



TECHNISCHE EMPFEHLUNG NR. 2 der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen

Deckblatt

Richtlinie über hochspannungsbeeinflusste Nachrichtenanlagen (außer Blockleitungen) für den Bahnbetrieb

November 2004 (Ersatz für Ausgabe vom Oktober 1981)

TECHNISCHE EMPFEHLUNG NR. 2

vom November 2004

(Ersatz für Ausgabe vom Oktober 1981)

Richtlinie über
hochspannungsbeeinflusste
Nachrichtenanlagen
(außer Blockleitungen)
für den Bahnbetrieb

1. Vorwort

Diese Technische Empfehlung behandelt Schutzmaßnahmen an Nachrichtenleitungen und Nachrichtenanlagen im Bahnbereich gegen Beeinflussung durch Hochspannungsfreileitungen bei induktiver und galvanischer Kopplung. Nachrichtenanlagen im Sinne dieser Richtlinie sind sämtliche drahtgebundenen Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik (LST) (z.B. der Deutschen Bahn AG) und sämtliche drahtgebundenen Fernmeldeanlagen (z.B. von DB Telematik). Drahtgebundene Anlagen im Sinne dieser Richtlinie sind Anlagen mit Nachrichtenleitungen aus metallenen Elementen (z.B. Ader, Mantel, Schirm und/oder Nagetierschutz).

Berücksichtigt wird

- die alleinige Beeinflussung durch Drehstromanlagen mit Nennspannungen $> 1\text{kV}$ und der Betriebsfrequenz von 50 Hz und
- die gleichzeitige Beeinflussung durch Drehstromanlagen mit Nennspannungen $> 1\text{kV}$ und der Betriebsfrequenz von 50 Hz und Wechselstrombahnanlagen mit den Nennspannungen 15 kV und 110 kV und der Betriebsfrequenz 16,7 Hz

Maßnahmen gegen Geräuschstörungen in Fernmeldeleitungen durch höhere Harmonische der Grundschwingung sind in dieser Empfehlung nicht enthalten.

Die Beeinflussung von schienengebundenen Gleisfreimeldeanlagen im Zusammenhang mit Bahnrückströmen (Grund- und Oberschwingungen) ist nicht Bestandteil dieser Empfehlung. Es wird davon ausgegangen, dass nur die galvanische und induktive Beeinflussung von 50-Hz-Gleisstromkreisen durch 50-Hz-Drehstromanlagen relevant ist. 50-Hz-Gleisstromkreise werden im Bereich der Deutschen Bahn AG nur an nicht elektrifizierten Strecken verwendet. Es ist zu beachten, dass es neben der 50-Hz-Drehstromanlage weitere gleichzeitige Beeinflussungsquellen (z.B. Zugheizung/ZEV) geben kann. Der Grenzwert für den beeinflussenden 50-Hz-Strom und seine Aufteilung auf die Beeinflussungsquellen sind beim Betreiber der Gleisfreimeldeanlage zu erfragen.

Die Technische Empfehlung Nr. 2 (TE2) gibt einen Überblick der Beeinflussungsmöglichkeiten, Hinweise auf Rechen- und Messverfahren, enthält Grenzwerttabellen und ermöglicht somit die gezielte Auswahl und Dimensionierung von Schutzmaßnahmen im Sinne eines technisch-wirtschaftlich optimalen Ergebnisses. Die TE2 dokumentiert den Stand der Technik auf diesem Gebiet und enthält keine Kostenregelungen. Sie befindet sich in Übereinstimmung mit den VDE-Bestimmungen 0228/12.1987 Teile 1 und 2 sowie 0228/9.1988 Teil 3 unter Berücksichtigung des Bestandsschutzes insbesondere der Anlagen der ehemaligen DR (siehe Abschnitt 3 und Anhang 1) und ersetzt die Ausgabe vom Oktober 1981.

