK-Schränke für Kommunikationskabel mit Induktionsschutz der Baureihe 1DB	39
A.5	Ausbreitungswiderstand von Erdungsanlagen	39
Anhang B 42		
Beschreibung der Betriebsweise von Hochspannungsnetzen		42
B.1	Drehstromnetz	42
B.1.1	Netz mit niederohmiger Sternpunkterdung (NOSPE)	42
B.1.2	Netze mit Erdschlusskompensation (RESPE).....	43
B.1.3	Netz mit isoliertem Sternpunkt (OSPE).....	45
B.1.4	Netz mit vorübergehender niederohmiger Sternpunkterdung (KNOSPE)	46
B.2	Bahnstromnetze	47
B.2.1	110-kV- Bahnstromnetz.....	47
B.2.2	15-kV-Oberleitungsnetz.....	48
Anhang C		
C.1	Verbindungsnetz (Core-Netz)	50
C.2	Zugangsnetz (Access-Netz).....	50

Anhang D	52
D.1	Kommunikationskabel mit Induktionsschutzaufbau	52
D.2	Reduktions-Schutzeinrichtungen	53
D.3	Überspannungsableiter (ÜsAg)	54
D.4	Kompensationsleiter	56
Anhang E	58
E.1	Potentiale und Spannungen an TK-Adern bei Beeinflussung im Fehlerfall	60
E.2	Ermittlung des erforderlichen Erdungswiderstandes der TK-Schränke	60
E.3	Latenter Adern-Reduktionsfaktor beim Zünden der Ableiter (LARZA)	62
E.4	Realisierung von Erdungswiderständen	63
E.5	Schutzmaßnahmen bei Endstellen	64
Anhang F	65
Anhang G	69
Anhang H	Verzeichnis der Abkürzungen	71
H.1	Kurzzeichen von Kommunikationskabelbezeichnungen	71
H.2	Abkürzungen der Telekommunikationstechnik	72
H.3	Abkürzungen der elektrischen Energietechnik	72

Vorwort

Die Technische Empfehlung TE3 beschreibt Schutzmaßnahmen an TK-Anlagen (incl. Breitbandkabelsysteme) gegen Beeinflussungen durch Hochspannungsnetze der Energieübertragung und -verteilung sowie durch Wechselstrombahnen. Der Regelungsbereich der TE2 (insbesondere die TK-Netze der DB-AG) wird durch die TE3 nicht berührt.

Neue bzw. überarbeitete Normen von IEC und CENELEC, Änderungen aus dem Bereich der ITU-Empfehlungen sowie Erfahrungen aus Beeinflussungsfällen der letzten Jahre machen eine Neufassung der Ausgabe 2005 notwendig.

Die weitgehende Digitalisierung des Telekommunikationsnetzes führte zum Wegfall bzw. zu auslaufender Nutzung von bislang gebräuchlichen technischen Einrichtungen. Durch andere technische Komponenten und Arten der Signalübertragung sind neue Begriffe eingeführt worden.

Gegenüber der Vorauskgabe wurden folgende wesentlichen Änderungen und Ergänzungen vorgenommen:

- Anpassung dieser Ausgabe zur Anwendung bei Telekommunikationsnetzbetreibern
- Anpassung an den Stand von Telekommunikationstechnik und Signalübertragung
- Ergänzungen bei Beeinflussung durch Drehstromanlagen mit vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung
- Hinweise zum Doppelerdschluss
- Berücksichtigung aktueller Normung.

1 Beeinflussung

1.1 Begriffe der Telekommunikationstechnik

Der historisch gewachsene Begriff der „**Fernmeldetechnik**“ wird in der Literatur, den Normen und im allgemeinen Sprachgebrauch zunehmend durch die neue Bezeichnung „**Telekommunikationstechnik**“ ersetzt.

Diese Änderung wird in der vorliegenden Ausgabe der TE3 berücksichtigt, obwohl in einigen gültigen Normen nach wie vor die bislang gebräuchlichen Bezeichnungen vorhanden sind.

Für die Bezeichnung „Fernmeldekabel“ wird in Anlehnung an DIN EN 50290 im vorliegenden Dokument das Wort „**Kommunikationskabel**“ verwendet.

Dem Sprachgebrauch folgend werden die ehemaligen Bezeichnungen wie z.B. Fernmeldeanlagen oder Fernmeldeleitungen durch TK-Anlagen und TK-Leitungen ersetzt.

Telekommunikationsanlagen (TK-Anlagen)

technische Einrichtungen oder Systeme, die als Nachrichten identifizierbare elektromagnetische oder optische Signale senden, übertragen, vermitteln, empfangen, steuern oder kontrollieren können

Telekommunikationslinien (TK-Linien)

unter- oder oberirdisch geführte TK-Kabelanlagen einschließlich ihrer zugehörigen Schalt- und Verzweigungseinrichtungen, Masten, Kabelschächte und Kabelkanalrohre

Telekommunikationsschränke (TK-Schränke)

sind in Anlehnung an der VDE 0800-174-3 technische Einrichtungen zur Aufnahme von Kommunikationskabeln (alt KVz) im Außenbereich. In diesen Schränken kann auch aktive TK-Technik, Geräte zur Klimasteuerung, Stromversorgung, Erdverbindungen und Alarmsystemen eingebaut werden.

Längsspannung U_L (asymmetrische Spannung, Gleichtaktspannung)

die aus einer elektrischen Energieanlage induktiv in die beiden Leiter einer TK-Leitung eingekoppelte Spannung

Erdunsymmetrie

ist die Ungleichheit der elektromagnetischen Kopplungseigenschaften der beiden Leitungszweige einer TK-Leitung oder eines Telekommunikationsgerätes gegen Erde

Querspannung U_q (symmetrische Spannung, Gegentaktspannung)

ist die durch die Längsspannung an der Erdunsymmetrie der Leitung und des Telekommunikationsgerätes hervorgerufene Spannung zwischen den zwei aktiven Leitern der TK-Leitung (Signalkreis)

Geräuschspannung U_g

ist die mit dem A-Filter psophometrisch bewertete Querspannung auf analogen Sprechstromkreisen. Das A-Filter bildet die frequenzabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Ohres nach.

Bewertete Längsspannung

Mit dem A-Filter psophometrisch bewertete Längsspannung. Die bewertete Längsspannung dient als Ersatzgröße für die Beurteilung von Störgeräuschen, wenn die Geräuschspannung nicht direkt ermittelbar ist

Kabelmantelreduktionsfaktor r_K

Der Kabelmantelreduktionsfaktor ist ein Maß für die Schirmwirkung einer metallenen Kabelhülle. Der Kabelmantelreduktionsfaktor ist das Verhältnis der Längsspannung mit beidseitig geerdetem Kabelmantel zur Längsspannung ohne Mantelerdung.

Gesamtreduktionsfaktor r

Der Gesamtreduktionsfaktor setzt sich aus den Reduktionsfaktoren für Erdseil, Rückleiterseil, Schiene, Kabelmantel und Umwelt zusammen. Die genaue Berechnung ist in der TE 1 der SfB beschrieben.

1.2 Begriffe der elektrischen Energietechnik

Der bisher verwendete Begriff der „**Starkstromtechnik**“ wird in der Literatur, den Normen und im allgemeinem Sprachgebrauch zunehmend durch die neue Bezeichnung „**elektrische Energietechnik**“ ersetzt.

Diese Änderung wird auch in der vorliegenden Ausgabe der TE3 berücksichtigt, obwohl in einigen gültigen Normen nach wie vor die bislang gebräuchlichen Bezeichnungen vorhanden sind.

Elektrische Energieanlage

Technische Einrichtungen und Systeme zur Energieerzeugung, -übertragung, -verteilung und -nutzung.

Drehstromanlagen

Siehe Anhang B.1

Bahnstromanlagen

Siehe Anhang B.2

Erdungsanlage

Gesamtheit der zum Erden eines Netzes, einer Anlage oder eines Betriebsmittels verwendeten elektrischen Verbindungen und Einrichtungen [IEV 195-02-20]

Erdkurzschluss

Berührung eines Leiters eines Betriebsstromkreises mit Erde. Der Erdkurzschluss setzt eine Sternpunktterdung voraus. Ein Erdschluss im kompensierten oder isolierten Netz ist kein Erdkurzschluss.

Fehlerstrom I_F

Strom, der vom Betriebsstromkreis zur Erde oder zu geerdeten Teilen an der Fehlerstelle (Ort des Erdfehlers) fließt (vgl. VDE 0101-2).

Erdungsstrom I_E

Der Strom, der über die Erdungsimpedanz in die Erde fließt. Er ist der Teil des Erdfehlerstromes I_F , durch den die Potentialanhebung der Erdungsanlage verursacht wird (vgl. VDE 0101-2).

Doppelerdschluss

Bei einem Doppelerdschluss haben zwei Leiter eines Drehstromsystems an räumlich auseinander liegenden Stellen eine Erdberührung. Dieser Fehlerfall kann in Netzen mit freiem Sternpunkt oder mit Erdschlusskompensation bzw. vorübergehender niederohmiger Erdung auftreten.

Berührungsspannung U_T

Der Teil der Erdungsspannungen bei einem Erdfehler, der vom Menschen abgegriffen werden kann. Dabei wird angenommen, dass der Strom durch den menschlichen Körper von einer Hand zu den Füßen fließt (vgl. VDE 0101-2 bzw. VDE 0115-3).

Anmerkung: In der VDE 0101-2 und VDE 0115-3 werden unterschiedliche Grenzwerte benannt. Es gilt der Grenzwert der Norm, die die entsprechende Anlage beschreibt.

Kabelmantelreduktionsfaktor r_K

Der Kabelmantelreduktionsfaktor ist ein Maß für die Schirmwirkung einer metallenen Kabelhülle. Der Kabelmantelreduktionsfaktor ist das Verhältnis des Erdungsstromes zur Summe der Nullströme in den Leitern eines Kabels.

Ausbreitungswiderstand R_E

Wirkwiderstand der Erde (Erdungsimpedanz) zwischen dem Erder und der Bezugserde.

Erdungsimpedanz Z_E

Impedanz zwischen der Erdungsanlage und der Bezugserde.

Anmerkung: Die Erdungsimpedanz wird nicht nur von den unmittelbar angeschlossenen Erdern bestimmt, sondern auch durch angeschlossene Erdseile von Freileitungen, durch angeschlossene Kabel mit Erderwirkung sowie durch andere Erdungsanlagen, die mit der betreffenden Erdungsanlage durch Kabelmäntel und -schirme, PEN-Leiter oder auf andere Weise leitend verbunden sind (siehe VDE 0101-2 Abschnitt 3.4.11)

Kompensationsleiter

Kompensationsleiter sind beidseitig geerdete niederohmige Leiter, die eine Kurzschlusschleife bilden. Das Magnetfeld des Kurzschlussstromes kann das störende Magnetfeld teilweise kompensieren und so die Beeinflussungsspannung reduzieren.

1.3 Beeinflussung durch elektrische Energieanlagen

Eine Beeinflussung von TK-Anlagen im Einwirkungsbereich von Hochspannungsdrehstrom- und Bahnanlagen kann durch induktive, ohmsche und kapazitive Kopplung auftreten.

- (1) Beeinflussende Systeme im Sinne dieser Empfehlung sind:
 - Bahnstromanlagen der Wechselstrombahn (Ober- Verstärkungs- und Speiseleitungen, Bahnstromleitungen, Schienenrückströme, Schienenpotential, Erdungsanlagen)
 - Drehstromanlagen (Übertragungsleitung, Erdungsanlage)
 - Energieversorgungssysteme im Bahnbereich, die die Schiene als Rückleiter einbeziehen (z.B. elektrische Zugheizung)
- (2) Die Beeinflussung durch elektrische Energieanlagen beinhaltet die Einkopplung von Spannungen und Strömen in TK-Anlagen.

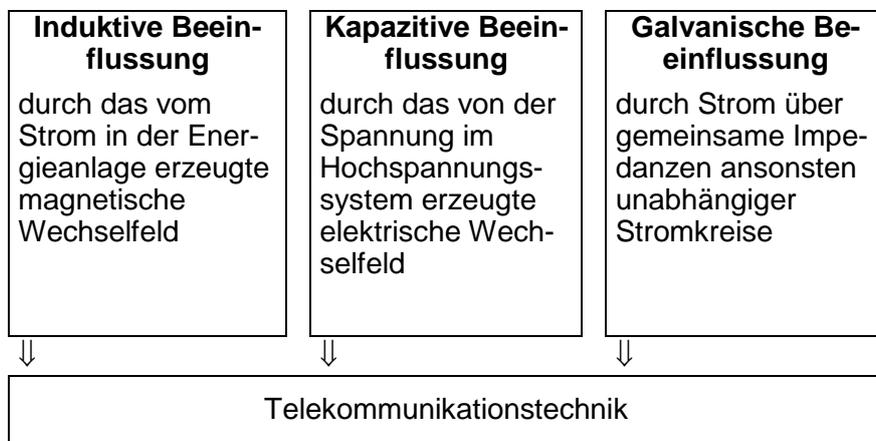


Abbildung 1: Arten der Beeinflussung durch elektrische Energieanlagen

- (3) Die verursachten Spannungen und Ströme können Anlagen und Personen gefährden.
- (4) Induktive Beeinflussung
Durch magnetische Wechselfelder, erzeugt durch Betriebs- oder Kurzschlussströme in elektrischen Energieanlagen, werden über elektromagnetische Kopplungen in benachbarten Leitern Spannungen induziert.
Die elektromagnetische Kopplung ist relevant, wenn TK-Leitungen in der Nähe oder parallel zu Energieanlagen geführt werden.
- (5) Kapazitive Beeinflussung
Ein an eine Spannungsquelle angeschlossener Leiter baut in seiner Umgebung ein elektrisches Feld auf. Die influenzierende Wirkung des elektrischen Wechselfeldes ruft in den benachbarten Leitern Spannungen und Ströme hervor.

Die kapazitive Beeinflussung muss beachtet werden, wenn Freileitungen oder ungeschirmte Luftkabel der Telekommunikationstechnik im Bereich (Abstand bis mehrere 10 m) von Energieanlagen verlaufen. Diese Beeinflussungsart wird in dieser Empfehlung nicht behandelt.

- (6) Galvanische Beeinflussung ist die Erzeugung von elektrischen Potentialen in TK-Anlagen infolge eines direkten Stromübertritts von Anlagen der elektrischen Energietechnik. Durch Ströme von Hochspannungsdrehstrom- und Bahnanlagen im Erdreich ändert sich mit dem Erdoberflächenpotential auch das Potential der Erdungsanlagen.
- (7) Die Beeinflussungsdauer ist die Zeitdauer der Einwirkung der Beeinflussung.
- (8) Beeinflussung im Normalbetrieb ist eine dauernd oder häufiger auftretende Beeinflussung, die während des normalen Betriebs einer elektrischen Energieanlage auftritt.
- (9) Beeinflussung im Fehlerfall ist eine Beeinflussung während eines unterschiedlich lang andauernden aber stets vorübergehenden Fehlerzustands einer elektrischen Energieanlage, z. B. Erdschluss oder Erdkurzschluss.

1.4 Auswirkung der Beeinflussung

Die durch Beeinflussung aus Anlagen der Energietechnik erzeugten Spannungen und Ströme können sich in TK-Anlagen wie folgt auswirken:

- (1) Eine Personengefährdung ist durch ein gleichzeitiges Berühren spannungsführender und geerdeter Anlagenteile möglich. Untersuchungen über physiologische Wirkungen des elektrischen Stromes zeigen, dass wegen der kurzen Einwirkungsdauer eine Gefährdung durch die möglichen Stromstärken nicht zu erwarten ist, falls die in dieser Empfehlung beschriebene Maßnahmen getroffen werden.
- (2) Eine mögliche Sachgefährdung durch die Beeinflussung im Fehlerfall betrifft TK-Geräte, die an die beeinflussten TK-Leitungen unmittelbar angeschlossen sind. Bei den TK-Leitungen ist das Risiko einer Sachgefährdung geringer, insbesondere dann, wenn es sich um kunststoffisolierte Kabel handelt.
- (3) Funktionsstörungen können im Normalbetrieb auftreten, wenn Leitungen von TK-Anlagen mit erdunsymmetrischer Zeichengabe unzulässig beeinflusst werden. Die hierdurch bewirkte Verzerrung der Wählimpulse kann Fehlsteuerungen zur Folge haben. Bei den heute überwiegend digital betriebenen TK-Einrichtungen sind Beeinträchtigungen durch die Grundschiwingung der Beeinflussungsspannung nicht zu erwarten. Funktionsstörungen im Fehlerfall können auftreten (z. B. Bitfehler durch Zünden von Überspannungsableitern) und werden wegen der Seltenheit dieses Ereignisses akzeptiert.
- (4) Die Geräuschspannung ist eine durch Grundschiwingung und Oberschwingungen einer elektrischen Energieanlage auf analog betriebenen TK-Stromkreisen oder Tonleitungen hervorgerufene frequenzbewertete Fremdspannung. Da das Berechnen von Geräuschspannungen mit erheblichen Unsicherheitsfaktoren behaftet ist, können zuverlässige Aussagen nur durch Messungen an der beeinflussten TK-Anlage gewonnen werden.

1.5 Prüfung von Beeinflussungsmöglichkeiten

Die Prüfung von TK-Anlagen auf Beeinflussung sollte bis zu folgenden Nahrungsabständen zu elektrischen Energieanlagen durchgeführt werden:

1000 m	in ländlicher Umgebung
250 m	in dicht besiedeltem Gebiet (z.B. Städte)

Bei allen Beurteilungen wird das gleichzeitige Auftreten von zwei oder mehreren voneinander unabhängigen Fehlern sowie das Versagen von Schutzeinrichtungen aufgrund von Erfahrung und Theorie als unwahrscheinlich angesehen und daher nicht berücksichtigt.

Im Anhang B.1 und B.2 werden die Betriebsweisen elektrischer Netze der Energietechnik und mögliche Fehler in diesen Netzen beschrieben, die im Zusammenhang mit möglichen Beeinflussungen zu betrachten sind.

1.6 Beeinflussungsmöglichkeiten durch Drehstromanlagen

Die

Tabelle 1 gibt eine Übersicht, in welchen Fällen mögliche Beeinflussungen beim Zusammentreffen von TK- und Drehstromanlagen zu untersuchen sind.

In gekennzeichneten Fällen sind Untersuchungen nur dann erforderlich, wenn die den Ziffern zugeordneten Kriterien zur Tabelle 1 erfüllt sind.

Drehstromanlagen			TK-Anlagen	
Sternpunktbehandlung	Art des Netzes	Zustand	Gefährdung durch	
			induktive Beeinflussung	ohmsche Beeinflussung
Niederohmiger Sternpunkt	Freileitung	Normalbetrieb	(+) ¹	-
		Erdkurzschluss eines Leiters	+	+
	Kabel	Normalbetrieb	(+) ⁵	-
		Erdkurzschluss	(+) ²	-
isoliertes Sternpunkt erdschlusskompensiert vorübergehend niederohmiger Sternpunkt	Freileitung	Normalbetrieb	(+) ¹	-
		Erdschluss bzw. Erdkurzschluss	(+) ⁴	(+) ³
		Doppelerdschluss	-	-
	Kabel	Normalbetrieb	(+) ⁵	-
		Erdschluss bzw. Erdkurzschluss	-	(+) ³
		Doppelerdschluss	-	-

Tabelle 1: Zu untersuchende Beeinflussungsfälle bei Drehstromanlagen

Bedeutung der Ziffern

- 1) Untersuchung nur bedingt, gemäß [Kriterium 1](#)
- 2) Untersuchung nur bedingt, gemäß [Kriterium 2](#)
- 3) Untersuchung nur in Netzen mit vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung und gemäß [Kriterium 3](#)
- 4) Untersuchung nur in Netzen mit vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung und gemäß [Kriterium 4](#)
- 5) Untersuchung nur bei Verlegung von Einleiterkabeln [Kriterium 5](#)

+ Untersuchung erforderlich

(+) Untersuchung nur unter Beachtung der Kriterien erforderlich.