Die Überarbeitung der Technischen Empfehlung Nr.2 wurde notwendig, weil mit der Vereinigung der ehemaligen Deutschen Bundesbahn und Reichsbahn auch eine Harmonisierung und Aktualisierung der Regelwerke der beiden Bahnen stattfand. Die alte Technische Empfehlung Nr.2 vom Oktober 1981 behandelte nur Anlagen der ehemaligen Deutschen Bundesbahn und war deshalb nicht mehr zeitgemäß. Der vorliegende Text ist eine gekürzte und modifizierte Fassung der Richtlinie 819.08 „LST-Anlagen planen, Beeinflussung und Schutzmaßnahmen“ der Deutschen Bahn AG.

Es ist zu beachten, dass der Bahnbetrieb der Eisenbahnen des Bundes der Aufsicht des Eisenbahn-Bundesamtes unterliegt. Die Einhaltung bestimmter, mit einem Randbalken markierter Textpassagen wird vom Eisenbahn-Bundesamt als sicherheitsrelevant eingestuft und überwacht. Diese Balkenmarkierungen sind zur Information im Text belassen worden.

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorwort.....	2
2.	Einführung.....	5
2.1	Überblick.....	5
2.2	Starkstrombeeinflussung.....	6
3	Induktive Beeinflussung.....	9
3.1	Grundlagen.....	9
3.2	Zusammenhänge.....	9
3.3	Nachweis.....	11
3.4	Vorgehensweise.....	13
3.5	Messung.....	13
3.5.1	Bahnstrombeeinflussung.....	13
3.5.2	Drehstrombeeinflussung.....	15
3.6	Personenschutz.....	15
3.7	Berechnungsverfahren zur induktiven Beeinflussung.....	15
3.7.1	Berechnungsverfahren zur induktiven Beeinflussung durch Bahnstromleitungen.....	15
3.7.2	Berechnungsverfahren zur induktiven Beeinflussung durch Drehstromleitungen.....	15
3.7.3	Beeinflussung durch mehrere beeinflussende Systeme.....	15
4.	Schutzmaßnahmen.....	18
4.1	Allgemeines.....	18
4.2	Zusammenstellung der möglichen Schutzmaßnahmen.....	18
4.3	Verkürzung der Beeinflussungslänge.....	18
4.4	Kabel mit Induktionsschutz.....	21
4.4.1	Grundlagen.....	21
4.4.2	Erdung.....	24
4.4.3	Auswahl des Kabeltyps.....	27
4.5	Andere geerdete Leiter.....	29
4.6	Überspannungsableiter.....	30
4.7	Einsatz anderer Technik.....	30
Anhang 1:	Grenzwerte für LST-Anlagen der Deutschen Bahn AG (Stand 2000).....	31
Anhang 2:	Spezifische Erdleitfähigkeit für Strecken bzw. Streckenabschnitte in den neuen Bundesländern.....	49
Anhang 3:	Reduktionsfaktorkurven.....	54

2. Einführung

Vorbemerkung:

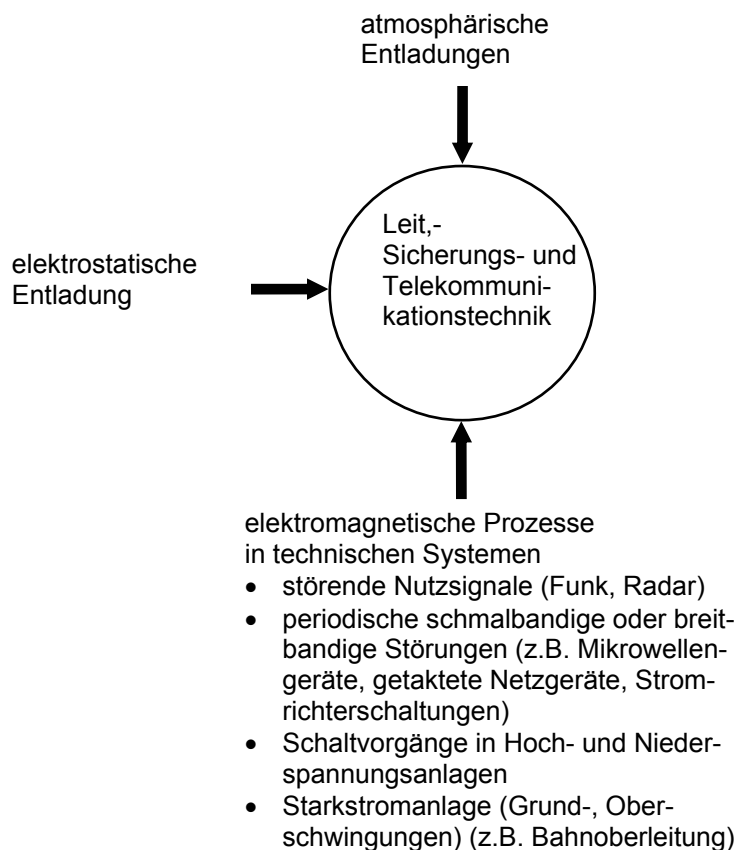
Die am Seitenrand mit einem Balken markierten Texte enthalten anerkannte Regeln der Technik, deren Beachtung vom Eisenbahn-Bundesamt überprüft wird.

2.1 Überblick

- (1) Die Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik (LST) sowie der Telekommunikationstechnik (Tk) werden durch die elektromagnetische Umwelt beeinflusst.
- (2) Im Bild 1 sind die wesentlichen Komponenten der elektromagnetischen Umwelt im Bahnbereich dargestellt.

elektromagnetische Umwelt

Bild 1 Elektromagnetische Umwelt im Bahnbereich



- (3) Historisch gewachsen, werden bei der Bahn zwei wesentliche Beeinflussungsarten unterschieden:
 - Beeinflussung durch Starkstromanlagen (Grundschwingung 16,7 Hz, 50 Hz und deren Oberschwingungen)
 - Beeinflussung durch transiente (Impulse) und hochfrequente periodische Vorgänge (siehe Bild 1)

Beeinflussungsarten

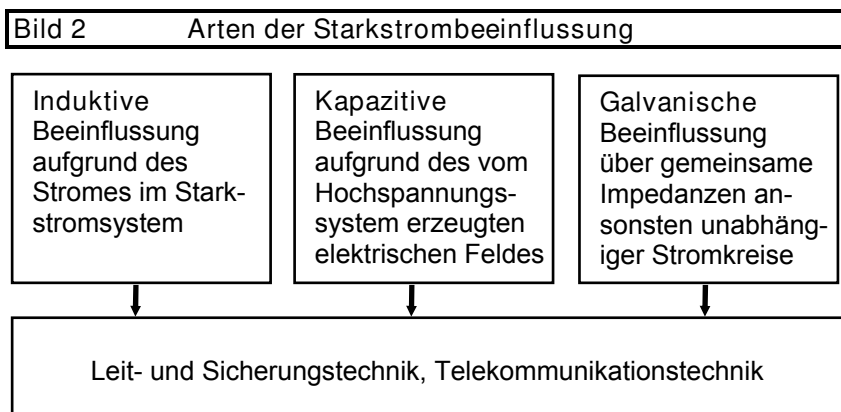
2.2 Starkstrombeeinflussung

Beeinflussungsquellen

- (1) Beeinflussende Systeme sind:
- Bahnstromanlagen der Wechselstrombahn (Ober- und Speiseleitungen, Bahnstromleitungen, Schienenrückströme, Schienenpotential, Erdungsanlagen)
 - Drehstromanlagen (Übertragungsleitung, Erdungsanlage)
 - Gleichstrombahnen (Schienenströme)
 - Energieversorgungssysteme, die die Schiene als Rückleiter einbeziehen (z.B. elektrische Zugheizung und Zugvorheizung)

Arten der Starkstrombeeinflussung

- (2) Die Starkstrombeeinflussung beinhaltet die Einkopplung von Spannungen und Strömen in LST- und Tk-Anlagen.