- keine Untersuchung erforderlich

Anmerkung zur Tabelle 1:

Nach den derzeit gültigen Normen (VDE 0845-6-2) sind Schutzmaßnahmen gegen Schäden durch das Auftreten von Doppelerdschlüssen nicht erforderlich. Nach übereinstimmender Ansicht der Mitglieder der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen sind hierfür auch zukünftig keine Schutzmaßnahmen zu treffen. Der Aufwand, der zur Erzielung eines Schutzes vor Schäden durch das Auftreten von Doppelerdschlüssen notwendig wäre, steht in keinem akzeptablen Verhältnis zur Schadenshöhe. Hintergrund ist die relativ geringe Häufigkeit des Auftretens dieses Ereignisses.

Die Schiedsstelle stellt fest, dass das Unterbleiben von solchen Schutzmaßnahmen kein pflichtwidriges Unterlassen des Betreibers der beschädigten Anlagen darstellt (65Anhang FAnhang F).

Kriterien zur Tabelle 1

Kriterium 1

Die Beeinflussung einer TK-Anlage durch den Normalbetrieb einer Hochspannungsfreileitung wird nur berücksichtigt, wenn eine TK-Leitung in enger Näherung verläuft. Mit einer Gefährdung durch unzulässige Beeinflussungsspannung ist zu rechnen, wenn das Verhältnis:

$$I_B \cdot \ell \cdot r_k / a > 35 \text{ ist.}$$

I_B Betriebsstrom in kA (bei mehreren Systemen sind die Betriebsströme zu addieren)

ℓ Näherungslänge in m

r_k Reduktionsfaktor für TK-Kabelmantel

a Näherungsabstand in m

Kriterium 2

Der Erdkurzschluss von Hochspannungskabeln, die zu einem Hochspannungsnetz mit niederohmiger Sternpunktterdung gehören, wird nicht berücksichtigt bei:

- Drehstromkabeln mit Aluminium- oder Bleimantel oder mit Kupferschirmen von mind. 16mm² Querschnitt, wenn bei einer Nennspannung von 20 kV und darunter der Erdkurzschlussstrom ≤ 2 kA ist.
- Drehstromkabeln im Stahlrohr, wenn der Erdkurzschlussstrom 15 kA nicht übersteigt.

Kriterium 3

In Drehstromanlagen, die zu einem Netz mit vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung gehören, ist die Untersuchung von TK-Anlagen in Bezug auf eine Gefährdung durch ohmsche Beeinflussung erforderlich, wenn sich Näherungen der TK-Anlage ergeben (s. auch Tabelle 5)

Kriterium 4

Mit einer unzulässigen induktiven Beeinflussung ist dann zu rechnen, wenn eine Näherung zwischen Hochspannungsfreileitung und TK-Kabel vorliegt und das Verhältnis

$$I_K \cdot \ell \cdot r_K / \ln a > 0,64 \text{ ist.}$$

I_K	Beeinflussender Kurzschlussstrom
ℓ	Näherungslänge in km
r_K	Reduktionsfaktor für den TK-Kabelmantel
a	Näherungsabstand in m
\ln	natürlicher Logarithmus

Kriterium 5

Mit einer unzulässigen induktiven Beeinflussung ist dann zu rechnen, wenn die Einleiterkabel nicht gebündelt verlegt werden. Die Berechnung erfolgt nach TE1.

1.7 Beeinflussungsmöglichkeiten durch Bahnstromanlagen

Die Tabelle 2 gibt eine Übersicht, in welchen Fällen mögliche Beeinflussungen beim Zusammentreffen von TK- und Bahnstromanlagen zu untersuchen sind.

Bahnstromanlage			TK-Anlage	
Beeinflussende Leitung	Art des Netzes	Zustand	Gefährdung durch	
			induktive Beeinflussung	ohmsche Beeinflussung
Ober- und Speiseleitung	Freileitung	Normalbetrieb	+	+
		Kurzschluss	+	+
Speiseleitung	Kabel	Normalbetrieb	+	+
		Kurzschluss	+	+
Bahnstromleitung mit Erdschlusskompensation	Freileitung	Normalbetrieb	-	-
		Erdschluss	-	(+) ⁶
		Doppelerdschluss	-	-
	Kabel	Normalbetrieb	-	-
		Erdschluss	-	-
		Doppelerdschluss	-	-

Tabelle 2: Zu untersuchende Beeinflussungsfälle bei Bahnstromanlagen

Bedeutung der Ziffern:

- + Untersuchung erforderlich
- (+) Untersuchung nur unter Beachtung der Fußnote 5) erforderlich
- keine Untersuchung erforderlich

6) Untersuchung nur für das Unterwerk in „96361 Steinbach am Wald“ oder für vergleichbare Anlagen mit Erdschlusslöschspulen, siehe Anhang B

2 Grenzwerte

Beim Beurteilen der Beeinflussung von TK-Anlagen ist zu berücksichtigen, dass sich die Berechnung der möglichen Beeinflussungsgrößen teilweise auf statistische Angaben stützt, die aus Erfahrungswerten hergeleitet sind und in Abhängigkeit von Ort, Dauer und Größe streuen.

Für die Beurteilung der induktiv in TK-Leitungen eingekoppelten Beeinflussungsspannung sind hinsichtlich einer Gefährdung der Normalbetrieb und der Fehlerfall maßgeblich. Hinsichtlich möglicher Funktionsstörungen bzw. Störungen des Informationsflusses ist der Normalbetrieb zu betrachten.

Die induktiv eingekoppelten Beeinflussungsspannungen werden gemäß der „Technischen Empfehlung 1 der SfB“ (TE 1) nach folgender Gleichung berechnet:

$$E_i = I \cdot M' \cdot l \cdot r \cdot \omega$$

E_i	induktiv eingekoppelte Spannung
I	beeinflussender Strom
M'	längenbezogene Gegeninduktivität
l	Näherungslänge
r	Gesamtreduktionsfaktor
ω	Kreisfrequenz = $2 \pi \cdot f$

Der Gesamtreduktionsfaktor setzt sich aus den Reduktionsfaktoren verschiedener Kompensationsleiter und dem Umweltreduktionsfaktor zusammen, das Verfahren zu deren Ermittlung ist in den „Technischen Empfehlungen 1 und 8 der SfB“ (TE 1 und TE8) beschrieben.

2.1 Zulässige Beeinflussungsspannungen hinsichtlich Gefährdung

In

Tabelle 3 sind die zulässigen Grenzwerte der in TK-Anlagen induktiv und ohmsch eingekoppelten Beeinflussungsspannungen gegen örtliche Erde hinsichtlich Personen- und Sachgefährdung angegeben.

Dauer	Spannung
$t \leq 0,2 \text{ s}$	1030 V
$0,2 \text{ s} < t \leq 0,5 \text{ s}$	650 V
$0,5 \text{ s} < t \leq 1,0 \text{ s}$	430 V
$1,0 \text{ s} < t \leq 3,0 \text{ s}$	150 V
$t > 3,0 \text{ s}$	60 V

Tabelle 3: Grenzwerte der Beeinflussungsspannungen gegen örtliche Erde

Die Dauer der Beeinflussungsspannungen und die dazu gehörenden Spannungsgrenzwerte sind der VDE 0845-6-1 entnommen.

2.2 Zulässige Beeinflussungsspannungen hinsichtlich Funktionsstörungen

Für TK-Anlagen gelten hinsichtlich Funktionsstörungen die Werte für Personen- und Sachgefährdung gemäß Tabelle 3.

Für vorhandene alte Techniken (unsymmetrische Zeichengabe z.B. Leitungen für analoge Durchwählanlagen, Signalisierungsleitungen o. ä.) gilt die Tabelle 4.

	Zulässige Beeinflussungsspannung bei	
	16,7 Hz	50 Hz
TK-Anlagen mit erdunsymmetrischer Zeichengabe	15 V _{eff}	20 V _{eff}

Tabelle 4: Grenzwerte Funktionsstörungen

2.3 Zulässige Geräuschspannung

Die Geräuschspannung im Gesprächszustand darf 0,5 mV nicht überschreiten (VDE 0845-6-1). Ersatzweise muss eine bewertete Längsspannung (A-Filter) von 200 mV eingehalten werden.

Anmerkung:

Der Grenzwert wurde aus dem in den ITU-T-Empfehlungen enthaltenen Querspannungsgrenzwert 1 mV EMK abgeleitet. Dieser ist äquivalent zu 0,5 mV, die auf einer abgeschlossenen Leitung gemessen werden, wenn ein Wert für die Unsymmetriedämpfung von 46 dB nach der ITU-T-Empfehlung K.10 zu Grunde gelegt wird.

2.4 Grenzabstände hinsichtlich Gefährdung durch ohmsche Beeinflussung

Die Einhaltung von Grenzabständen ist nur zu untersuchen, wenn nach der Tabelle 1 oder

Tabelle 2 eine Prüfung erforderlich wird.

Im Bereich einer Erdungsanlage der elektrischen Energietechnik, in dem das Erdoberflächenpotential noch kein neutrales Potential erreicht hat, sind an TK-Anlagen Schutzmaßnahmen gegen Beeinflussung durch ohmsche Kopplung nicht erforderlich, wenn:

- a) die in
- b) Tabelle 5 angegebenen Grenzabstände a eingehalten werden.
- c) die Spannungsdifferenz zwischen dem Erdoberflächenpotential und dem neutralen Potential die in
- d) Tabelle 3 angegebenen Grenzwerte nicht übersteigt.

Der Grenzabstand a versteht sich hierbei als lichter Abstand zwischen dem äußeren Rand von Hochspannungs- und TK-Anlage (einschließlich ihrer Erdungsanlagen).

2.4.1 Grenzabstände zu Drehstrom- und Bahnstromanlagen

Die für den Bereich von Drehstrom- und Bahnstromanlagen in Tabelle 5 angegebenen größten Grenzabstände a sind nach Möglichkeit einzuhalten. Ist dies wegen der räumlichen Gegebenheiten nicht möglich, sind Abstände innerhalb der angegebenen Bereiche möglich, wenn die zugehörigen Ersatzmaßnahmen E angewendet werden.

Sind Kommunikationskabel in eine Anlage der elektrischen Energietechnik eingeführt, so sind an den TK-Anlagen Schutzmaßnahmen nur erforderlich, wenn die Grenzwerte der Beeinflussungsspannungen die Werte der Tabelle 3 überschreiten.

Die Auswahl von Schutzmaßnahmen gegen ohmsche Beeinflussungsspannungen enthält der Abschnitt 3.2.

Hochspannungsanlage		Näherung zu einer TK-Anlage	
Art	Drehstromanlagen	Erdfähige Bauteile einer TK-Anlage	Isoliertes TK-Kabel
	Sternpunktbehandlung		
Umspannanlagen Kraftwerke	Niederohmig	$a \geq 150\text{m}$	$a \geq 2\text{m}$
	Vorübergehend niederohmig	oder $150\text{m} > a > 0,5\text{m}$ und E1	oder $2\text{m} > a > 0,5\text{m}$ und E3
Kraftwerke	Isoliert	$a \geq 2\text{m}$	$a \geq 0,5\text{m}$
	Erdschlusskompensiert	oder $2\text{m} > a > 0,5\text{m}$ und E1	
Trafostationen	Hochspannung isoliert, Erdschlusskompensiert und Niederspannung niederohmig	$a \geq 2\text{m}$ oder $2\text{m} > a > 0,5\text{m}$ und E1 Besondere Bedingungen beim Aufstellen von TK Schränken neben der Trafostation (siehe 3.2.3) -TK Schränke mit Anbindung an das Niederspannungsnetz -Annäherung der TK Schränke außerhalb von Bebauungsgrenzen	$a \geq 0,5\text{m}$

Maste	Niederohmig	$a \geq 20\text{m}$ oder $20\text{m} > a > 0,5\text{m}$ und E2	$a \geq 2\text{m}$ oder $2\text{m} > a > 0,5\text{m}$ und E3
	Vorübergehend niederohmig	$a \geq 2\text{m}$	
	isoliert	oder	$a \geq 0,5\text{m}$
	Erdschlusskompensiert	$2\text{m} > a > 0,5\text{m}$ und E1	
Bahnstromanlagen		Erdfähige Bauteile einer TK-Anlage	Isoliertes Kommunikationskabel
Unterwerke		$a \geq 5\text{m}$ oder E4	$a \geq 1,2\text{m}$ oder E4
Fahrschiene		$a \geq 5\text{m}$ oder E4	$a \geq 1,2\text{m}$ oder E5
Oberleitungen u. Oberleitungsmaste		$a \geq 5\text{m}$ oder E4	$a \geq 1,2\text{m}$ oder E5
Maste von 110-kV-Bahnstromanlagen		$a \geq 2\text{m}$ oder $2\text{m} > a > 0,5\text{m}$ und E1	$a \geq 0,5\text{m}$

Tabelle 5: Grenzabstände a von TK-Anlagen zu Energieanlagen hinsichtlich Gefährdung

Ersatzmaßnahmen E :

- E1: Es ist zu prüfen, ob an der TK-Anlage die zulässige Berührungsspannung gemäß VDE 0101-2 bzw. VDE 0115-3 eingehalten wird. Der Betreiber der Hochspannungsanlage muss auf Anfrage Angaben bereitstellen, die zur Ermittlung der Berührungsspannung notwendig sind. Können durch den Betreiber keine Daten bereitgestellt werden, sind die Abstände entsprechend VDE 0800-174-3 Tabelle 8 für Spannungen $\leq 25\text{ kV}$ und Tabelle 9 für Spannungen $\geq 132\text{ kV}$ einzuhalten.
Bei Überschreitung der Grenzwerte sind alternativ folgende Schutzmaßnahmen zu treffen:
- E1.1: Verwendung von nicht leitenden Materialien und Vermeidung von berührbaren Metallteilen für die TK-Anlage.
- E1.2: Potentialsteuerung durch einen mit der Erdungsanlage der TK-Anlage verbundenen Oberflächenerder in etwa 1m Abstand vom Rand der TK-Erdungsanlage in höchstens 0,5m Tiefe.
- E1.3: Isolierung des Standortes:
Die verwendeten Isolierschichten müssen eine solche Ausdehnung haben, dass eine Berührung von geerdeten leitfähigen Teilen der TK-Anlage mit der Hand von einem Standort außerhalb der Isolierschicht nicht möglich ist.
Die Isolierung des Standortes gilt ohne Nachweis als ausreichend bei einer:
- Schotterschicht von mind. 100 mm Dicke
- Asphalttschicht mit entsprechendem Unterbau (z.B. Schotter)
- E2: Anwendung der Ersatzmaßnahme E1.1 bis E1.3 ohne Prüfung, ob die zulässigen Berührungsspannungen gemäß VDE 0101-2 bzw. VDE 0115-3 eingehalten werden.
- E3: Einziehen des Kommunikationskabels in ein Schutzrohr aus Kunststoff bis zu einem Abstand von 2m beidseitig der Erdungsanlage. Die Verwendung von Rohr-Halbschalen ist nicht zulässig.
Anstelle eines Schutzrohres ist auch das Aufbringen einer zusätzlichen Isolierung zulässig, die vergleichbar mit den Isolationseigenschaften eines Schutzrohres ist.

E4: Sofern keine baulichen Bestimmungen entgegenstehen, darf der Mindestabstand unterschritten werden, wenn die TK-Anlage mit Bahnerde verbunden werden kann. Hierzu müssen die Voraussetzungen nach VDE 0845-6-3 erfüllt sein und das Einverständnis des Bahnbetreibers vorliegen. Dies gilt sinngemäß auch für den Oberleitungsbereich.

E5: Die Mindestabstände der Kommunikationskabel zu Fahrschienen und zu Bauteilen, die mit den Gleisen verbunden sind, dürfen unterschritten werden, wenn die Kabel eine isolierende Außenhülle besitzen.

Hinweis:

Da die Normen VDE 0101-2 und VDE 0115-3 differierende Werte für die zulässige Berührungsspannung bei Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV bzw. bei Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen - angeben, sind die jeweiligen Anwendungsbereiche zu beachten.

2.4.2 Grenzabstände zu Kabelanlagen

Es gelten die Abstände der VDE 0800-174-3.

3 Schutzmaßnahmen

Grundsätzlich gilt:

- Es ist ein möglichst großer Abstand zwischen TK-Anlage und Hochspannungsanlage einzuhalten.
- Der Parallelverlauf einer TK-Linie zu einer Hochspannungsleitung sollte möglichst kurz sein.
- Der Einsatz von metallfreien Glasfaserkabeln (Gf-Kabeln) ist ebenfalls eine Schutzmaßnahme gegen induktive und ohmsche Beeinflussung.

0 enthält die technischen Daten von Kommunikationskabeln, in Anhang D werden die Schutzeinrichtungen beschrieben.

3.1 Schutzmaßnahmen gegen induktive Beeinflussung

3.1.1 Einsatz von Überspannungsableitern (ÜsAg)

Einzelheiten über die Bauarten und Funktionsweise der ÜsAg enthält der Anhang D.3.

Die Vorgehensweise für den Einsatz von Überspannungsableitern im Zugangsnetz und die Ermittlung der einzelnen Einflussgrößen ist im Anhang E beschrieben.

Werden in Gf-Kabeln vorhandene Kupferadern mit ÜsAg bestückt, muss darauf geachtet werden, dass eine Beeinflussungsspannung im Normalbetrieb von $130 V_{\text{eff}}$ nicht überschritten wird (Brandgefahr durch intermittierendes Ansprechen der ÜsAg).

Bei Überschreitung dieses Grenzwertes sollten die Kupferadern direkt geerdet werden.

3.1.2 Kabel mit Induktionsschutzaufbau

Einzelheiten über den grundsätzlichen Aufbau und die Wirkungsweise der Induktionsschutzkabel werden in Anhang D.1 beschrieben.

Die Bezeichnung der heute zur Verfügung stehenden Normbaureihen sind in den Tabellen des Anhangs A.2 enthalten.

Die Kabelmantelreduktionsfaktoren der Baureihen D und DB können den Bildern aus Anhang A.2 entnommen werden.

Beim Einsatz im Zugangsnetz sind am TK-Schrank in Abhängigkeit vom Wert der Beeinflussungsspannung und der Kabellänge bestimmte Erdungswiderstände am TK-Schrank einzuhalten. Für Kabel der Baureihe 1DB und 16,7 Hz sind die notwendigen Angaben dem Anhang A.4 zu entnehmen.

3.1.3 Reduktionsschutzeinrichtungen

Reduktionsschutzeinrichtungen werden zur Reduzierung der Beeinflussungsspannung im Zugangsnetz eingesetzt. Sie sind als aktive (ARS) und passive (PRS) Bauweisen verfügbar. Neu aufgebaut werden nur noch passive Reduktionsschutzeinrichtungen. Passive Reduktionsschutzeinrichtungen können neben den Längsspannungen auch Geräusche reduzieren.

Für Beschreibung und Schaltbild der PRS, siehe Anhang D.2.

3.1.4 Kompensationsleiter

Nähere Angaben zu Kompensationsleitern sind im Anhang D.4 enthalten.

Kompensationsleiter sind alle in der Nähe der beeinflussenden oder der beeinflussten Anlage verlaufenden erdfühlihen oder beidseitig geerdeten leitfähigen Anlagen.

Die Berechnung von Kompensationsleitern ist in der TE8 erläutert.

Für nachträglich notwendige Kompensationsleiter gibt es folgende Ausführungsvarianten:

- beidseitig geerdeter isolierter Kupferleiter mit 50–120 mm² Querschnitt
- isolierter Kupferleiter mit 50–120 mm² Querschnitt als Überbrückungsstelle zwischen induktionsgeschützten Kabeln
- beidseitiges Erden freier Doppeladern

3.2 Schutzmaßnahmen gegen ohmsche Beeinflussung

3.2.1 Abstände zwischen Erdungsanlagen und Kommunikationskabeln

Grenzabstände sind in Tabelle 5 beschrieben.

Soweit diese Abstände nicht eingehalten werden können, sind die Ersatzmaßnahmen (E) der Tabelle 5 anzuwenden.

3.2.2 Maßnahmen bei Einführung von Kommunikationskabeln in Anlagen der elektrischen Energietechnik

- Soweit die Grenzwerte nach
- Tabelle 3 nicht überschritten werden, sind keine Schutzmaßnahmen erforderlich.
- Soweit die Werte der
- Tabelle 3 überschritten aber 1700 V_{eff} unterschritten werden, ist der Kabelmantel am Potentialausgleich des Gebäudes und am nächsten Schaltpunkt anzuschließen. Die Adern

sind beidseitig (in der Hochspannungsanlage und im nächsten Schaltpunkt (TK-Schrank bzw. im CO) außerhalb des Spannungstrichters mit ÜsAg zu beschalten.