Gefährdung

- (3) Die verursachten Spannungen und Ströme können die Anlagen und den Menschen gefährden. Bei der Leit-, Sicherungs- und Telekommunikationstechnik kann die Sicherheit beeinträchtigt werden.

Induktive Beeinflussung

- (4) Durch einen sich zeitlich ändernden Strom werden über elektromagnetische Kopplungen in benachbarten Leitern Spannungen induziert.

Die elektromagnetische Kopplung ist relevant, wenn Kabel der Leit-, Sicherungs- und Telekommunikationstechnik über größere Längen (in der Regel mehrere 100 m) mit dem Starkstromsystem parallel geführt werden.

Kapazitive Beeinflussung

- (5) Ein an eine Spannungsquelle angeschlossener Leiter baut in seiner Umgebung ein elektrisches Feld auf. Durch kapazitive Kopplung beeinflusst das elektrische Feld benachbarte Leiter kapazitiv und ruft in ihnen Spannungen und/oder Ströme hervor.

Die kapazitive Beeinflussung muss beachtet werden, wenn Freileitungen oder Luftkabel ohne geerdeten Schirm der Leit-, Sicherungs- und Telekommunikationstechnik im Bereich (Abstand bis mehrere 10 m) von Starkstromanlagen verlaufen.

Galvanische Beeinflussung

- (6) Galvanische Beeinflussung ist die Erzeugung von elektrischen Potentialunterschieden in LST- und Tk-Anlagen infolge direkten Stromübertritts von Starkstrom- oder Hochspannungsanlagen. Außerdem erfolgt durch Anhebung des Erdpotentials durch Ströme von Starkstrom- oder Hochspannungsanlagen im Erdreich eine Potentialänderung der Erdungsanlagen.

Sicherungsanlagen, die die Schienen als Teil ihres Stromkreises benutzen (z.B. Gleisstromkreise), können durch andere Ströme in den Schienen (z.B. Traktionsrückströme) galvanisch beeinflusst werden.

- (7) Die Verantwortlichen für die Leit-, Sicherungs- und Telekommunikationstechnik müssen sicherstellen, dass die Starkstrombeeinflussung entsprechend den Tabelle 1 beachtet wird. Die Betriebsweise von Hochspannungsnetzen wird in der Technischen Empfehlung Nr.3 beschrieben.
- Notwendigkeit
der
Untersuchung

Tabelle 1 Übersicht über die Notwendigkeit der Untersuchung bei Drehstromanlagen

Drehstromanlagen			Anlagen der Leit,- Sicherungs- und Telekommunikationstechnik		
Betriebsweise	Art	Zustand	induktive Beeinflussung	kapazitive Beeinflussung	galvanische Beeinflussung
Netz mit niederohmiger Sternpunktterdung	Freileitung	Normalbetrieb	(+) ¹	-	-
		Erdkurzschluss	+	-	+
	Kabel	Normalbetrieb	-	-	-
		Erdkurzschluss	(+) ²	-	
Netz mit isoliertem Sternpunkt oder Erdschlusskompensation oder vorübergehender Sternpunktterdung	Freileitung	Normalbetrieb	(+) ¹	-	-
		Erdschluss bzw. Erdkurzschluss	-	-	(+) ³
		Doppel-erdschluss		-	
	Kabel	Normalbetrieb	-	-	-
		Erdschluss bzw. Erdkurzschluss	-	-	-
		Doppel-erdschluss	-	-	-

Bedeutung der Ziffern:

- 1) Untersuchung nur bei unmittelbarer Näherung (z.B. Luftpfeiler an Hochspannungsgestänge)
 - 2) Keine Berechnung unter folgenden Voraussetzungen:
 - Drehstromkabel mit Aluminium- oder Bleimantel oder mit Kupferschirm von mindestens 16 mm² Querschnitt, wenn bei einer Netznominalspannung von 20 kV und darunter der Erdschlussstrom ≤ 2 kA ist.
 - Drehstromkabel im Stahlrohr, wenn der Erdkurzschluss 15 kA nicht übersteigt.
 - 3) Nur in Netzen mit vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung.
- + Untersuchung erforderlich (+) Untersuchung nur unter Beachtung der Kriterien erforderlich
- keine Untersuchung erforderlich