- Bei Beeinflussungsspannungen $> 1700 V_{\text{eff}}$ sind die Schutzmaßnahmen zwischen dem Stromnetzbetreiber und dem TK-Unternehmen abzusprechen (z. Bsp galvanische Trennung, metallfreies Glasfaserkabel). Es ist die VDE 0800-174-3 Abschnitt „Übergabepunkte für Heiße Zonen“ zu beachten.
- Für Trafostationen gilt folgende Regelung:
Um Verschleppungen des Spannungspotentials bei einem Erdschluss zu vermeiden, darf der Kabelmantel des Kommunikationskabels nicht galvanisch in den Potentialausgleich einbezogen werden.

3.2.3 Maßnahmen bei der Aufstellung von TK-Schränken neben Trafostationen

Außerhalb der Bebauungsgrenzen ist der Energienetzbetreiber bei der Standortfestlegung zu beteiligen, wenn der TK-Schrank im Umkreis von 20 m neben der Trafostation aufgestellt werden soll und keine anderen Anlagen (z.B. Straßenlaterne, Pumpenstation, Gebäude) näher an der Trafostation steht als der zukünftige TK-Schrank.

Es werden 3 Aufbauszenarien unterschieden:

(1) TK-Schrank mit Niederspannungsanschluss aus der Trafostation:

- Netzform TT:
Abstand zur Erdungsanlage entsprechend Tabelle 5
- Netzform TN innerhalb der Bebauungsgrenzen:
Die Erdungsanlagen beider Gehäuse sind über den PEN-Leiter verbunden. Um einen ungehinderten Zugang zu dem TK-Schrank zu gewährleisten, ist der Schutzabstand nach VDE 0105-100 von 1,5m einzuhalten, siehe
- Abbildung 2. Vom Betreiber des Niederspannungsnetzes müssen ggf. weitere Schutzmaßnahmen dem Kommunikationsnetzbetreiber mitgeteilt werden (zum Potentialsteuerung).

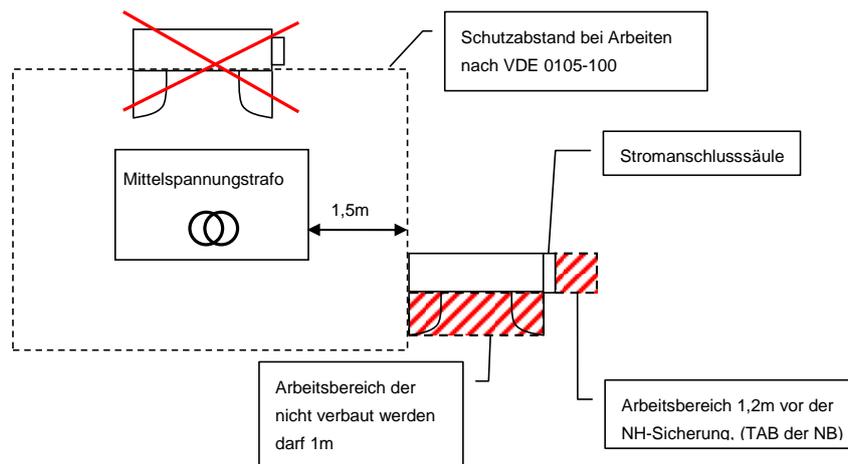


Abbildung 2: TK-Schrank mit Netzanschluss im Bereich der Trafostation

- (2) TK-Schrank ohne Niederspannungsanschluss aus der Trafostation:
Der TK-Schrank (KVz, MFG) muss innerhalb der Bebauungsgrenze den Abstand zur Erdungsanlage entsprechend Tabelle 5 einhalten.
- (3) TK-Schrank aus Kunststoff (NVt) mit nicht leitendem Sockel und ohne Erdungsanlage für den Abschluss mit metallfreien Glasfaserkabeln:
Es ist innerhalb der Bebauungsgrenze der Abstand nach Abbildung 2 einzuhalten.

3.2.4 Maßnahmen bei Einführung von Kommunikationskabeln in den Bereich des Bahnpotentialausgleichs

- Soweit die Grenzwerte der
- Tabelle 3 nicht überschritten werden, sind keine Schutzmaßnahmen erforderlich.
- Um Verschleppungen des Schienenspannungspotentials zu vermeiden, darf das Kommunikationskabel nicht galvanisch in den Potentialausgleich einbezogen werden.
- Die Stromversorgung von Endgeräten muss in jedem Fall von der Bahnseite bereitgestellt werden.
- Der Bau von Kabelabschlusseinrichtungen oder Endgeräten im 4m-Schutzbereich der Bahnoberleitung bedarf der Zustimmung der Bahn
- Bei weiterführenden Gleisen nach Ende der Oberleitungsstrecke sind die Schutzmaßnahmen zwischen der Bahn und dem TK-Unternehmen abzusprechen

4 Kennzeichnung von TK-Anlagen

Die Kennzeichnung von TK-Anlagen ist dann erforderlich, wenn die Grenzwerte nach Tabelle 3 überschritten werden. Die Kennzeichnungspflicht besteht auch dann, wenn die Einhaltung der Grenzwerte durch Schutzmaßnahmen gewährleistet wird.

Die Kennzeichnung ist an den TK-Einrichtungen (örtliche Kennzeichnung) sowie in den zugehörigen Plan- und Beschaltungsunterlagen erforderlich.

Bei der örtlichen Kennzeichnung werden nur Schaltpunkte im Verlauf der TK-Linie und an den Abschlusseinrichtungen mit einem Hinweissymbol (Warnzeichen DIN 4844-2 D-W08 mit dem Zusatzzeichen „Beeinflussung“ siehe Abbildung 3) ausgerüstet, bei denen spannungsführende Leiter unmittelbar oder gegebenenfalls nach dem Entfernen von Abdeckungen berührt werden können. Alternativ ist auch eine Kennzeichnung an den Zugängen auf der äußeren Türseite der entsprechenden technischen Betriebsräumen möglich.



Abbildung 3: Warnschild D-W08

5 Messungen

5.1 Messen der Beeinflussungsspannung

Eine Messung von Beeinflussungsspannungen sollte nur bei mindestens einer der folgenden Voraussetzungen durchgeführt werden:

- Durch Messung ist eine erhebliche Kostenersparnis bei den zutreffenden Schutzmaßnahmen zu erwarten.
- Eine sichere Bewertung der Beeinflussungssituation durch Berechnung ist nicht möglich, z.B. bei Geräuschspannungen.
- Es besteht die Gefahr einer Grenzwertüberschreitung bei Normalbetrieb.

Die bei Messungen anfallenden Kosten trägt jeder Partner für seinen Bereich selbst.

5.1.1 Messaufbau

Für die Messung ist eine Doppelader des beeinflussten Kommunikationskabels am fernen Ende kurzzuschließen und zu erden. Am nahen Ende wird die Beeinflussungsspannung mit einem hochohmigen Effektivwertmessgerät gegen örtliche Erde gemessen (Abbildung 4).

Entsprechend dem gewählten Messverfahren des starkstromseitigen Versuchsaufbaues (siehe DIN VDE 0101-2, Anhang L.4) sind die Messwerte auszuwerten. Sie sind anschließend auf folgende beeinflussende Ströme hochzurechnen:

- bei induktiver Beeinflussung auf den über die beeinflussende Drehstromleitung fließenden Erdkurzschlussstrom I''_{k1}
- bei ohmscher Beeinflussung auf den über die Erdungsimpedanz Z_E der untersuchten Starkstromanlage fließenden gesamten Erdungsstrom I_E
- bei gemischt ohmscher/induktiver Beeinflussung die induktive Komponente auf den Erdkurzschlussstrom I''_{k1} und die ohmsche Komponente auf den Erdungsstrom I_E .

Bei Vorliegen einer gemischt ohmschen/induktiven Beeinflussung entspricht die bei der Messung ermittelbare Beeinflussungsspannung der geometrischen Summe aus der induktiven und ohmschen Komponente.

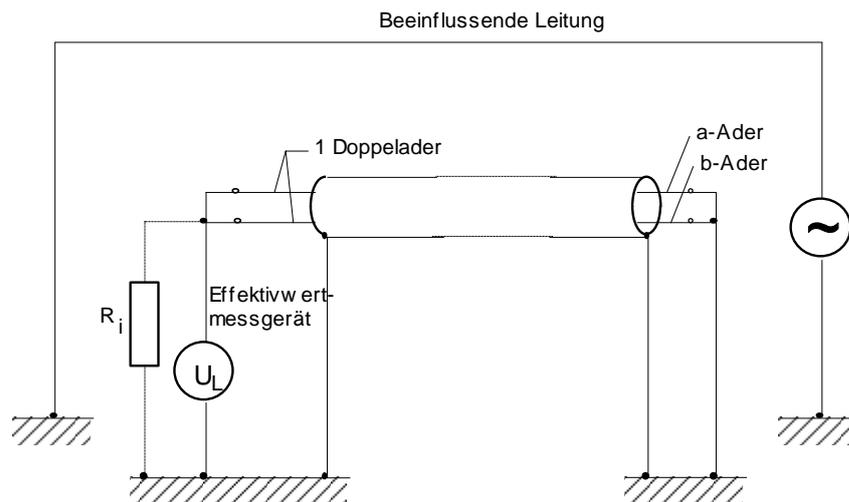


Abbildung 4: Prinzip Schaltbild zur Messung von Beeinflussungsspannungen

Anmerkung: Bei Messungen einer Beeinflussung im Normalbetrieb zur Beurteilung der Sachgefähigkeit ist $R_i > 10 \text{ k}\Omega$.

5.1.2 Beeinflussung durch Drehstromanlagen im Fehlerfall

Die Beeinflussungsspannungen für den Fehlerfall sind im Normalbetrieb einer Drehstromanlage nicht messbar.

Für den messtechnischen Nachweis ist ein hochspannungsseitiger Versuchsaufbau erforderlich, der auf niedrigem Leistungsniveau die Verhältnisse des Hochspannungsnetzes bei einem Hochspannungsfehler nachbildet.

Die Spannungen werden mit speziellen Verfahren wie der Umpolungs- oder Schwebungsmethode gemessen (siehe DIN VDE 0101-2, Anhang L.4).

Die so ermittelten und von den Stör- und Fremdeinflüssen bereinigten Messgrößen werden anschließend auf die realen Fehlerströme hochgerechnet und für die Bewertung der Beeinflussungssituation herangezogen.

5.1.3 Beeinflussung durch Drehstromanlagen im Normalbetrieb

Eine unzulässige Beeinflussung von TK-Anlagen durch den Normalbetrieb einer Drehstromanlage ist selten. Sie kann entsprechend Abschnitt 5.1.1 gemessen werden.

5.1.4 Beeinflussung durch Oberleitungsanlagen der Bahn im Normalbetrieb

Der Versuchsaufbau für die Messung der Beeinflussung während des normalen Bahnbetriebes entspricht dem im Abschnitt 5.1.1.

Es ist mindestens über eine Dauer von einer Kalenderwoche zu messen. Es wird eine Messdauer von 4 Kalenderwochen empfohlen um möglichst viele Betriebsszenarien zu erfassen.

5.2 Messen der Geräuschspannung

Aus der Einwirkung der Längsspannungen an der Unsymmetrie der Kommunikationsleitung sowie in den Kommunikationsgeräten entsteht eine Querspannung U_q zwischen der a- und b-Ader. Sie wäre im Fall vollständiger Symmetrie gleich 0 V. Über ein Bewertungsfilter wird nur der für das entsprechende Übertragungssystem relevante Teil der Querspannung als Effektivwert gemessen.

Die Geräuschspannung U_g ist eine für analoge Telekommunikationssprechstromkreise frequenzbewertete Fremdspannung. Als Bewertungsfilter wird das A-Filter (psophometrisches Filter) verwendet, der Leitungsabschluss beträgt 600 Ω .

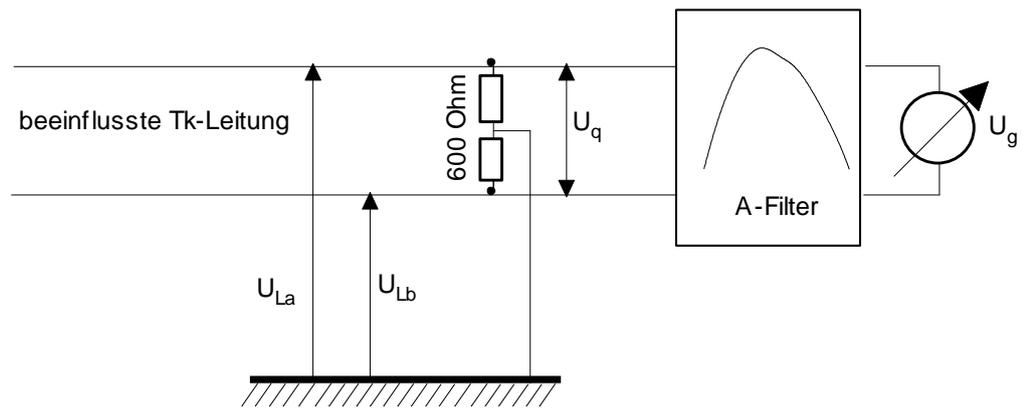


Abbildung 5: Prinzipdarstellung zum Entstehen der Geräuschspannung

Die an den unbeschalteten Doppeladern gemessenen Werte geben bei der im Allgemeinen hohen Symmetrie der Leitungen keinen Aufschluss über die zu erwartende Geräuschbeeinflussung beim Betrieb. Es ist deshalb erforderlich, die Vermittlungstechnik und die Telekommunikationsgeräte mit deren Erdunsymmetrie in die Messung einzubeziehen.

Die Messung wird nach folgendem Messaufbau durchgeführt.

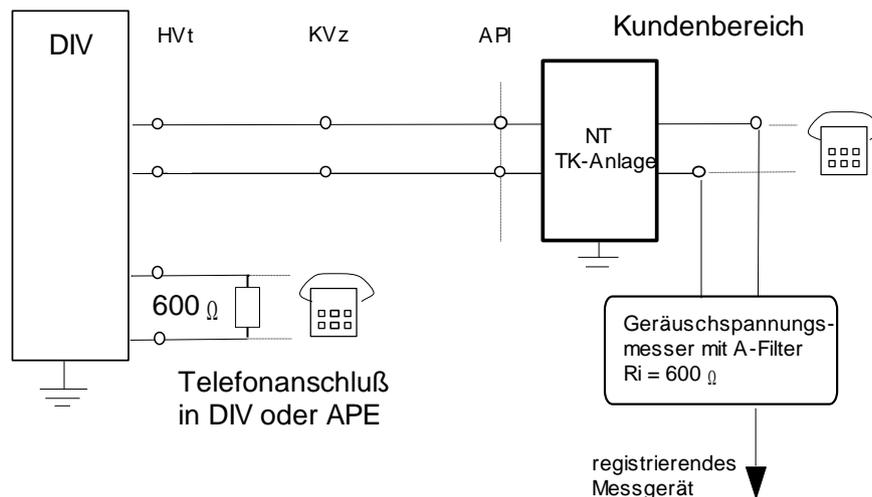


Abbildung 6: Messen der Geräuschspannung im Gesprächszustand

Für die Messung werden die zum Verbindungsaufbau notwendigen Telefonapparate unterbrechungsfrei durch Leitungsabschlüsse mit 600 Ω ersetzt.

Die Geräuschspannung sollte zeitgleich mit der Längsspannung gemessen werden. Geräusche, die im Normalbetrieb durch elektrische Energieanlagen entstehen, dürfen den Grenzwert von 0,5 mV nicht überschreiten (siehe 2.3 Zulässige Geräuschspannung).

5.3 Messen der bewerteten Längsspannung

Ist die Geräuschspannung nicht direkt messbar, so muss der Grenzwert von 200 mV für die bewertete Längsspannung eingehalten werden (siehe Abschnitt 2 Grenzwerte).

Der Messaufbau für die bewertete Längsspannungsmessung entspricht dem Aufbau unter Abschnitt 5.1.1. Als Messgerät wird ein Geräuschspannungsmesser mit A-Filter verwendet. Die Messleitungen werden hochohmig ($R_i > 10 \text{ k}\Omega$) angeschaltet.

5.4 Messen von Erdungswiderständen

Bei der Messung der Erdausbreitungswiderstände von TK-Schränken ist darauf zu achten, dass der Kabelmantel des beeinflussten Kabels für die Dauer der Messung von der örtlichen Erdungsanlage (Gehäuse-Erder) zu trennen ist.

Alle weiteren in dem TK-Schrank eingeführten Kabelmäntel müssen mit der örtlichen Erde verbunden bleiben.

Die Gesamtimpedanz vieler miteinander verbundener Einzelerder bzw. eines Erdungsnetzes größerer Ausdehnung (z.B. Niederspannungsnetz) kann in der Regel nicht mit einer Erdungsmessbrücke ermittelt werden.

Der Ausbreitungswiderstand eines Einzelerders in Gebieten geschlossener Bebauung kann normalerweise nur in Bezug zum Gesamterdungsnetz gemessen werden (Erdkreiswiderstand).

6 Kostenermittlung und Abrechnung von Schutzmaßnahmen

6.1 Allgemeine Hinweise

Die Kostentragung für Schutzmaßnahmen regelt sich nach den Festlegungen der Abschnitte 11 und 12 der „Vereinbarung zur Behandlung von Beeinflussungen zwischen elektrischen Energieanlagen und Anlagen der Informations- und Telekommunikationstechnik“ der SfB, sofern keine Sondervereinbarungen bestehen:

Zitat aus Abschnitt 11: Kosten von Schutzmaßnahmen

Die Kosten von Schutzmaßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder Beseitigung von Beeinflussungen hat der Betreiber der beeinflussenden Anlage zu tragen, soweit seine Anlage später erstellt wird. Hiervon abweichende vertragliche Vereinbarungen oder zwingende gesetzliche Vorschriften bleiben unberührt. Eine spätere beeinflussungserhebliche Änderung einer Anlage ist wie eine spätere Errichtung der Anlage zu behandeln.

Die Kosten nicht erforderlicher oder unverhältnismäßiger Schutzmaßnahmen sind dem Betreiber der beeinflussenden Anlage nicht anzulasten.

Stellt der Betreiber der beeinflussenden Anlage dem Betreiber der beeinflussten Anlage die Schutzeinrichtung zur Verfügung, so soll er ihm das Eigentum daran übertragen.

Für die Kosten des Betriebs, der Instandhaltung und Erneuerung der Schutzeinrichtungen ist dem Eigentümer im Zeitpunkt der Errichtung ein einmaliger Pauschbetrag zu zahlen.

Zitat aus Abschnitt 12: Bereitstellung von Plan- und Berechnungsunterlagen

Die Partner informieren sich rechtzeitig über alle Vorhaben, die Beeinflussungen verursachen

oder verändern können. Sie stellen sich wechselseitig die erforderlichen Plan- und Berechnungsunterlagen kostenlos zur Verfügung. Die Verantwortung für die Richtigkeit der Unterlagen übernimmt der Partner, der sie erstellt hat.

Von den Schutzmaßnahmen ist die zu wählen, die die technisch und wirtschaftlich beste Gesamtlösung darstellt.

6.2 Begriffe

Die Gesamtkosten einer Schutzmaßnahme können aus folgenden Teilkosten bestehen:

- Anschaffungskosten

Dies sind Aufwendungen, die für Errichtung und Inbetriebnahme einer Schutzmaßnahme notwendig sind. Sie setzen sich zusammen aus:

- Materialkosten
- Montagekosten
- Zuschlag für Bauvorbereitung und Baudurchführung.

- Instandhaltungs- und Betriebskosten

Notwendige Aufwendungen, die für die Aufrechterhaltung der Schutzwirkung einer Schutzmaßnahme erforderlich sind.

- Erneuerungskosten

Dies sind alle Aufwendungen, die für den Ersatz einer Schutzeinrichtung bzw. Teilen davon notwendig sind, um die Schutzwirkung während der Dauer des Schutzbedürfnisses zu gewährleisten.

6.2 Berechnung der Kosten

Auf der Grundlage technischer Angaben des EVU bzw. der DB AG (z. B. Trassenpläne der Hochspannungsleitungen, Stromdiagramme) über neue oder geänderte Anlagen der elektrischen Energietechnik ermittelt das TK-Unternehmen kostenlos die Art und den Umfang von Schutzmaßnahmen für ihre Anlagen und erstellt den Kostenvoranschlag.