3 Induktive Beeinflussung

3.1 Grundlagen

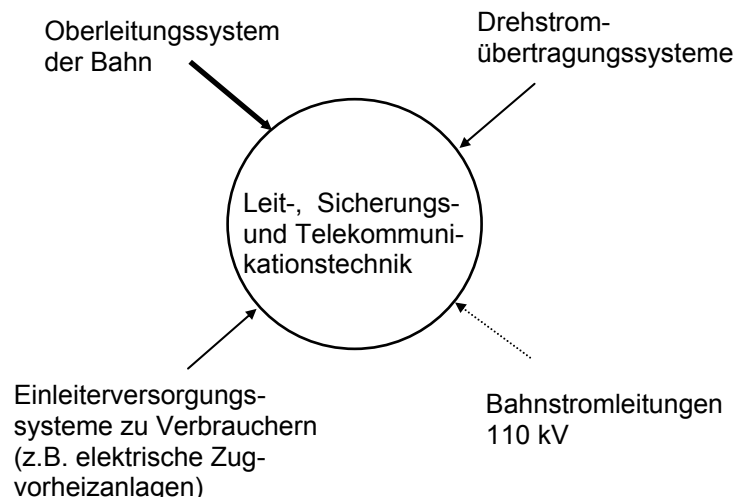
Die Grundlagen zur induktiven Beeinflussung sind in der Technischen Empfehlung Nr.1 und der VDE 0228 aufgeführt.

3.2 Zusammenhänge

- (1) Nachrichtenleitungen (LST, Tk) mit metallenen Elementen (Ader, Mantel, Schirm, Nagetierschutz) unterliegen der Starkstrombeeinflussung, die durch unterschiedliche beeinflussende Systeme verursacht werden kann.

Grundsatz

Bild 3 Beeinflussende Systeme



- (2) Der Strom im beeinflussenden System ist abhängig vom jeweiligen Betriebszustand.

Betriebszustand

- Normalbetrieb (Regelbetrieb): Das beeinflussende System arbeitet bestimmungsgerecht. Die Stromhöhe kann über längere Zeit (mehrere Sekunden und Minuten) unverändert bleiben. Die maximale Stromhöhe kann ermittelt werden.
- Erdkurzschluss/Erdschluss: Das beeinflussende System arbeitet nicht im Regelbetrieb (Fehlerfall). Beim Erdkurzschluss tritt ein hoher Strom auf, der nach kurzer Zeit abgeschaltet wird. Beim Erdschluss tritt ein Strom in der Größenordnung des Betriebsstromes auf, der länger anstehen kann. Die Stromhöhe (Kurzschlussstrom) für verschiedene Kurzschluss- bzw. Erdschlussorte kann beim Betreiber des beeinflussenden Systems ermittelt werden.

- (3) Galvanisch durchgeschaltete Verbindungen, die sich in Näherung zu Starkstromsystemen befinden, werden induktiv beeinflusst.

Beeinflusste Systeme

Alle galvanisch durchgeschalteten Verbindungen zwischen Geräten und Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik bzw. der Telekommunikationstechnik unterliegen der Beeinflussung.

Hohe Ströme im beeinflussenden System können bereits bei beeinflussten Verbindungslängen von wenigen 100 m zu unzulässig hohen Beeinflussungsspannungen führen.