Das EVU bzw. die DB AG prüft die vorgelegten Unterlagen. Falls den vorgesehenen Maßnahmen nicht zugestimmt werden kann, wird eine einvernehmliche Lösung angestrebt und über das weitere Vorgehen entschieden.

Nach Eingang der Kostenübernahmeerklärung des EVU bzw. der DB AG beginnt das Telekommunikationsunternehmen mit der Realisierung der vereinbarten Schutzmaßnahmen. Abweichungen bis zu 10 % vom veranschlagten Betrag bedürfen keiner Begründung. Für die Ermittlung und Abrechnung der Kosten gelten nachfolgende Festlegungen.

6.2.1 Anschaffungskosten

Überspannungsableiter

Es wird unterschieden zwischen:

- Maßnahmen, bei denen die Abschlusseinrichtungen bereits Vorrichtungen zur Aufnahme der Schutzbauteile enthalten. Die Anschaffungskosten umfassen die Materialkosten für Magazine/Halter und ÜsAg, sowie die dafür erforderlichen Montagekosten und die Kosten für die Erstellung des ggf. erforderlichen Potentialausgleichs.
- Maßnahmen, bei denen zusätzlich die Abschlusseinrichtungen gegen solche mit Aufnahmevorrichtungen für Schutzbauteile ausgetauscht werden müssen. Die Anschaffungskosten umfassen zusätzlich die Aufwendungen für den Austausch der Abschlusseinrichtungen.

Für Überspannungsableiter sind diese Zuschläge wie folgt zu bemessen:

Kabel mit Induktionsschutzaufbau

Bei evtl. Ersatz eines bereits verlegten Telekommunikationskabels gegen ein Kabel mit Induktionsschutzaufbau sind die Anschaffungskosten und die Montageleistungen für dieses Sonderkabel voll in Rechnung zu stellen.

Aktive und passive Reduktionsschutzeinrichtung

Zu den Anschaffungskosten wird ein einheitlicher Durchschnittsbetrag für die Steuerleitung (Pilotader) in Höhe von 500 Euro gerechnet.

6.2.2 Zuschläge für Betriebs-, Instandhaltungs- und Erneuerungskosten

Die Betriebs-, Instandhaltungs- und Erneuerungskosten werden durch einen einmaligen prozentualen Zuschlag zu den Anschaffungskosten abgegolten. Eine besondere Erfassung der Kostenanteile für den jeweiligen Einzelfall kann entfallen.

Für Überspannungsableiter sind diese Zuschläge wie folgt zu bemessen:

- ohne Austausch der Abschlusseinrichtungen 32 %
- mit Austausch der Abschlusseinrichtungen 16 %

Für alle weiteren Schutzmaßnahmen werden keine Betriebs-, Instandhaltungs- und Erneuerungskosten erhoben.

Anhang A

Technische Daten von Kommunikationskabeln

A.1 Typenbezeichnung von Kommunikationskabeln

In der Tabelle 6 und Tabelle 7 sind die Typenbezeichnungen häufig eingesetzter Kabel zusammengestellt. Erläuterungen zu den Kurzzeichen der Kabelbezeichnung enthält der Anhang H.1.

Schichtenmantelkabel		Stahlwellmantelkabel	
Typenbezeichnung	Aderndurchmesser Verseilung	Typenbezeichnung	Aderndurchmesser Verseilung
A-2YF(L)2Y	0,35StIIIBD 0,4StIIIBD	---	---
A-02YF(L)2Y	0,5StIIIBD 0,6StIIIBD	---	---
A-2Y(L)2Y	0,35StIIIBD 0,4StIIIBD 0,6StIIIBD	---	---
A-02Y(L)2Y	0,5StIIIBD 0,6StIIIBD	A-PWE2Y	0,4 StIIIBD
A-02Y(L)2Y	0,8 StIIIBD	A-PWE2Y	0,6 StIIIBD
A-02Y(L)2Y	0,9 StIBD	A-PWE2Y	0,8 StIIIBD
		---	---

Tabelle 6: Kommunikationskabel mit symmetrischen Doppeladern

Kurzbezeichnung ¹⁾	Baureihe	Kurzbezeichnung	Baureihe
AJ- ... (L)1D2Y	1D	AJ ... (L)2Y1DB2Y	1DB ²⁾
AJ ... WE2Y1D2Y	1D	AJ ... WE2Y1DB2Y	1DB
AJ ... (L)2Y2D2Y	2D	AJ ... (L)2Y2DB2Y	2DB
AJ ... WE2Y2D2Y	2D	AJ ... WE2Y2DB2Y	2DB
AJ ... (L)2Y3D2Y	3D	AJ ... (L)2Y3DB2Y	3DB
AJ ... WE2Y3D2Y	3D	AJ ... WE2Y3DB2Y	3DB
AJ ... (L)2Y4D2Y	4D	AJ ... (L)2Y4DB2Y	4DB
AJ ... WE2Y4D2Y	4D	AJ ... WE2Y4DB2Y	4DB

- 1) Bei den Kurzbezeichnungen sind für „...“ die Typenbezeichnung der Adernisolierung einzusetzen
Beispiel: AJ-02Y(L)1D2Y
- 2) D = Lage aus Kupferdrähten; B = Lage aus Stahlbandbewehrung

Tabelle 7: TK-Kabel Kommunikationskabel mit Induktionsschutz

A.2 Reduktionsfaktoren von Kommunikationskabeln

In der Abbildung 7 bis Abbildung 9 sind die Kabelmantelreduktionsfaktoren für Kabel ohne zusätzlichen Induktionsschutz angegeben.

Für Kabel mit Induktionsschutz der Baureihe D müssen zunächst die zugehörigen Außendurchmesser bestimmt werden. Dies geschieht mit Tabelle 8. Anhand der Abbildung 10 und Abbildung 11 können dann die Reduktionsfaktoren ermittelt werden.

Für die Baureihen DB sind die Werte aus Abbildung 12 und Abbildung 13 zu entnehmen.

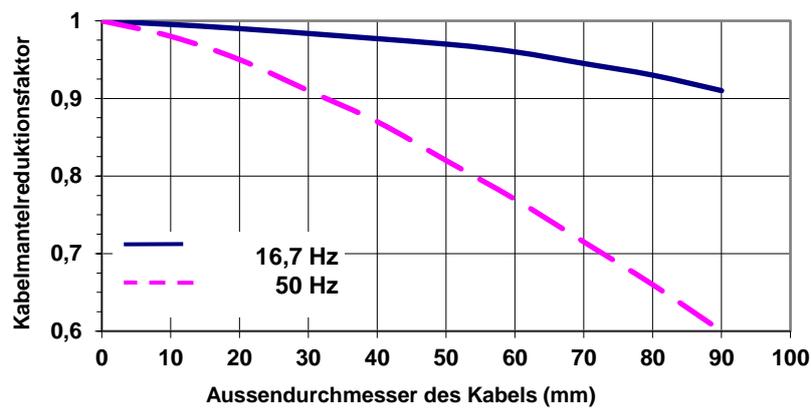


Abbildung 7: Kabelmantelreduktionsfaktoren von Schichtenmantelkabeln

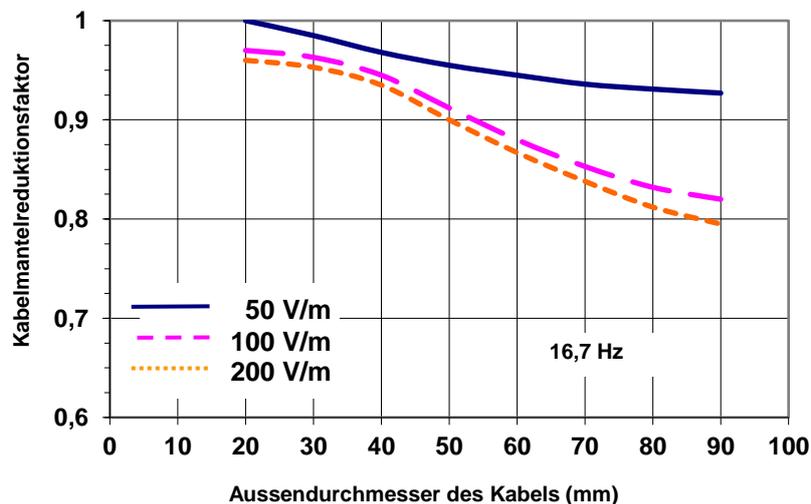


Abbildung 8: Kabelmantelreduktionsfaktoren von Stahlwellmantelkabeln

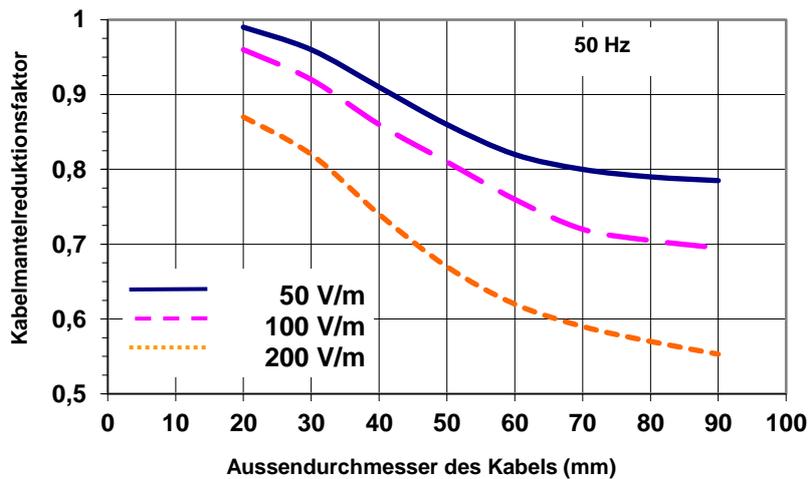


Abbildung 9: Kabelmantelreduktionsfaktoren von Stahlwellmantelkabeln

Kabelaußendurchmesser in mm ohne und mit Induktionsschutzaufbau								
ohne	mit Induktionsschutz der Baureihe							
	1D	2D	3D	4D	1DB	2DB	3DB	4DB
30	38,5	39,0	39,5	42,0	42,5	43,0	43,5	46,5
32	40,5	41,0	41,5	44,0	45,5	46,0	46,5	48,5
34	42,5	43,0	44,0	46,5	47,5	48,0	48,5	50,5
36	45,5	46,0	46,5	48,5	49,5	50,0	50,5	52,5
38	47,5	48,0	48,5	50,5	51,5	52,0	52,5	54,5
40	49,5	50,0	50,5	52,5	53,5	54,0	54,5	57,5
42	51,5	52,0	52,5	54,5	56,6	57,0	57,5	59,5
44	53,5	54,0	54,5	57,5	58,5	59,0	59,5	61,5
46	56,5	57,0	58,0	59,5	60,5	61,0	62,0	63,5
48	58,5	59,0	60,0	61,5	62,5	63,0	64,0	65,5
50	60,5	61,0	62,0	63,5	64,5	65,0	66,0	68,5
52	62,5	63,0	64,0	65,5	67,5	68,0	69,0	70,5
54	64,5	65,0	66,0	68,5	69,5	70,0	71,0	72,5
56	67,0	68,0	69,0	70,5	71,5	72,0	73,0	74,5
58	69,5	70,0	71,0	72,5	73,5	74,0	75,0	76,5
60	71,5	72,5	73,0	74,5	75,5	76,5	77,0	79,0
62	73,5	74,5	75,0	76,5	78,5	79,0	80,0	81,0
64	75,5	76,5	77,0	79,0	80,5	81,0	82,0	83,0
66	78,5	79,0	80,0	81,0	82,5	83,0	84,0	85,0
68	80,5	81,0	82,0	83,0	84,5	85,0	---	---
70	82,5	83,0	84,0	85,0	---	---	---	---
72	84,5	85,0	---	---	---	---	---	---
72,5	85,0	---	---	---	---	---	---	---

Tabelle 8: Zunahme des Außendurchmessers von Schichten- und Stahlwellmantelkabeln durch den zusätzlichen Induktionsschutz (gem. Tabelle 7: TK-Kabel Kommunikationskabel mit Induktionsschutz)

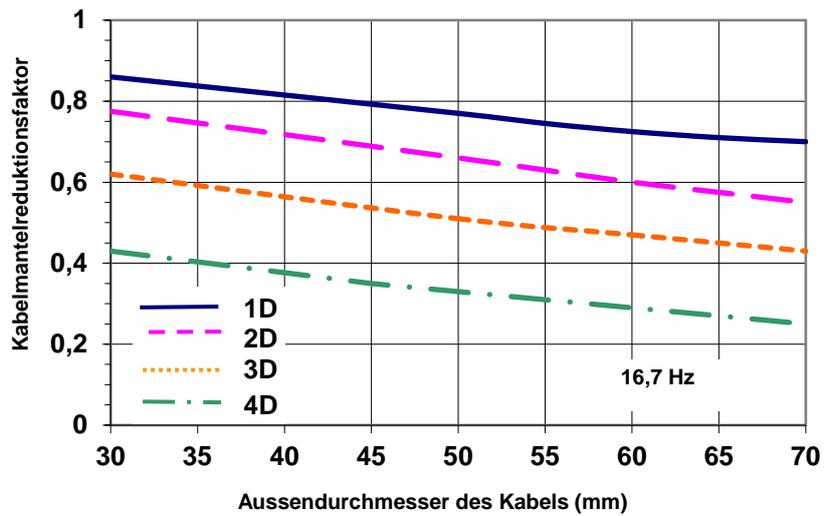


Abbildung 10: Kabelmantelreduktionsfaktoren von Kabeln mit Induktionsschutz der Baureihe D für 16,7 Hz
(nach
Tabelle 8)

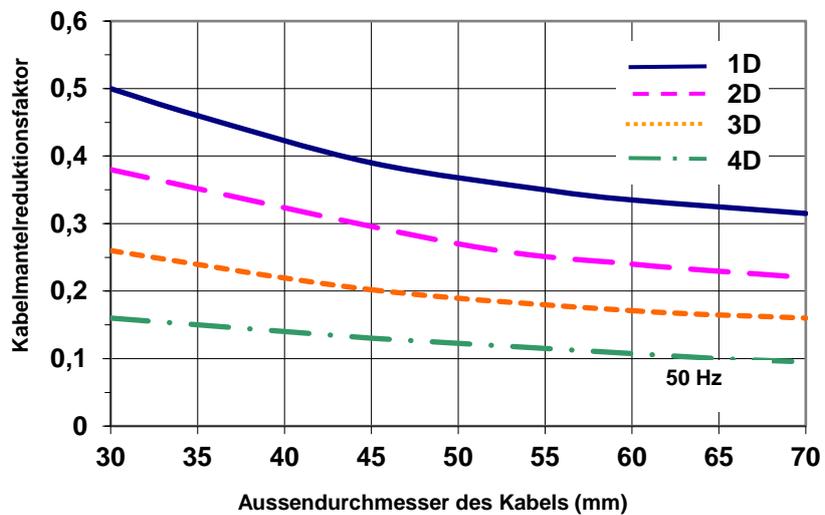


Abbildung 11: Kabelmantelreduktionsfaktoren von Kabeln mit Induktionsschutz der Baureihe D für 50 Hz
(nach
Tabelle 8)

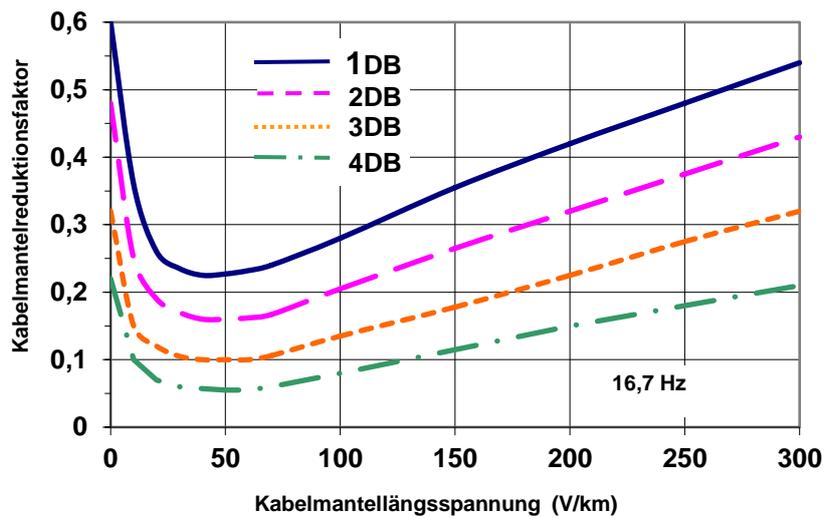


Abbildung 12: Kabelmantelreduktionsfaktoren von Kabeln mit Induktionsschutz der Baureihe DB für 16,7 Hz (nach Tabelle 8)

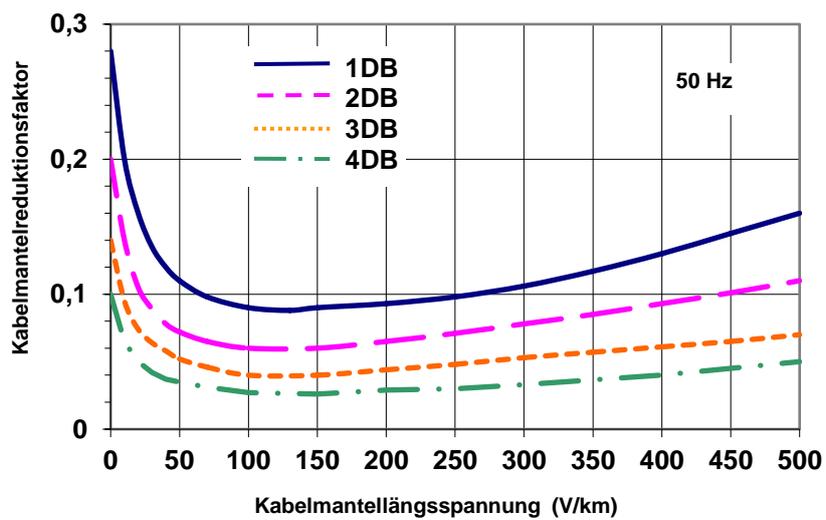


Abbildung 13: Kabelmantelreduktionsfaktoren von Kabeln mit Induktionsschutz der Baureihe DB für 50 Hz (nach Tabelle 8)

A.3 Gleichstromwiderstände von Kommunikationskabel

Unter Benutzung der Tabelle 9 und Abbildung 14 können die für die Berechnung von Schutzmaßnahmen (gemäß Abschnitt 3) erforderlichen Gleichstromwiderstände von Kabeln ermittelt werden.

Durchmesser Einzeladern in mm	Längenbezogener Widerstand Einzelader in Ω/km
0,35	176
0,4	134
0,5	86
0,6	60
0,8	33
0,9	26

Tabelle 9: Gleichstromwiderstände von Kupferadern (Mittelwerte)

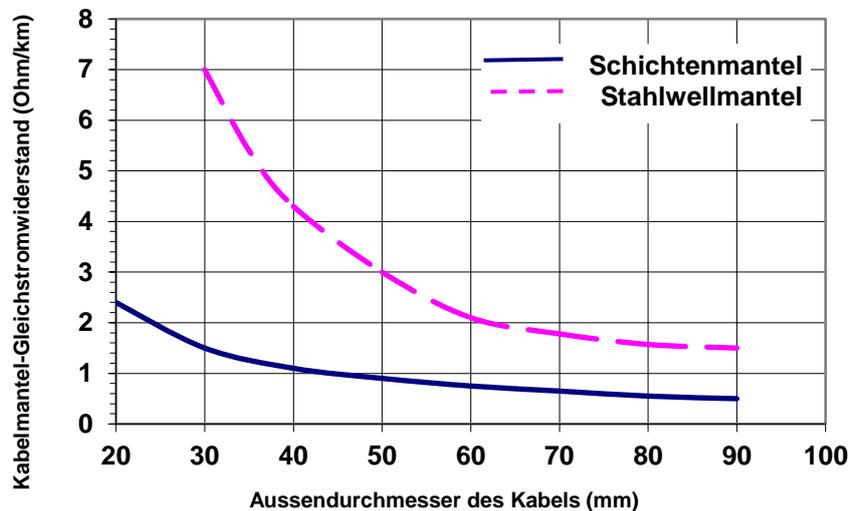


Abbildung 14: Längenbezogener Kabelmantel-Gleichstromwiderstand von Schichten- und Stahlwellmantelkabeln

A.4 Erforderliche Erdausbreitungswiderstände der TK-Schränke für Kommunikationskabel mit Induktionsschutz der Baureihe 1DB

Die erforderlichen Erdungswiderstände beim Einsatz von Kabeln mit Induktionsschutz der Baureihe 1DB (gemäß Abschnitt 3.1.2) bei Bahnstrombeeinflussung können der Abbildung 15 entnommen werden.