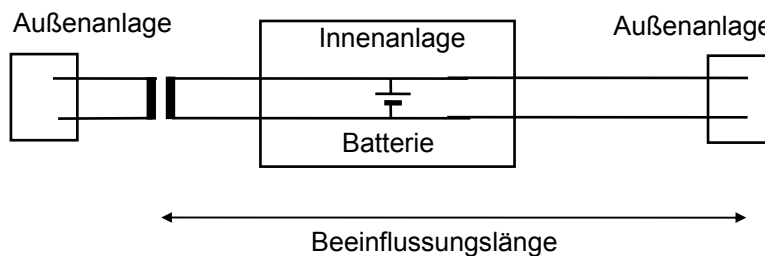
Verbindungen in Nachrichtenleitungen entlang einer elektrifizierten Strecke werden in jedem Fall beeinflusst. Die Höhe der Beeinflussungsspannung u.a. ist von den folgenden Einflussfaktoren abhängig.

Beeinflussungs-
länge

- (4) Als Beeinflussungslänge muss die galvanisch durchgeschaltete und der Beeinflussung unterliegende Verbindungslänge verwendet werden. Orte, an denen die Verbindung galvanisch getrennt ist (z.B. Trennübertrager, Wandler), sind Anfangs- bzw. Endpunkte einer Verbindung.

Es muss beachtet werden, dass in der Praxis nicht alle Verbindungen im Stellwerk oder einer anderen Zentraleinheit (z.B. EBÜT, Achszähler) galvanisch getrennt sind.

Bild 4 Beeinflussungslänge



Beeinflussungs-
dauer

- (5) Die Beeinflussungsdauer ist die Zeitdauer der Einwirkung der Beeinflussung.

Langzeit-
beeinflussung

- (6) Von der Langzeitbeeinflussung wird gesprochen, wenn sich das beeinflussende System im Normalbetrieb befindet und Betriebsstrom fließt. Gemäß VDE 0228 spricht man auch bei einem Einfacherdschluss in Netzen mit Erdschlusskompensation von Langzeitbeeinflussung. Dieser Fall ist jedoch in diesem Zusammenhang nicht relevant (siehe Tabelle 1).

Kurzzeit-
beeinflussung

- (7) Von der Kurzzeitbeeinflussung wird gesprochen, wenn sich das beeinflussende System im Fehlerfall (Erdkurzschluss) befindet und ein Fehlerstrom fließt. Der Fehlerstrom (hoher Wert) wird nach kurzer Zeit abgeschaltet.

Grenzwerte

- (8) Die Beeinflussungsspannung darf die zulässigen Grenzwerte nicht überschreiten. Die Grenzwerte sind beim Betreiber zu erfragen.

Bei neueren LST-Anlagen der Deutschen Bahn AG müssen mindestens folgende Beeinflussungsspannungen zulässig sein:

- Langzeitbeeinflussung: 250 V
- Kurzzeitbeeinflussung: 1500 V

Anmerkungen:

- 1) Die Vorgehensweise bei der Beurteilung neuer sowie bestehender Anlagen ist in Anhang 1 beschrieben.

2) Abweichend von den nach VDE 0228 zulässigen 1200 V für kurzzeitige Beeinflussung sind die 1500 V für neuere Signalanlagen unter folgenden Bedingungen zulässig:

- a. Die in der Praxis auftretenden Beeinflussungsspannungen sind keine Nennspannungen im Sinne der Starkstromtechnik
- b. Bei Arbeiten an Anlagen, die beeinflusst werden können, ist Standortisolierung und isoliertes Werkzeug zu verwenden
- c. Alle beeinflussbaren Anlagen sind entsprechend den Vorgaben der Gesetzlichen Unfallversicherung und des Betreibers zu kennzeichnen
- d. Die Signalanlagen neuer Technik sind erdfrei. Die Erdfreiheit wird überwacht.
- e. Die Anlagen sind der Öffentlichkeit nicht zugänglich)

Im Anhang 1 sind die Werte für die verschiedenen bestehenden LST-Anlagen der Deutschen Bahn AG (Stand 2002) angegeben. Die Aktualität dieser Werte ist bei der Deutschen Bahn AG zu erfragen.

3.3 Nachweis

- (1) Ist eine induktive Beeinflussung vorhanden, muss diese bei der Planung einer Anlage der Leit- und Sicherungstechnik grundsätzlich beachtet werden. Dies gilt sowohl bei Neubau und Umbau von LST- und Tk-Anlagen. Umbauten sind der teilweise oder vollständige Ersatz vorhandener LST- und Tk-Anlagen durch Anlagen anderer Bauart.

Notwendigkeit der Beachtung

An elektrifizierten Bahnstrecken ist dies grundsätzlich notwendig.

Wird das beeinflussende System nachgerüstet (z.B. nachträgliche Elektrifizierung einer Strecke), muss für die Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik die induktive Beeinflussung beachtet werden. Es muss sichergestellt werden, dass durch geeignete Beeinflussungsschutzmaßnahmen die zulässigen Beeinflussungsspannungen nicht überschritten werden.

Eine Berechnung ist auch in jedem Fall erforderlich, wenn eine Veränderung der Beeinflussungsintensität durch das beeinflussende System (z.B. Kurzschlussstromerhöhung) zu erwarten ist.

- (2) Der Nachweis für die Einhaltung der zulässigen Grenzwerte der Beeinflussungsspannung ist Bestandteil der Planunterlagen einer LST-Anlage.

Nachweisführung

Die angewandten Schutzmaßnahmen sind als Bestandteil der Unterlagen aufzuführen.

Die Einhaltung der Grenzwerte wird vom Eisenbahn-Bundesamt überprüft.

Kein
rechnerischer
Nachweis

- (3) Die Einhaltung der Grenzwerte muss nicht für Verbindungen rechnerisch nachgewiesen werden, für die aus den Beeinflussungswerten anderer vergleichbar beeinflusster Verbindungen eine unkritische induktive Beeinflussung ableitbar ist. Diese Vorgehensweise ist in den Planunterlagen zu vermerken.

Ein Beispiel dafür sind Rückschlüsse von langen Verbindungen auf kurze Verbindungen unter denselben Beeinflussungsbedingungen.

Kurznachweis

- (4) Werden für die längste galvanisch durchgeschaltete Verbindung zulässige Beeinflussungswerte festgestellt, dann sind keine weiteren Betrachtungen notwendig. Dies gilt, wenn alle anderen Verbindungen in derselben Kabeltrasse verlaufen und gleiche Grenzwerte für die Beeinflussungsspannung haben.

Nachweis für
unverändert
bestehende
Anlagen

- (5) Für LST- und Tk-Anlagen, die unverändert bestehen bleiben und für die kein Nachweis der Einhaltung der Beeinflussungsgrenzwerte verfügbar ist, wird dieser auch nicht nachgeliefert. Wird dagegen eine solche Anlage so verändert, dass sich die beeinflussungsrelevanten Bedingungen ändern, so muss der Nachweis über die Einhaltung der Beeinflussungsgrenzwerte für den Teil der Anlage, an dem Veränderungen geplant sind, erbracht werden.

Auch bei Veränderungen im System der Beeinflussungsquelle (z.B. Erhöhung der relevanten Fahrströme bzw. Kurzschlussströme, Veränderungen an der geometrischen Anordnung zwischen Beeinflussungsquelle und beeinflusster Verbindung), durch die eine Veränderung der Beeinflussungsintensität zu erwarten ist, ist nach Abschnitt 3.3 (1) zu verfahren.