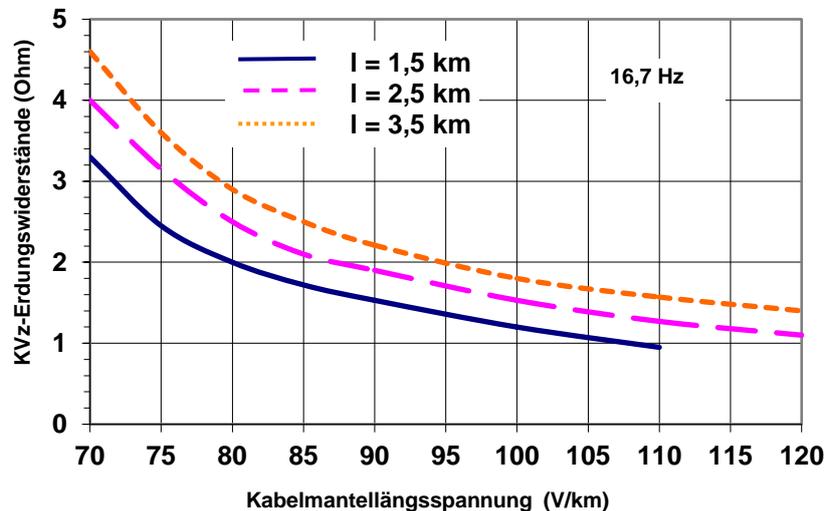


Abbildung 15: KVz-Erdungswiderstände beim Einsatz von Kabeln mit Induktionsschutz der Baureihe 1DB für 16,7 Hz

A.5 Ausbreitungswiderstand von Erdungsanlagen

Der Ausbreitungswiderstand eines Erders hängt vom spezifischen Bodenwiderstand ρ_E (Richtwerte in VDE 0101-2, Anhang J) sowie von den Maßen und der Anordnung des Erders ab.

Er ist hauptsächlich von der Länge des Erders, weniger von seinem Querschnitt abhängig. Die berechneten Ausbreitungswiderstände gelten nur für Gleichstrom und Wechselstrom niedriger Frequenz (Netzfrequenz) – nicht für höherfrequente Ströme und nicht für Blitzströme.

Berechnung Oberflächenerder

Der Ausbreitungswiderstand eines Oberflächenerders lässt sich wie folgt berechnen:

$$\text{Banderder: } R_E' = \frac{\rho_E}{\pi L} \cdot \ln \frac{2L}{d}$$

$$\text{Ringerder: } R_E' = \frac{\rho_E}{\pi^2 D} \cdot \ln \frac{2\pi D}{d}$$

Mit L = Länge des Banderders in m
 D = Durchmesser des Ringerders in m
 d = Durchmesser des Erdseils oder halbe Breite des Erdungsbandes in m
 ρ_E = spezifischer Bodenwiderstand

Berechnung Tiefenerder

Der Ausbreitungswiderstand eines Tiefenerders kann wie folgt berechnet werden:

$$R_E = \frac{\rho_E}{2\pi L} \cdot \ln \frac{4L}{d}$$

Mit L = Länge des Tiefenerders in m
 d = Durchmesser der Erderstäbe in m

Weitere Ausführungen zur Berechnung von Tiefenerdern siehe VDE 0101-2, Anhang J.

Berechnung Plattenerder

Der Ausbreitungswiderstand eines Plattenerders kann wie folgt berechnet werden:

$$R_A = \frac{\rho_E}{4,5 \times \sqrt{b \times c}}$$

Mit b und c Kantenlänge des Plattenerder in Meter

Berechnung Großflächige Erder

Der Ausbreitungswiderstand eines großflächigen Erders ist näherungsweise:

$$R_E = \frac{\rho_E}{2D}$$

Hierbei ist D der Durchmesser eines Kreises, der den gleichen Flächeninhalt wie die Fläche der großflächigen Erdungsanlage hat.

Gesamterdungswiderstand

Zur Ermittlung des Gesamterdungswiderstandes einer TK-Anlage sind alle Ausbreitungswiderstände parallel zu schalten. Bei erdfühiligen Kabeln ist dies jedoch nur dann statthaft, wenn diese Kabel auf separaten Trassen und nicht in einem gemeinsamen Kabelgraben verlegt sind.

Bei Fundamenterdern darf so gerechnet werden, als ob der Leiter im umgebenden Erdreich verlegt wäre.

Der spezifische Bodenwiderstand ρ_E für unterschiedliche Bodenarten kann der DIN VDE 0101-2, Anhang J entnommen werden.

Die Ausbreitungswiderstände von Oberflächenerdern, Tiefenerdern und Kommunikationskabeln mit Erderwirkung für die Frequenz 50 Hz können ebenfalls der DIN VDE 0101-2, Anhang J entnommen werden.

Anhang B

Beschreibung der Betriebsweise von Hochspannungsnetzen

B.1 Drehstromnetz

Verschiedene Drehstromnetze der Energieversorgung unterscheiden sich in der Art der Sternpunktbehandlung der Transformatoren, Generatoren oder Sternpunktbildner.

Die Art der Sternpunktbehandlung hat wesentlichen Einfluss auf die Größe und die Zeitdauer der Ströme und Spannungen, die bei einem Fehler mit Erdberührung im Hochspannungsnetz auftreten. Vier Arten der Sternpunktbehandlung werden unterschieden.

B.1.1 Netz mit niederohmiger Sternpunkterdung (NOSPE)

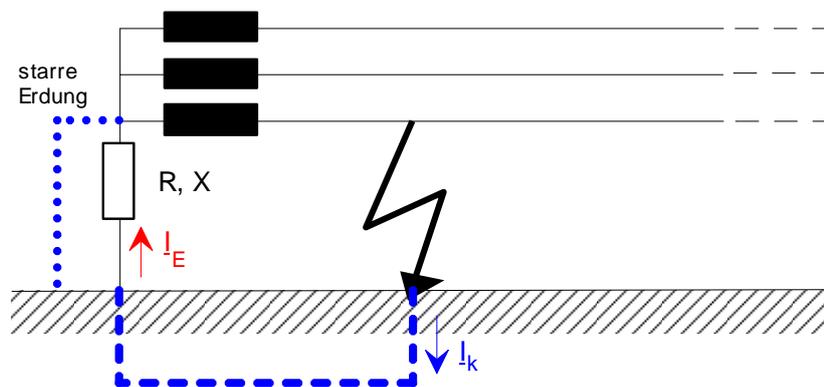


Abbildung 16: Hochspannungsnetz mit niederohmiger Sternpunkterdung

In Netzen mit niederohmiger Sternpunkterdung ist mindestens ein Sternpunkt unmittelbar (starre Erdung) oder über einen induktiv oder ohmsch wirkenden Widerstand geerdet (Impedanz-Sternpunkterdung). Bei der Erdverbindung eines Leiters (Erdkurzschluss) fließt kurzzeitig im Sekundenbereich ein Erdkurzschlussstrom I_k , der bis zu einigen 10 kA betragen kann.

Durch selektive Schutzeinrichtungen des Netzes wird der fehlerbehaftete Höchstspannungsleiter (nicht das gesamte System) oder das fehlerbehaftete Anlagenteil und damit der beeinflussende Kurzschlussstrom selbsttätig abgeschaltet. Die nicht vom Erdkurzschluss betroffenen Höchstspannungsleiter werden nicht abgeschaltet. Nach einer Wartezeit von bis zu ca. 2 Sekunden, wird der abgeschaltete Leiter wieder zugeschaltet. Erfolgt eine erneute Auslösung wird der entsprechende Abschnitt bzw. Anlagenteil vollständig abgeschaltet.

Die Höhe des Erdkurzschlussstromes ist vom Fehlerort im Netz abhängig und kann aus Kurzschlussstromdiagrammen entnommen werden.

Alle 220- und 380 kV-Netze in Deutschland werden mit niederohmiger, unmittelbarer Sternpunktterdung betrieben.

110-kV-Netze werden sowohl mit niederohmiger Erdung als auch erdschlusskompensiert betrieben.

Mittelspannungsnetze ($U_N \leq 52$ kV) werden vorwiegend erdschlusskompensiert betrieben. Jedoch wird in reinen Kabelnetzen und in gemischten Kabel/Freileitungsnetzen mit sehr hohem Kabelanteil auch die niederohmige Sternpunktterdung eingesetzt.

Eine Beeinflussung von TK-Anlagen bei der Näherung zu Hoch- und Mittelspannungsanlagen mit niederohmiger Sternpunktterdung ist für den Zustand Erdschluss stets zu untersuchen.

B.1.2 Netze mit Erdschlusskompensation (RESPE)

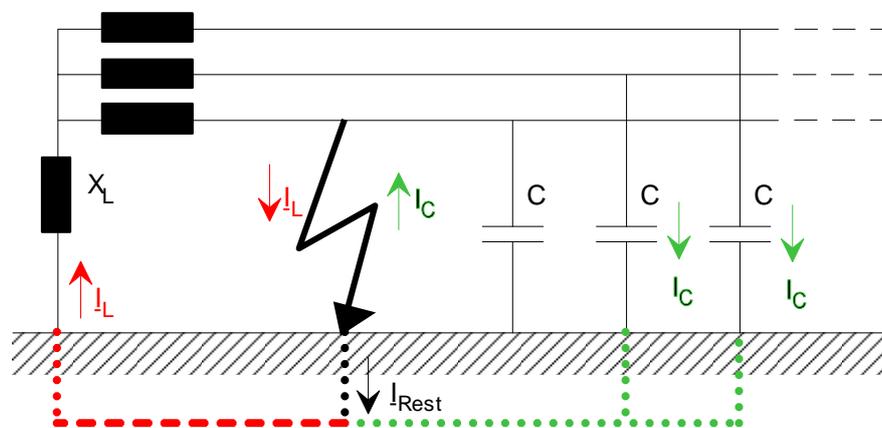


Abbildung 17: Hochspannungsnetz mit Erdschlusskompensation

Mit dieser Schaltung kann durch die Kompensation des Erdschlussstromes ein Erdschluss selbsttätig verlöschen.

In Netzen mit Erdschlusskompensation ist mindestens ein Sternpunkt über eine Erdschlussspule X_L geerdet. Die Induktivität X_L bildet dabei mit der Erdkapazität des Netzes einen Parallelschwingkreis, der bei Betriebsfrequenz nahezu im Resonanzpunkt arbeitet. Im Erdschlussfall nimmt der betreffende Leiter Erdpotential an, und der Sternpunkt des Systems wird maximal um die Leiter-Erdspannung (U_{LE}) angehoben. In gleicher Weise wird auch das Potential der anderen (ungestörten) Leiter erhöht, die betriebsfrequente Spannung dieser Leiter gegen Erde steigt über eine Ausgleichsschwingung auf die Dreiecksspannung $\sqrt{3} \cdot U_{LE}$. Die Sternpunktspannung treibt einen induktiven Strom I_L , der sich an der Fehlerstelle den kapazitiven, um 180° phasenverschobenen Fehlerströmen überlagert. An der Fehlerstelle fließt nur noch ein kleiner Reststrom, herrührend aus den ohmschen Verlusten und aus der Verstimmung des Resonanzkreises. Der Wert des Erdschlussreststromes liegt im Bereich von einigen 10 A und ist wesentlich abhängig von der Ausdehnung des Netzes.

Durch die Kompensation des kapazitiven Erdschlussstromes wird der Lichtbogenerdschluss in den meisten Fällen sofort gelöscht und die Betriebsstörung von den angeschlossenen Kunden gar nicht wahrgenommen. Die Energieversorgung wird nicht unterbrochen und die Fehlerstelle von einer starken thermischen Beanspruchung durch große Fehlerströme entlastet. Darüber hinaus sind die Schritt- und Berührungsspannungen an der Fehlerstelle klein und führen zu keinen Gefährdungen.

Bedingt durch die Spannungserhöhung in den gesunden Phasen kann es bei lang anstehenden und besonders bei intermittierenden Erdschlüssen (mit wiederholtem Zünden und Löschen des Erdschlusslichtbogens) zu einem zweiten Erdschluss eines vorher gesunden Leiters kommen.

Liegen beide Fehlerorte im Zuge einer Leitung an räumlich auseinander liegenden Punkten, kommt es zu einem Doppelerdschluss (zweipoliger Fehlerstrom) mit einem Stromfluss über Erde. Der Wert des Doppelerdschlussstromes ist im Wesentlichen abhängig von der Impedanz des speisenden Netzes und den Impedanzen zwischen den Fehlerpunkten.

Die Dauer eines einfachen, nicht selbsttätig verlöschenden Erdschlusses bis zur Abschaltung der fehlerbehafteten Leitung kann einige Minuten bis Stunden betragen. Doppelerdschlüsse hingegen werden durch die Schutzeinrichtungen selbsttätig in Kurzzeit abgeschaltet.

Für die zulässigen Werte des Erdschlussreststromes bei erdschlusskompensierten Netzen gelten die Löschbedingungen nach VDE 0845-6-2.

Wegen des relativ kleinen Erdfehlerstromes bei einem Erdschluss kann eine unzulässige Beeinflussung einer TK-Anlage ausgeschlossen werden.

Schutzmaßnahmen gegen Schäden bei Doppelerdschluss sind wegen der geringen Wahrscheinlichkeit dieses Fehlerfalles nicht erforderlich (siehe Anhang F).

B.1.3 Netz mit isoliertem Sternpunkt (OSPE)

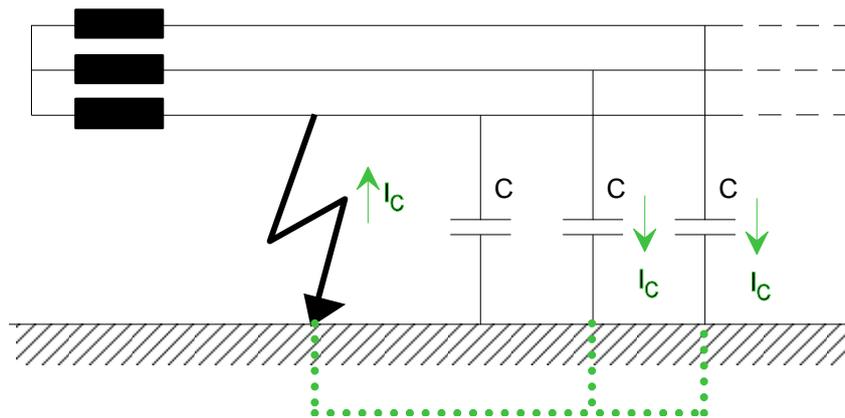


Abbildung 18: Hochspannungsnetz mit isoliertem Sternpunkt

In Netzen mit isoliertem Sternpunkt sind die Sternpunkte nicht geerdet. Diese Netze unterscheiden sich von Netzen mit Erdschlusskompensation dadurch, dass bei einem Erdschluss der Erdfehlerstrom I_C nicht kompensiert wird. Der Erdschlussstrom liegt ebenfalls im Bereich von nur einigen 10 A. Um das Selbstverlöschen des Erdschlusslichtbogens sicherzustellen, darf der kapazitive Erdschlussstrom eines Netzes die Grenzwerte nach DIN VDE 0845-6-2 nicht überschreiten.

Für die Auswirkungen von Hochspannungsfehlern in Netzen mit isoliertem Sternpunkt auf TK-Anlagen gelten für die Überprüfung der Beeinflussungsmöglichkeit die gleichen Voraussetzungen wie in Netzen mit Erdschlusskompensation. Die Netzform mit isoliertem Sternpunkt kommt nur vereinzelt in Mittelspannungsnetzen kleiner Ausdehnung zum Einsatz.

B.1.4 Netz mit vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung (KNOSPE)

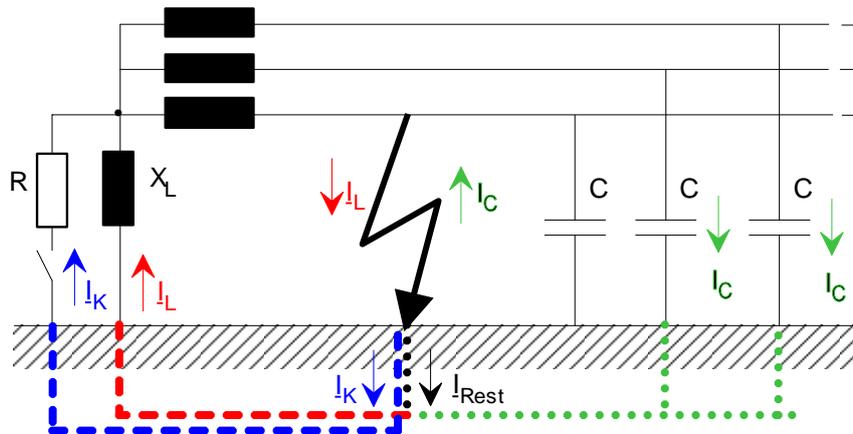


Abbildung 19: Hochspannungsnetz mit kurzzeitiger niederohmiger Sternpunktterdung

Diese Art der Sternpunktbehandlung ist eine Kombination der Beschaltung mit einer Erdschlusslöschspule und einer Strom begrenzenden Impedanz-Sternpunktterdung. Im Normalbetrieb des Netzes ist die Erdschlusslöschspule am Sternpunkt angeschlossen. Bei jedem einpoligen Fehler gegen Erde wird der kapazitive Erdschlussstrom durch den Spulenstrom kompensiert. Gelingt diese selbsttätige Löschung des Fehlerstromes nicht, wird nach einer Zeit von einigen 100 ms bis zu wenigen Sekunden die Löschspule durch einen Widerstand R überbrückt. Der Erdschlussstrom steigt dabei vom Wert des Reststromes auf einige 100A bis zu ca. 2 kA an. Der letztgenannte Wert stellt sich bei Fehlern im Nahbereich vom speisenden Transformator ein. Im weiter entfernten Netz sind die Werte kleiner und liegen im Nennstrombereich der Betriebsmittel.

Die Fehlerstelle kann nach dem Einschalten des Widerstandes durch selektiv wirkende Netzschutzeinrichtungen automatisch vom Netz getrennt werden. Die Kurzschlussdauer ist ähnlich der bei niederohmiger Erdung eines Netzes.

Weiterhin wird bei dieser Sternpunktbehandlung eine erhöhte Isolationsbeanspruchung durch die Potentialanhebung ($\sqrt{3} \cdot U_{LE}$) der nicht vom Fehler betroffenen Phasen durch das wiederkehrende Zünden und Löschen des Lichtbogens und durch länger anstehende Erdschlüsse vermieden. Die Wahrscheinlichkeit von Doppel- oder Mehrfacherdschlüssen wird dadurch sehr deutlich herabgesetzt und kann bei einer günstigen Wahl des Einschaltzeitpunktes des Sternpunktterdwiderstandes praktisch ausgeschlossen werden.

Liegt eine Näherung zwischen einer TK-Anlage und dem beeinflussenden Hochspannungsnetz mit dieser Beschaltung des Netzsternpunktes vor, so ist eine ohmsche bzw. induktive Beeinflussung zu untersuchen (vgl. Tabelle 1).

B.2 Bahnstromnetze

Bei den 16,7-Hz-Bahnstromnetzen ist zwischen dem 110-kV-Bahnstromnetz und dem 15-kV-Oberleitungsnetz zu unterscheiden.

Die Trennstelle zwischen beiden Netzen stellen die Unterwerke (Umspannwerke) dar.

B.2.1 110-kV- Bahnstromnetz

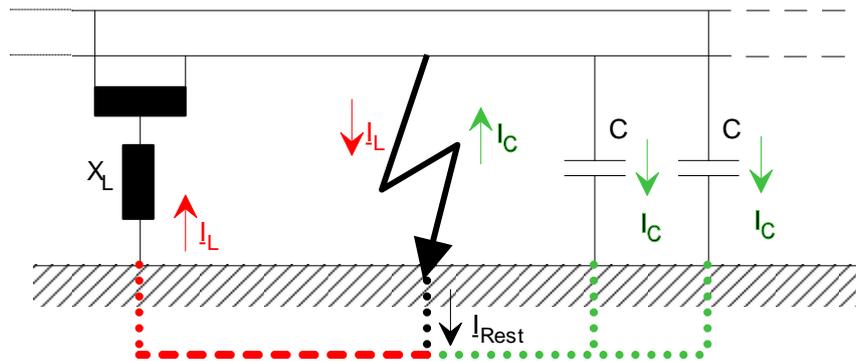


Abbildung 20 110-kV-Bahnstromnetz

Das 110-kV-Bahnstromnetz ist ein zweiphasiges Freileitungsnetz mit überwiegend zwei Stromkreisen mit einer Nennspannung von 110 kV und einer Betriebsfrequenz von 16,7 Hz. Es verbindet die Kraft-, Umformer- und Umrichterwerke untereinander und leitet die Energie zu den Unterwerken weiter.

Das 110-kV-Bahnstromnetz wird im Verbund über Kuppelumspanner mit dem 132-kV-Netz der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) und direkt mit dem 110-kV-Bahnstromnetz der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) betrieben.

Dieses Verbundnetz wird mit Erdschlusskompensation betrieben. Dazu sind in Deutschland und in Österreich zum Teil einstellbare Erdschlusslöschspulen mit je 100 A Nennstrom über besondere Mittelpunktbildner zur Kompensation des kapazitiven Stromes im Fehlerfall installiert. Es fließt dann nur noch ein kleiner ohmscher Reststrom. Die Löschfähigkeit des Bahnstromnetzes wird dadurch sichergestellt, dass der Erdschlussreststrom den Wert von 132 A gemäß VDE 0845-6-2 Teil 2 nicht überschreitet.

Wegen des relativ geringen Erdschlussreststromes bei einem Erdschluss kann eine unzulässige Beeinflussung einer Telekommunikationsanlage praktisch ausgeschlossen werden. Der Doppelerdschluss, also das gleichzeitige Auftreten zweier voneinander unabhängiger Fehler, braucht nicht berücksichtigt zu werden.

Durch die Erdschlusskompensation wird auch bei einem Erdschluss eine Fortführung der Energieversorgung sichergestellt. Lichtbögen im Freileitungsnetz verlöschen durch die Kompensation selbständig. Bei nicht selbständig löschenden Erdschlüssen wird im Unterwerk "Steinbach am Wald" durch eine Erdungseinrichtung nach 2 bis 4 Sekunden der "gesunde" Leiter auf Erde geschaltet. Dadurch wird ein Doppelerdschluss erzeugt, der durch das Ansprechen der Schutzeinrichtungen und das Auslösen des dem Fehlerort zugeordneten Leistungsschalters den Doppelerdschluss abschaltet.

Im Allgemeinen ist danach die Leitung wieder betriebsbereit.

Bei einem Erdschluss steigt die Spannung in dem nicht vom Fehler betroffenen Leiter bis auf den 2-fachen Wert der Leiter-Erde-Spannung an. Hierdurch kann es in seltenen Fällen zu einem zweiten Erdschluss in dem bis dahin gesunden Leiter kommen. Es kommt damit zu einem Doppelerdschluss, der vom Leitungsschutz erfasst wird und zur Auslösung der zugehörigen Leistungsschalter führt.

B.2.2 15-kV-Oberleitungsnetz

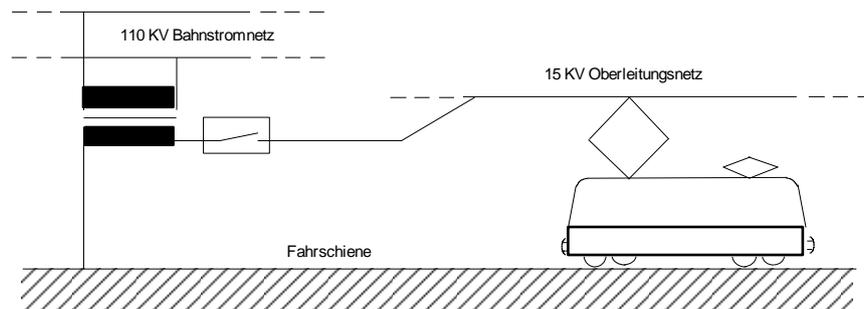


Abbildung 21: 15 kV Oberleitungsnetz

Im Bahnstromnetz mit zentraler Energieversorgung wird das einphasige 15-kV-Oberleitungsnetz von den Unterwerken versorgt. Dort sind Transformatoren aufgestellt, die die Spannung des 110-kV-Bahnstromnetzes auf die für die Versorgung der elektrischen Triebfahrzeuge erforderliche Nennspannung von 15 kV transformieren. Die Oberleitung wird über Leistungsschalter gespeist. Die Ströme fließen sowohl im Normalbetrieb als auch im Störfall in den Fahrtschienen und im Erdreich zum Unterwerk zurück.

Im Bahnstromnetz mit dezentraler Energieversorgung fehlt das übergeordnete 110-kV-Bahnstromnetz. Anstelle der Unterwerke werden Umformerwerke bzw. Umrichterwerke betrieben. Dort wird die Energie für die Traktion dem Drehstromnetz (meist 110 kV) entnommen und über Transformator, Frequenzumformung sowie Schaltanlage in die Oberleitung eingespeist.

Im Einflussbereich von Oberleitungen ist die induktive Beeinflussung von TK-Anlagen im Normalbetrieb (Fahrstrom) und im Störfall (Kurzschlussstrom) stets zu berücksichtigen.

Der Betriebsstrom in der Oberleitung kann in Sonderfällen Werte bis zu 2 kA und der Kurzschlussstrom bis zu 40 kA erreichen. Die Schaltanlagen der Unterwerke für die Versorgung der Oberleitungsanlagen verfügen über schnell wirkende Schutzeinrichtungen und Leistungsschalter mit extrem kurzen Schaltereigenzeiten (<17 ms), so dass die hohen Kurzschlussströme bereits nach max. 60 ms (2 Halbwellen bei 16,7 Hz) abgeschaltet sind.

In der Mehrzahl der Störfälle wird der Strom in weniger als 30 ms unterbrochen.

Mit einem gleichzeitigen Auftreten von Kurzschlüssen getrennter Oberleitungsabzweige wird nicht gerechnet. Die beiden Oberleitungen einer zweigleisigen Strecke werden als eine Leitung betrachtet.

Die Mehrfachbeeinflussung im Kurzschlussfall wird daher ausgeschlossen.

Die Mehrfachbeeinflussung im Normalbetrieb durch getrennt geführte Bahnstrecken ist dagegen zu berücksichtigen. Getrennte Bahnstrecken sind hinsichtlich der Beeinflussung dann gegeben, wenn jede Strecke ein eigenes Stromdiagramm besitzt.

Die Teilbeeinflussungsspannungen werden geometrisch zu einer Gesamtspannung addiert. Ist das Verhältnis des jeweils kleinsten zum größten Spannungswert 1:10 im Normalbetrieb bzw. 1:3 im Störfall, darf der kleinere Wert vernachlässigt werden, sofern der größere Wert nicht mehr als 90% des Grenzwertes beträgt.

Anhang C

Beschreibung des Aufbaus von Telekommunikationsnetzen

C.1 Verbindungsnetz (Core-Netz)

Das Verbindungsnetz wird überwiegend in Gf-Technik ausgeführt und ist deshalb nur dann von Beeinflussungen betroffen, wenn zusätzlich Kupferadern, ein metallisches Zugelement oder ein Aluminiumschirm vorhanden sind.

Soweit noch Fernkabel mit Kupferleitern (symmetrisch oder koaxial) in Betrieb sind, sind diese mit Übertragern abgeschlossen.

C.2 Zugangsnetz (Access-Netz)

Das Zugangsnetz stellt die Verbindung zwischen CO (Central Office, alt Vermittlungsstelle VNK) und der Telekommunikationseinrichtungen beim Kunden her. Es ist überwiegend in Kupferleitungen ausgeführt und wird zunehmend mit Gf-Leitungen gebaut.

Soweit TK-Schränke mit aktiver Technik im Zugangsnetz eingesetzt werden, müssen die Beeinflussungsabschnitte Hauptkabel und Verzweigungskabel getrennt betrachtet werden. Nach den Abschlusspunkten für das linientechnische Netz (APL) sind noch die Endstellenleitungen angeschaltet, die im Allgemeinen recht kurz sind, in Einzelfällen aber mehrere hundert Meter lang sein können.

In nachfolgender Skizze sind beispielhaft wesentliche Elemente des Verbindungs- und Zugangsnetzes dargestellt. Im Zugangsnetz werden zur Zeit auf allen Leitungsabschnitten Glasfaserkabel und / oder Kupferkabel verlegt.

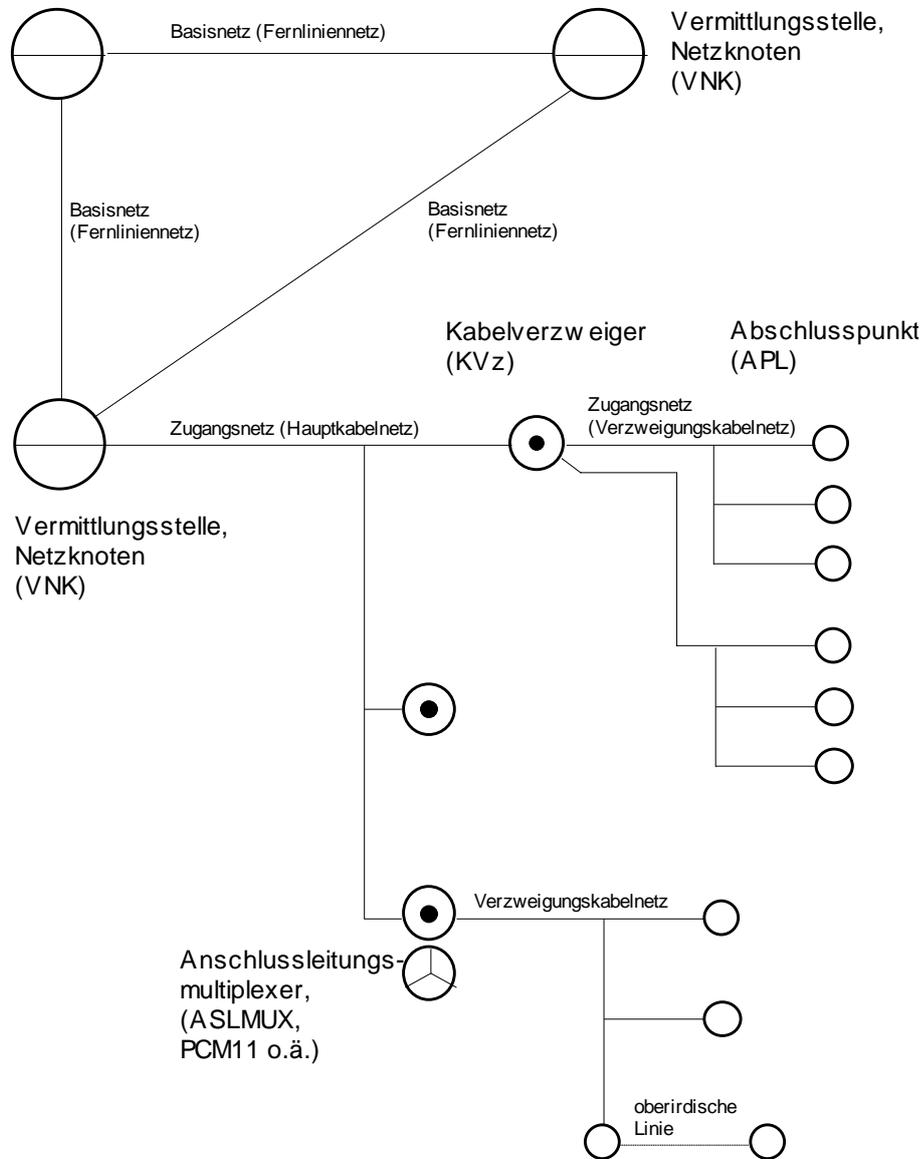


Abbildung 22: Prinzipieller Aufbau des TK-Netzes

Anhang D

Beschreibung der Wirkungsweise von Schutzmaßnahmen

D.1 Kommunikationskabel mit Induktionsschutzaufbau

Zur Verbesserung des Kabelmantelreduktionsfaktors r_k von Kommunikationskabeln können diese mit einem zusätzlichen leitfähigen Kabelmantel versehen werden. Man unterscheidet hierbei zwischen zwei Ausführungen:

- Normbaureihe D
Über dem Kunststoffaußenmantel wird eine zusätzliche Lage Kupferdrähte zur Verringerung des Kabelmantellängswiderstandes und darüber ein weiterer Kunststoffaußenmantel aufgebracht.

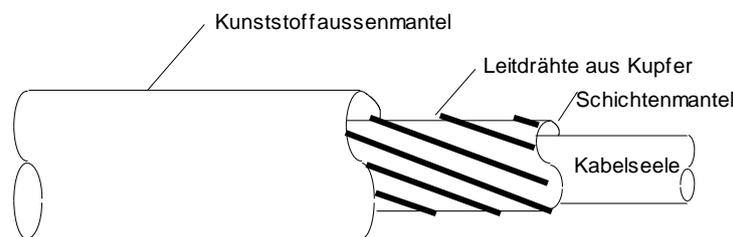


Abbildung 23: Aufbau eines Kabels mit Induktionsschutz

- Normbaureihe DB
Um die Kopplung zwischen der Leitschicht aus Kupferdrähten und der Kabelseele zu verbessern wird zusätzlich zu den Kupferleitdrähten (Baureihe D) noch eine Stahlbandbewehrung und darüber ebenfalls ein Kunststoffaußenmantel aufgebracht werden

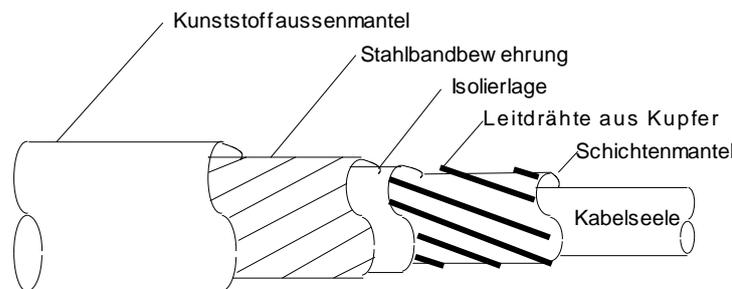


Abbildung 24: Aufbau eines Kabels mit Induktionsschutz

Der Strom der beeinflussenden Anlage induziert in das beeinflusste Kabel und in die darüber liegenden Leitdrähte eine Spannung. Infolge der beidseitigen Erdung der Leitdrähte kommt es zu einem Stromfluss, der nun ebenfalls eine Spannung in die beeinflusste Leitung induziert. Diese Spannung ist der ursprünglich induzierten Spannung entgegengerichtet und führt somit zu einer Reduktionswirkung. Je niederohmiger die Lage aus Kupferdrähten ist, umso größer ist die Reduktionswirkung und umso kleiner wird damit der Reduktionsfaktor.

Die zusätzliche Stahlbandbewehrung bei der Baureihe DB sorgt für eine verbesserte Kopplung zwischen den Leitdrähten und den Adern des Kommunikationskabels. Der Reduktionsfaktor kann somit nochmals deutlich verringert werden. Allerdings ist der Reduktionsfaktor wegen der Permeabilität der Stahlbandbewehrung abhängig von der Höhe der eingekoppelten Spannung

D.2 Reduktions-Schutzeinrichtungen

Zum Schutz von TK-Anlagen gegen Beeinflussungsspannungen im Normalbetrieb (Grund- und Oberwellenspannungen) werden Reduktionsschutzeinrichtungen eingesetzt.

Man unterscheidet zwischen aktiven (ARS) und passiven (PRS) Reduktionsschutzeinrichtungen, wobei heute nur noch die passiven Reduktionsschutzeinrichtungen neu zum Einsatz kommen.

Die Wirkungsweise beider Systeme beruht auf dem Transformatorprinzip. Durch die Schutzeinrichtung wird in die Adern des beeinflussten Kabels eine um ca. 180 Grad phasenverschobene Kompensationsspannung eingekoppelt, so dass sich die Summenspannung fast zu Null ergänzt.

Mit der Bezeichnung „passiv“ wird gekennzeichnet, dass das Schutzgerät ohne Verstärker und damit ohne Stromversorgungseinheit betrieben wird.

Passive Reduktions-Schutzeinrichtung (PRS)

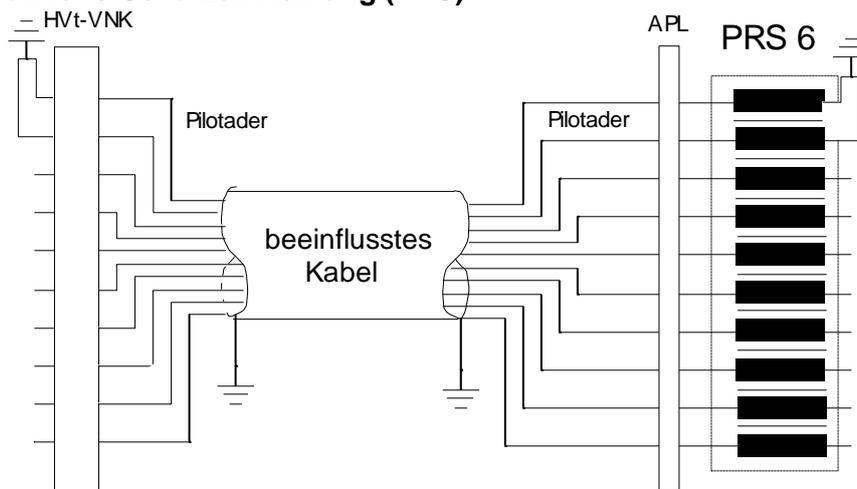


Abbildung 25: Prinzip Schaltbild Passiver Reduktionsschutz (PRS)

Die Sekundärwicklung des PRS besteht aus einem Kabelbündel, welches an die zu schützenden Adern des beeinflussten Kabels angeschlossen wird.

Die Primärwicklung der Schutzeinrichtung wird unmittelbar an eine beeinflusste Doppelader (Pilotader) angeschlossen, die an beiden Enden geerdet sein muss (siehe Abbildung 25). Die Pilotader ist somit auf Dauer nicht für andere Zwecke nutzbar.

Es werden PRS für 1, 6, 12 und 25 Doppeladern eingesetzt. Die erforderliche Erdung der Schutzeinrichtung erfolgt dort durch den Anschluss an den Gebäude-Potentialausgleich oder an der Erdungsanlage der TK-Anlage.

Der PRS1 funktioniert nach dem Prinzip der stromkompensierten Drossel. Er wird hauptsächlich zur Reduktion von Geräuschen auf einzelnen Doppeladern eingesetzt.

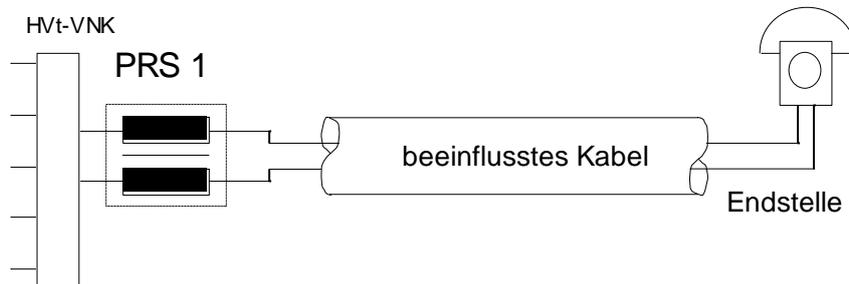


Abbildung 26: Passiver Reduktionsschutz für 1 Doppelader (PRS1)

Die technischen Daten zum PRS enthält Tabelle 10.

Zum Schutz gegen Beeinflussungsspannungen im Fehlerfall ist der zusätzliche Einbau von Überspannungsableitern in den Abschlusseinrichtungen der TK-Anlage erforderlich.

Bezeichnung	DA-Zahl	Abmessungen BxHxT (cm)	Zulässige Beeinflussungsspannung in V	
			16,7 Hz	50 Hz
PRS 1	1	19x12x15	90	270
PRS 6/KVz	6	19x30x15	90	270
PRS 6	6	38x38x21	90	270
PRS 12	12	38x38x21	100	300
PRS 25	25	50x50x30	100	300

Tabelle 10: Technische Daten des passiven Reduktionsschutzes (PRS)

D.3 Überspannungsableiter (ÜsAg)

Zum Schutz von TK-Anlagen gegen Beeinflussungsspannungen werden die Kabeladern an den Leitungsenden mit Überspannungsableitern (ÜsAg = Übersspannungs- Ableiter, gasgefüllt) beschaltet.

Die technischen Daten für die Ableiter Bauformen sind der Tabelle 11 zu entnehmen.

Die Nennansprechgleichspannung von 230 V entspricht einem Effektivwert von 163 Volt Wechselspannung. Zusätzlich muss die untere Toleranzgrenze der Ableiter von –20% berücksichtigt werden, so dass ÜsAg nur bis zu einer Normalbetriebsbeeinflussung bis 130 V_{eff} geeignet sind. Die Lichtbogenbrennspannung des Überspannungsableiters wird bei der Dimensionierung vernachlässigt.

In TK-Leitungen überwiegt der ohmsche Leitungswiderstand, so dass Spannung und Strom nahezu phasengleich sind. Nach dem Löschen des Überspannungsableiters im Nulldurchgang der Beeinflussungsspannung kommt es in der Regel zu keinen Rückzündungen.

Zur sicheren Löschung im Fall einer zusätzlichen Gleichspannung (Betriebsgleichspannung) darf nach dem Abklingen der Beeinflussungsspannung der Folgegleichstrom nicht größer als 0,5 A sein. Normalerweise wird dieser Strom durch den Innenwiderstand der TK-Einrichtungen auf diesen zulässigen Wert begrenzt.

ÜsAg werden in Schaltpunkten von vermittelnden Netzknoten und Übertragungsstellen des Liniennetzes und der Inhouse-Netze eingesetzt.

Die Erdung der Überspannungsableiter erfolgt durch den Anschluss an den Gebäude-Potentialausgleich oder durch den Anschluss an der Erdungsanlage der TK-Anlage.

Bauform	Nennansprechgleichspannung [Volt]	Größe [mm]	Nennableitstoßstrom [kA]	Nennableitwechselstrom [A]
F	230 V + 25% (287 V) – 20% (184 V)	8,5 x 20,0	20	20
H		8,0 x 6,0	20	10
T ¹		8,0 x 10,0	20	10

1) T-Ableiter = Dreipunktableiter

Tabelle 11: Technische Daten der Überspannungsableitern, gasgefüllt

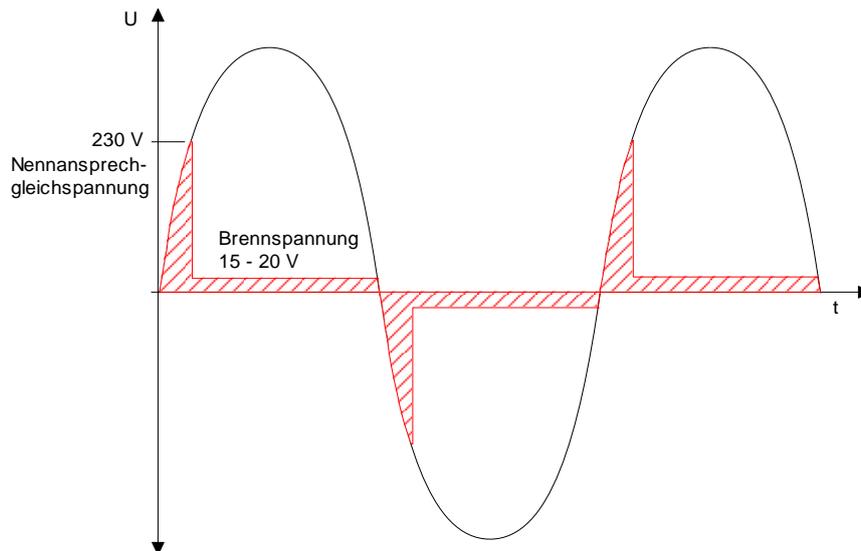


Abbildung 27: Ansprechverhalten eines ÜsAg bei 50 Hz

D.4 Kompensationsleiter

Als Kompensationsleiter wird ein beidseitig geerdeter Leiter bezeichnet, der sich in der Nähe einer beeinflussenden oder beeinflussten Anlage befindetet.

Der Strom der beeinflussenden Anlage induziert in die beeinflusste Leitung und in den Kompensationsleiter eine Spannung. Infolge der Erdung des Kompensationsleiters kommt es zu einem Stromfluss, der nun ebenfalls eine Spannung in die beeinflusste Leitung induziert. Diese Spannung ist jedoch der durch die beeinflussende Anlage eingekoppelten Spannung entgegen gerichtet und führt damit zu einer Reduktionswirkung.

Als Kompensationsleiter wirken folgende Anlagen oder Leiter:

- beidseitig geerdete Leiter von Kommunikationskabeln, z.B. metallene Kabelmäntel, beidseitig mit Überspannungsableitern beschaltete oder direkt geerdete Adern
- metallene Mäntel oder Schirme von Starkstromkabeln
- Erdseile von Hochspannungsfreileitungen
- Schienen und Rückleiterseile von Eisenbahnstrecken
- erdfühige oder geerdete Anlagen mit größerer Längenausdehnung z.B. Gas- und Wasserleitungen oder Tunnelbauwerke

Das vorübergehende Erden freier Doppeladern von TK-Leitungen ist jedoch nur als eine zeitlich begrenzte Maßnahme vorzusehen.

In den Abbildung 28 und Abbildung 29 sind die Reduktionsfaktoren angegeben, die durch das vorübergehende beidseitige Erden freier Adern erreichbar sind.

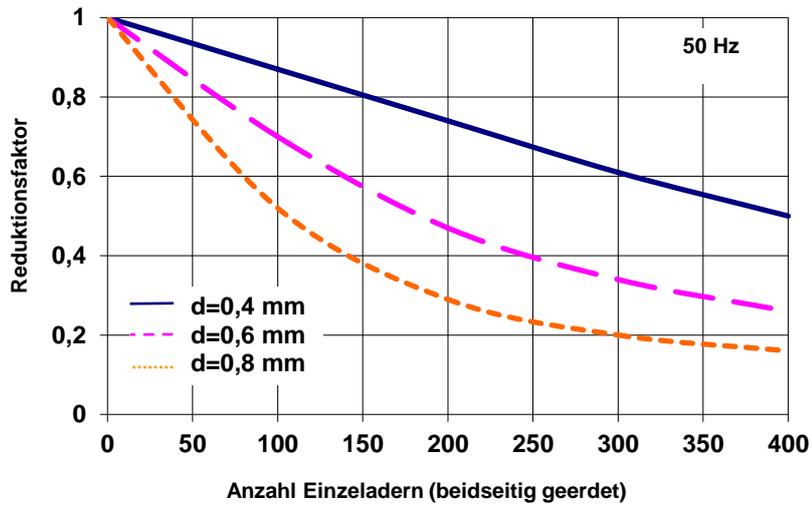


Abbildung 28: Reduktionsfaktoren beim vorübergehenden Erden von Tk-Adern bei 50 Hz

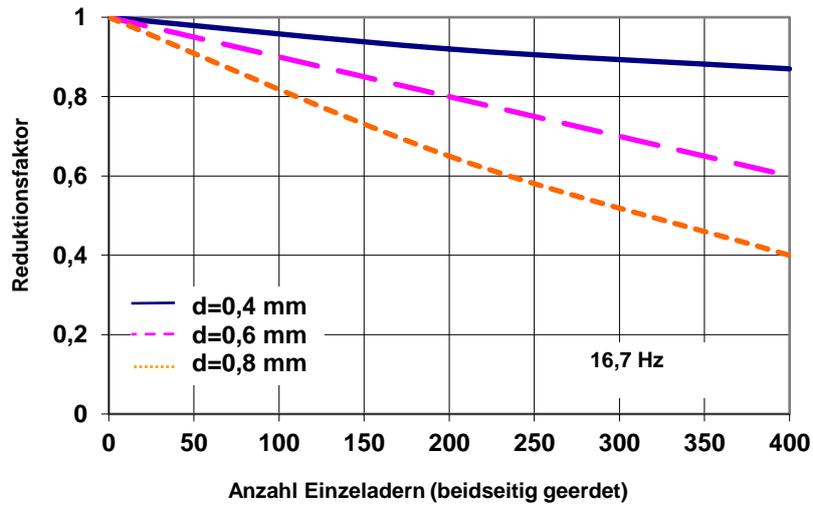


Abbildung 29: Reduktionsfaktoren beim vorübergehenden Erden von Tk-Adern bei 16,7 Hz

Anhang E

Einsatz von ÜsAg und LARZA

Die Vorgehensweise bezüglich des Einsatzes von Überspannungsableitern ist in dem nachfolgenden Flussdiagramm dargestellt. Die Ermittlung der einzelnen Einflussgrößen wird in den nachfolgenden Abschnitten erläutert.

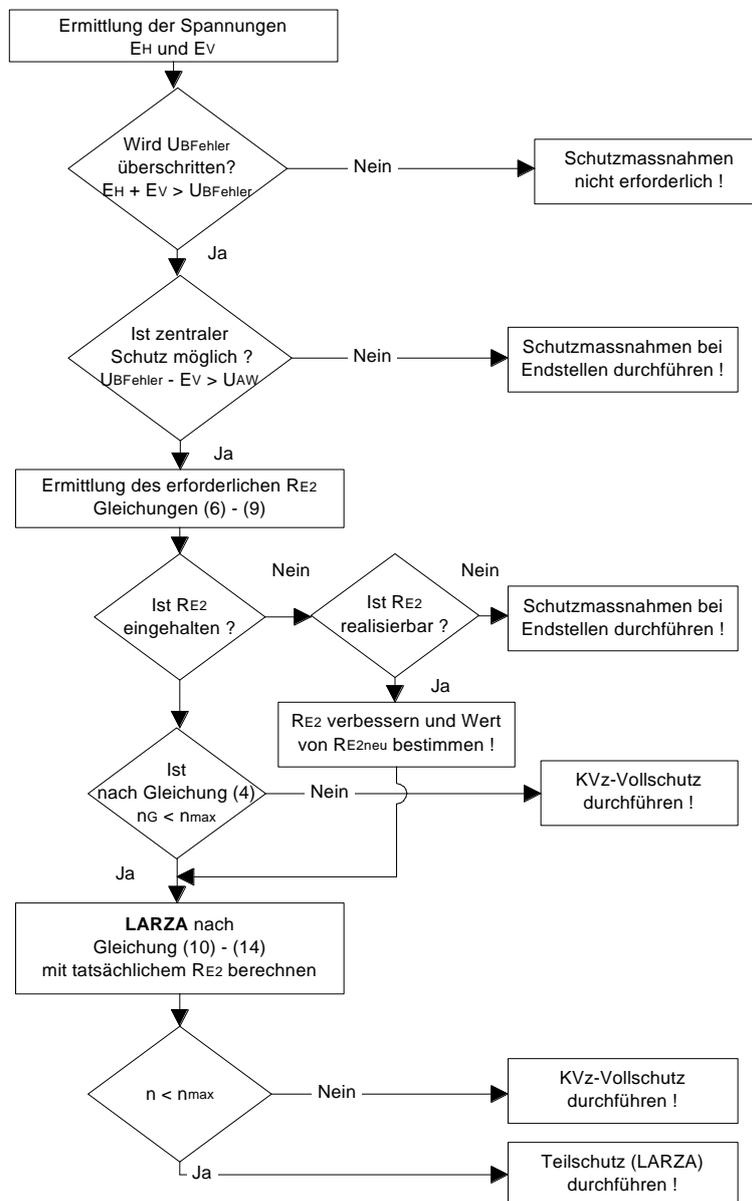


Abbildung 30: Ablaufdiagramm zur Ermittlung des Einsatzes von ÜsAg

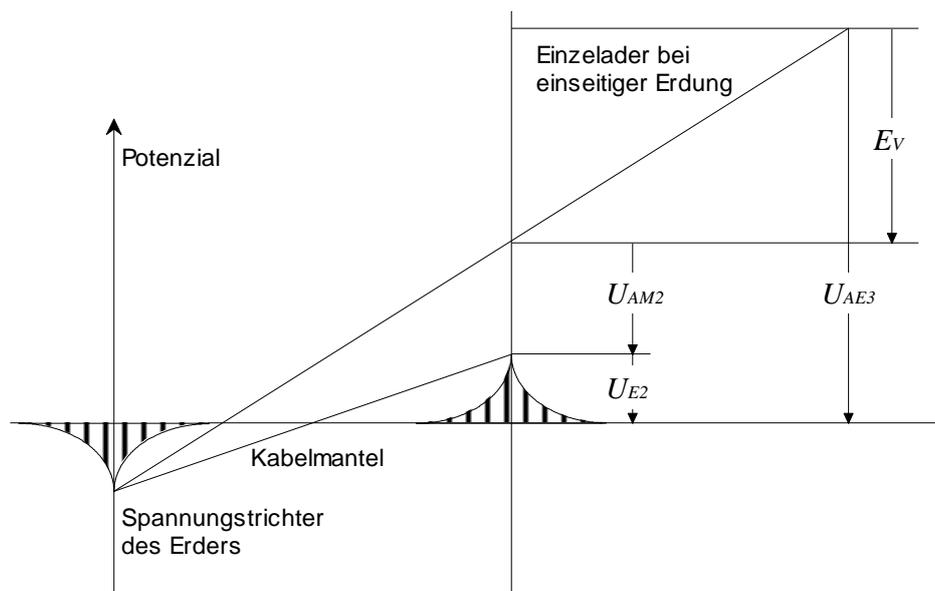
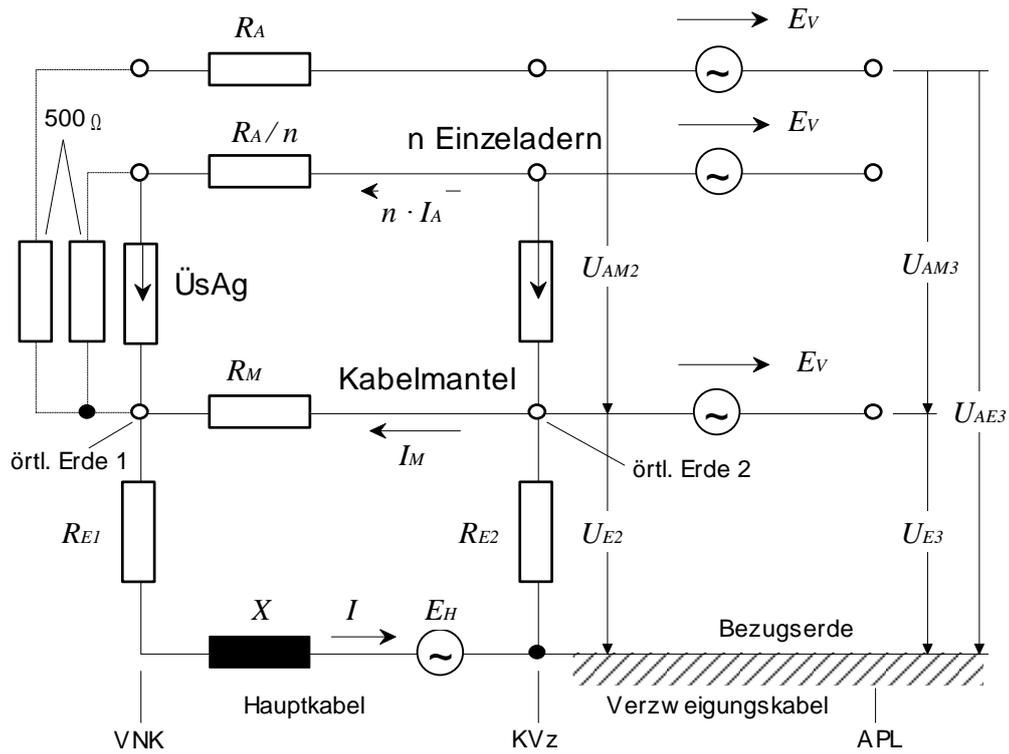


Abbildung 31: vereinfachtes Ersatzschaltbild der Beeinflussung und der Potentiale von Erdern, Kabelmantel und Adern

E.1 Potentiale und Spannungen an TK-Adern bei Beeinflussung im Fehlerfall

Die Adern mit gezündeten Ableitern sind zusammengefasst (RA/n) und beidseitig mit dem Ableiter Symbol gekennzeichnet. Für die Adern ohne gezündete Ableiter ist exemplarisch eine Ader (R_A) eingetragen.

Der zentrale Schutz im TK-Schrank ist möglich, falls die Spannung U_{AE3} beim Zünden der ÜsAg den Grenzwert nach Tabelle 3 nicht überschreitet.

Die Anschaltung von ÜsAg sollte in zentralen Schaltpunkten (TK-Schrank, HVt) angestrebt werden.

$$U_{AE3} = E_V + I \cdot R_{E2} + I \cdot R_P \quad (1)$$

$$\text{mit } I = \frac{E_H}{\sqrt{(R_P + R_{E1} + R_{E2})^2 + X^2}} \quad (2)$$

$$\text{und } R_P = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_M} + \frac{n}{R_A}\right)} \quad (3)$$

E.2 Ermittlung des erforderlichen Erdungswiderstandes der TK-Schränke

Der bei einem zentralen Schutz im TK-Schrank für die Einhaltung des Spannungsgrenzwertes $U_{BFehler}$ maximal zulässige Erdungswiderstand ist abhängig von der Anzahl der bei diesem Grenzfall ansprechenden Ableiter n_G zu ermitteln:

$$n_G = R_A \left(\frac{\frac{E_H^2}{U_{AW}^2} - k_n^2}{\sqrt{R_{E1}^2 \cdot k_n^2 + \left(\frac{E_H^2}{U_{AW}^2} - k_n^2\right) \cdot (R_{E1}^2 + X^2) + R_{E1} \cdot k_n}} - \frac{1}{R_M} \right) \quad (4)$$

$$\text{mit } k_n = \frac{(U_{BFehler} - E_V)}{U_{AW}} \quad (5)$$

Der zentrale Schutz im TK-Schrank ist nicht realisierbar, falls die Spannung im Verzweigungskabelbereich E_V größer ist als $(U_{BFehler} - U_{AW})$, bzw. der Wert von k_n gemäß Gleichung (5) einen Wert < 1 ergibt. Für diesen Fall ist der dezentrale Schutz an der Endstelle erforderlich.

Bestimmung des maximal zulässigen Erdungswiderstand des TK-Schrankes R_{E2} :

Fall A : dezentraler Schutz, im KVz sprechen keine ÜsAg an

$n_G < 0$ (durch die Reduktionswirkung des Kabelmantels sprechen keine Ableiter an)

$$R_{E2} = \frac{R_{E1} + \sqrt{R_{E1}^2 \cdot k_R + X^2 \cdot (k_R - 1)}}{k_R - 1} - R_M \quad (6)$$

$$\text{mit } k_R = \frac{E_H^2}{(U_{BFehler} - E_V)^2} \quad (7)$$

Fall B : dezentraler Schutz, einige ÜsAg sprechen an

$0 < n_G < n_{max}$

$$R_{E2} = \frac{k_n - 1}{\left(\frac{1}{R_M} + \frac{n_G}{R_A} \right)} \quad (8)$$

Fall C : dezentraler Schutz, alle ÜsAg im KVz sprechen an

$n_G > n_{max}$ (alle Überspannungsableiter sprechen an)

Der kleinere Wert aus den Formeln (9a) und (9b) ist zu verwenden.

$$R_{E2} = \frac{k_n - 1}{\left(\frac{1}{R_M} + \frac{n_{max}}{R_A} \right)} \quad (9a)$$

$$R_{E2} = \frac{\sqrt{k_R \cdot (R_{E1} + R_P)^2 + X^2 \cdot (k_R - 1)} + R_{E1} + R_P}{k_R - 1} - R_M \quad (9b)$$

mit R_P nach Gleichung (3); wobei $n = n_{max}$ ist
und k_R nach Gleichung (7)

E.3 Latenter Adern-Reduktionsfaktor beim Zünden der Ableiter (LARZA)

Durch das Zünden der Überspannungsableiter werden, wenn man die Lichtbogenbrennspannung vernachlässigt, die Adern des Kabels dem metallenen Mantel parallel geschaltet. Damit wird der Gesamtleitwert erhöht und die Kabelmantellängsspannung entsprechend reduziert. Dieser Reduktionsfaktor wird LARZA genannt. Bei einem höherpaarigen Kabel werden im Beeinflussungsfall nicht alle Ableiter zünden, weil durch das Zünden einer gewissen Anzahl von Ableitern die Spannung bereits soweit reduziert worden ist, dass die Ansprechspannung zum Zünden weiterer Ableiter nicht mehr erreicht wird.

Die Anzahl der ansprechenden Überspannungsableiter lässt sich bei bekannten Erdungswiderständen R_{E1} und R_{E2} nach folgender Gleichung ermitteln:

$$n = R_A \left(\sqrt{\frac{R_E^2}{Z^4} + \frac{1 - k_L^2}{k_L^2 \cdot Z^2}} - \frac{R_E}{Z^2} - \frac{1}{R_M} \right) \quad (10)$$

$$\text{mit } R_E = R_{E1} + R_{E2} \quad (11)$$

$$Z^2 = R_E^2 + X^2 \quad (12)$$

$$k_L = \frac{U_{AW}}{E_H} \quad (13)$$

Ist die Erdungsspannung am Einbauort der Überspannungsableiter nicht relevant, so kann für k_L der Ausdruck

$$k_L = \frac{U_{BFehler}}{E_H} \quad (14)$$

gesetzt werden. Es wird dann die Anzahl von Ableitern ermittelt, bei der die Spannung U_{AM} die Werte nach Tabelle 3 nicht überschreitet.

Auf die nach Gleichung (10) ermittelte Anzahl von Überspannungsableitern ist ein Sicherheitszuschlag von 10 % vorzusehen.

E.4 Realisierung von Erdungswiderständen

Werden die Überspannungsableiter zentral in einem Netzknoten (CO) und in einem TK-Schrank eingebaut, so sind die Erdungswiderstände besonders zu beachten.

Netzknoten

Für Netzknoten wird in der Berechnung ein Erdungswiderstand von $R_{EI} = 0,5 \Omega$ angenommen.

TK-Schrank

Der Erdungswiderstand R_{E2} der Erdungsanlage eines TK-Schranks und der evtl. daran angeschlossenen erdfühiligen Kommunikationskabel kann im Anhang A.4 abgeschätzt werden. Ist eine Abschätzung nicht möglich, oder ergibt sich hierbei ein Wert in der Größe des erforderlichen R_{E2} , so ist der Erdungswiderstand messtechnisch nach Abschnitt 5.4 zu ermitteln.

Werden im Bereich eines TK-Schranks größere bauliche Veränderungen vorgenommen, oder werden größere Längen erdfühligere Kommunikationskabel ausgewechselt, wodurch eine nennenswerte Änderung des Erdausbreitungswiderstandes zu erwarten ist, ist die Schutzmaßnahme neu zu überprüfen.

Liegt der Erdungswiderstand über dem nach Anhang E.2 erforderlichen Wert, so kann eine Verbesserung durch Anschluss weiterer, in der Umgebung vorhandener Erdungsanlagen erreicht werden. Hierzu sind über den Kabelmantel der Verzweigungskabel z.B. die Erdungsanlagen umliegender Bauwerke heranzuziehen, indem bei den Endstellen im Abschlusspunkt des Liniennetzes (APL) die Kabelmäntel mit der Potentialausgleichsschiene bzw. bei Niederspannungsnetzen der Netzform TN-Netz mit dem PEN-Leiter verbunden werden.

Liegt der zu schützende TK-Schrank in einem Gebiet geschlossener Bebauung, so gilt für die Berechnung ein Erdungswiderstand von $R_{E2} = 2 \Omega$ ohne weiteren Nachweis als eingehalten, wenn drei Erdungsanlagen von Bauwerken in unmittelbarer Umgebung des TK-Schranks angeschlossen sind. In Gebieten, in denen keine geschlossene Bebauung vorliegt, ist nach dem Anschluss von drei Erdungsanlagen der Erdausbreitungswiderstand messtechnisch zu überprüfen.

E.5 Schutzmaßnahmen bei Endstellen

Ist der Schutz durch den zentralen Einbau von Überspannungsableitern im TK-Schrank nicht möglich, so sind diese direkt bei den Endstellen im Abschlusspunkt des Liniennetzes (APL) zu installieren.

Die Erdung für die Schutzeinrichtungen ist durch den Anschluss an den PotA des Bauwerks herzustellen. Ist in alten Bauwerken kein Potentialausgleich vorhanden, so ist die Erdung der Schutzeinrichtungen je nach Netzform des Niederspannungsnetzes wie folgt durchzuführen:

- In TN-Netzen durch Anschluss an den PEN-Leiter
- In TT-Netzen durch Anschluss an den PE-Leiter bzw. an den örtlichen Erder.

Entstehen aufgrund der örtlichen Verhältnisse unverhältnismäßig hohe Aufwendungen für die Herstellung der Erdungsverbindung, so ist als Ersatz ein Tiefenerder oder bei Neuverlegung des Anschlusskabels ein Oberflächenerder in den Kabelgraben einzubringen.

Anhang F

Rechtsvorschriften, Vereinbarungen und Normen

Kurzbezeichnung	Titel
Schiedsstellen-Vereinbarung	Vereinbarung zur Behandlung von Beeinflussungen zwischen elektrischen Energieanlagen und Anlagen der Informations- und Telekommunikationstechnik
SfB - Technische Empfehlung Nr 1	Anleitung zur Berechnung der in Fernmeldeleitungen durch Starkstromleitungen induzierten Spannungen
SfB - Technische Empfehlung Nr 2	Richtlinie über hochspannungsbeeinflusste Nachrichtenanlagen (außer Blockleitungen) für den Bahnbetrieb
SfB – Technische Empfehlung Nr 8	Anleitung zur rechnerischen und messtechnischen Ermittlung der Reduktionwirkung von Kompensationsleitern
SfB-Dokument 474	Behandlung von Schadensfällen bei Beeinflussung durch Doppelerdschluss
Vorgehensweise bei DE	Anleitung zur Vorgehensweise der Beteiligten bei Schäden durch Doppelerdschluss

Kurzbezeichnung	Titel
DIN EN 50122-1 VDE 0115-3	Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Elektrische Sicherheit, Erdung und Rückleitung – Teil 1: Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag
DIN EN 50522 VDE 0101-2	Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV
DIN VDE 0141	Erdungen für spezielle Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV
DIN EN 50341-1 VDE 0210-1	Freileitungen über AC 1 kV – Teil 1:Allgemeine Anforderungen – Gemeinsame Festlegungen
DIN VDE 0105-100	Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen
DIN VDE 0845-6-1	Maßnahmen bei Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen durch Starkstromanlagen – Teil 1: Grundlagen, Grenzwerte, Berechnungs- und Messverfahren
DIN VDE 0845-6-2	Maßnahmen bei Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen durch Starkstromanlagen – Teil 2: Beeinflussung durch Drehstromanlagen
DIN VDE 0845-6-3 Z:z Entwurf 04/2018	Maßnahmen bei Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen durch Starkstromanlagen – Teil 3: Beeinflussung durch Bahnanlagen
DIN EN 50174-3 VDE 0800-174-3	Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung – Teil 3: Installationsplanung und Installationspraktiken im Freien
ITU-T K.33	Limits for people safety related to coupling into telecommunication system from a.c. electric power and a.c. electrified railway installations in fault conditions
ITU-T K.53	Values of induced voltages on telecommunication installations to establish telecom and A.C. power and railway operators responsibilities

Behandlung von Schadensfällen bei Beeinflussung durch Doppelerdschluss

Die Schiedsstelle bündelt auf dem Gebiet der Beeinflussungsfragen im Wesentlichen den aktuellen Sachverstand. Deshalb haben die Partner der Schiedsstelle in ihrer Satzung festgelegt, diesbezügliche Beschlüsse verbindlich anzuerkennen. Ziel der SfB ist es, innerhalb des Forums „SfB-Sitzung“ offene Schiedsfälle durch die vorhandene Sachkompetenz einvernehmlich zu lösen.

In der Vergangenheit kam es bei der Behandlung von Schäden durch Doppelerdschlüsse zwischen den an den Schadensfällen Beteiligten in Einzelfällen zu Meinungsverschiedenheiten darüber, ob der Betreiber der Anlage, an der der Doppelerdschluß aufgetreten ist und durch den ein Schaden an einer Telekommunikationsanlage verursacht wurde, diesen Schaden zu regulieren hat, wenn die beschädigte Telekommunikationsanlage keinen Schutz gegen Doppelerdschluss besaß.

In diesem Sinne stellt die Schiedsstelle die herrschende Meinung zu dem Thema „Doppelerdschluss“ wie folgt dar:

1. Nach den derzeit gültigen Normen (DIN VDE 0845-6) sind Schutzmaßnahmen gegen Schäden durch das Auftreten von Doppelerdschlüssen nicht erforderlich. Nach übereinstimmender Ansicht der Mitglieder der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen müssen Schutzmaßnahmen auch heute nicht getroffen werden, weil dies nach wie vor dem Stand der Technik sowie diesen Normen entspricht. Der Aufwand, der zur Erzielung eines Schutzes vor Schäden durch das Auftreten von Doppelerdschlüssen notwendig wäre, steht in keinem vernünftigen Verhältnis zur üblicherweise eintretenden Schadenshöhe unter Berücksichtigung der geringen Häufigkeit des Auftretens der schadensverursachenden Beeinflussung. Deshalb ist die Schiedsstelle der Ansicht, dass das Unterbleiben von solchen Schutzmaßnahmen kein pflichtwidriges Unterlassen des Betreibers der beschädigten Anlagen darstellt.
2. Die Schiedsstelle geht weiterhin davon aus, dass im Falle des Auftretens von Schäden durch einen Doppelerdschluss der Betreiber der den Schaden verursachenden Anlage diesen Schaden reguliert. Dies gilt jedoch nur unter folgenden Voraussetzungen, die sämtlich vorliegen müssen:
 - a) Es liegt nachweislich ein Fall des Doppelerdschlusses vor. Soweit nach Art und Ausmaß des Schadens an der beschädigten Anlage ein Doppelerdschluss als Schadensursache zu vermuten ist, hat der Betreiber der verursachenden Anlage dem Betreiber der beschädigten Anlage Auskunft darüber zu erteilen, ob ein Doppelerdschluss zum Schadenszeitpunkt vorlag.
 - b) Die Ermittlung der Schadensursache erfolgt gemeinsam unter den Beteiligten. Ob die Schäden durch Doppelerdschluss verursacht werden konnten, beurteilt sich gemäß den Technischen Empfehlungen 1 und 3 der Schiedsstelle.
 - c) Der Geschädigte hat die beschädigte Anlage unter Einhaltung der einschlägigen technischen Regelwerke betrieben, weshalb ein Mitverschulden des Geschädigten in dieser Hinsicht ausgeschlossen werden kann.

Anleitung für das Vorgehen bei Schäden durch Doppelerdschluss (DE)

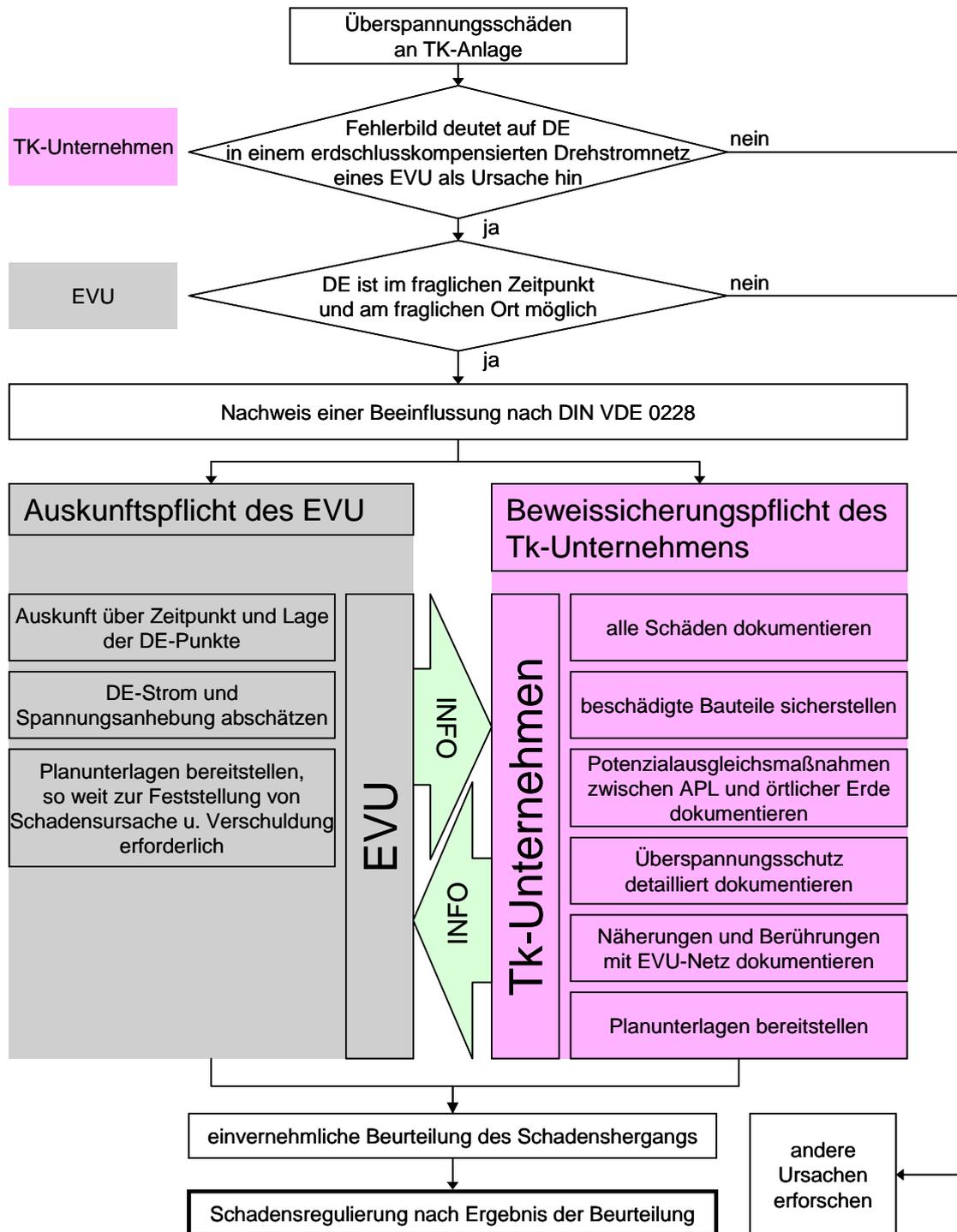


Abbildung 32: Anleitung zur Vorgehensweise bei Schäden durch Doppelerdschluss

Anhang G

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen

Kurzzeichen	Bedeutung
a, a	Näherungsabstand zwischen Hochspannungs- und TK-Anlage
E_H	Induzierte Spannung im Hauptkabel
E_V	Induzierte Spannung im Verzweigungskabel
F	Frequenz des beeinflussenden Stromes
I	Beeinflussender Strom
I_A	Strom in der Einzelader des Hauptkabels
I_B	Beeinflussender Betriebsstrom
I_E	Erdungsstrom
I_F	Fehlerstrom
I_K	Beeinflussender Kurzschlussstrom
I''_{K1}	Einpoliger Kurzschlussstrom (Anfangskurzschlusswechselstrom)
I_M	Mantelstrom des Hauptkabels
L'	Längenbezogene Induktivität der Schleife Leiter-Erde. $L' = 2\text{mH/km}$
ℓ	Näherungslänge bzw. Länge des beeinflussten Hauptkabels
M'	Längenbezogene Gegeninduktivität zwischen den Schleifen Hochspannungsleitung - Erde und TK-Leitung - Erde
n_G	Anzahl der Einzeladern mit gezündeten ÜsAg
n_{max}	Anzahl der Einzeladern des Hauptkabels
R	Gesamtreduktionsfaktor
r_K	Kabelmantelreduktionsfaktor
R_{E1}	Erdungswiderstand des Schaltpunktes 1 (VNK/ Bild A 5.2)
R_{E2}	Erdungswiderstand des Schaltpunktes 2 (KVz/ Bild A 5.2)
R_i	Eingangswiderstand (Innenwiderstand) eines Messgerätes
R_M	Kabelmantellängswiderstand des Hauptkabels
R_A	Längswiderstand einer Einzelader
T	Dauer des Fehlstromes

Kurzzeichen	Bedeutung
U_{AE}	Spannung zwischen Ader und Erde
U_{AM}	Spannung zwischen Ader und Mantel des Kommunikationskabels
U_{AW}	Ansprechwechselfeldspannung der ÜsAg. Für 230V-Ableiter ist $U_{AW} = 230V / \sqrt{2} = 163 \text{ Veff}$
$U_{BFehler}$	Beeinflussungsspannung im Fehlerfall
$U_{BNormal}$	Beeinflussungsspannung im Normalbetrieb
U_E	Erdungsspannung
U_g	Geräuschspannung
U_q	Querspannung
U_L	Längsspannung
U_{LE}	Spannung Leiter - Erde
U_N	Nennspannung
U_T	Berührungsspannung
X	Reaktanz der Schleife Hauptkabel - Erde $X = \omega \cdot L' \cdot \ell$ für 50 Hz $\Rightarrow X = 0,628 \Omega/\text{km} \cdot \ell$ für 16,7 Hz $\Rightarrow X = 0,210 \Omega/\text{km} \cdot \ell$
Z_E	Erdungsimpedanz
ω	Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f$
ρ_E	Spezifischer Bodenwiderstand

Anhang H

Verzeichnis der Abkürzungen

H.1 Kurzzeichen von Kommunikationskabelbezeichnungen

Kurzzeichen	Bedeutung
A-	Außenkabel
AJ-	Außenkabel mit Induktionsschutz
B	Bewehrung (hier: Stahlbänder für Induktionsschutz)
BD	Bündelverseilung
D	Konzentrische Lage aus Kupferdrähten
E	Masseschicht mit eingebettetem Kunststoffband
F(L)2Y	Füllung in der Kabelseele und Schichtenmantel
H	Isolierhülle oder Mantel aus halogenfreiem Werkstoff
LG	Lagenverseilung
(L)2Y	Schichtenmantel
M	Bleimantel
P	Isolierhülle aus Papier
ST...	Stern-Vierer verschiedener Qualität
W	Stahlwellmantel
Y	Schützhülle PVC
2Y	Isolierhülle, Mantel oder Schützhülle aus PE
02Y	Isolierhülle aus Zell-PE
02YS	Isolierhülle aus Foamskin-PE

Beispiel : AJ-02Y(L)2Y1D2Y 400x2x0,6 St III BD

AJ = Außenkabel mit Induktionsschutz
 02Y = Isolierung der Ader aus Zell-PE
 (L) = Schichtenmantel
 2Y1D = Konzentrische Lage aus Kupferdrähten Baureihe 1
 2Y = Isolierung des Kabelmantels aus PE
 400x2x0,6 = 400 x 2 Adern mit \varnothing 0,6mm
 St III = Verseilungsart Sternvierer III
 BD = Bündelverseilung

H.2 Abkürzungen der Telekommunikationstechnik

Kurzzeichen	Bedeutung
APL	Abschlusspunkt des Liniennetzes alte Bezeichnung: EVz
ARS	Aktive Reduktionsschutzeinrichtung
ASLMUX	Anschlussleitungsmultiplexer; Multiplexsystem für 30 analoge oder digitale Kanäle
DA	Doppelader
DIV	Digitale Vermittlungsstelle
DTAG	Deutsche Telekom AG
EVs	Endverschluss
Hk	Hauptkabel, Teilabschnitt des Zugangsnetzes
HVt	Hauptverteiler
KVz	Kabelverzweiger (Kommunikationsschränke)
LARZA	Latenter Adernreduktionsfaktor beim Zünden der Ableiter
Gf	Glasfaser (Lichtwellenleiter)
NT	Network-Termination (Netzabschlussgerät)
PCM11	Multiplexsystem für 11 analoge Kanäle
PRS	Passive Reduktionsschutzeinrichtung
ÜsAg	Überspannungsableiter gasgefüllt
VN	Verbindungsnetz; Basisnetz alte Bezeichnung: Fernkabelnetz
VNK	Vermittler Netzknotten; alte Bezeichnung: VSt
Vzk	Verzweigungskabel, Teilabschnitt des Zugangsnetzes
ZN	Zugangsnetz

H.3 Abkürzungen der elektrischen Energietechnik

Kurzzeichen	Bedeutung
DB AG	Deutsche Bahn AG
EVU	Elektrizitätsversorgungsunternehmen