3.4 Vorgehensweise

- (1) Es ist notwendig, dass alle beeinflussenden Systeme (siehe Bild 3) und beeinflussten Systeme, bei denen eine Beeinflussungsbetrachtung grundsätzlich gefordert wird, erfasst werden.
- Beim beeinflussten System müssen die vorhandenen galvanisch durchgeschalteten Verbindungen und die Grenzwerte der vorhandenen Techniken zusammengestellt werden.
- Bei umfangreichen Systemen (z.B. Stellwerke) sollte man sich zunächst auf die längsten Verbindungen beschränken. Wird bei diesen die zulässige Beeinflussungsspannung überschritten, muss die Zahl der zu betrachtenden Verbindungen auch um die mit kürzerer Länge erweitert werden.
- (2) Nach der Zusammenstellung der zu betrachtenden Verbindungen müssen die dazugehörigen Kabel und Kabeltrassen benannt werden.
- (3) Vorhandene Anlagenteile, die die Beeinflussungsintensität der betrachteten Verbindungen zusätzlich (zu den Schienen) vermindern, müssen zusammengestellt werden.
- Im Wesentlichen sind folgende zu beachten:
- Kabel mit Induktionsschutz (Reduktionsfaktorkabel)
 - hochgehängter Rückleiter (Teil des Oberleitungssystems)
 - weitere geerdete gestreckte metallene Leiter mit reduzierender Wirkung
- (4) Entsprechend Abschnitt 3.7 wird die Berechnung der Beeinflussung für die festgelegten Verbindungen durchgeführt.
- (5) Ergeben die Berechnungen unter Berücksichtigung der vorhandenen beeinflussungsreduzierenden Anlagenteile eine zu hohe Beeinflussungsspannung gemäß Anhang 1, müssen Schutzmaßnahmen (Abschnitt 4) durchgeführt werden. Diese werden in die nochmalige Berechnung einbezogen und müssen die Beeinflussungsspannung auf die zulässigen Grenzwerte reduzieren.
- (6) Ein ausreichender Beeinflussungsschutz ist erreicht, wenn bei der Beeinflussungsberechnung nachgewiesen wird, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden. Notwendige Schutzmaßnahmen müssen vorhanden sein bzw. durchgeführt werden und wirksam sein.

Feststellung der Beeinflussungssituation

Zuordnung Verbindung - Kabeltrasse

Feststellung beeinflussungsreduzierender Anlagenteile

Beeinflussungsberechnung

Festlegung von Schutzmaßnahmen

Ausreichender Beeinflussungsschutz

3.5 Messung

3.5.1 Bahnstrombeeinflussung

- (1) Eine Messung kann anstelle einer Berechnung durchgeführt werden, wenn die begründete Annahme besteht, dass die Berechnung durch unübersichtliche bzw. komplizierte Umgebungsbedingungen zu hohe Werte ergibt und daraus ein ungerechtfertigter Aufwand an Beeinflussungsschutzmaßnahmen folgen würde.

Wann

Erfordert eine Berechnung Schutzmaßnahmen, die nicht durchführbar sind, kann mittels Messung der Nachweis einer eventuell geringeren Beeinflussung erfolgen. Dabei müssen jedoch die nachfolgend im Absatz (2) genannten Voraussetzungen erfüllt sein.

Liegt die berechnete Spannung unwesentlich über dem Grenzwert, so ist zu empfehlen, die tatsächliche Spannung mit technisch-wirtschaftlich vertretbarem Aufwand zu messen.

Voraussetzung (2) Eine Messung kann die Beeinflussungssituation nur richtig widerspiegeln, wenn die gleichen bei einer Berechnung zu berücksichtigenden Ausgangsgrößen vorhanden sind. Aus diesem Grund müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

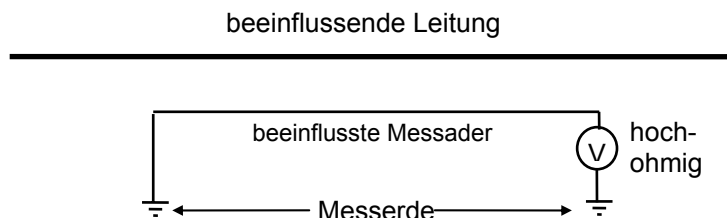
- Die Messung muss über die gesamte Beeinflussungslänge erfolgen.
- Bei der Messung der Langzeitbeeinflussung muss der Fahrstrom den jeweils gültigen Fahrstromdiagrammen entsprechen. Kann dies nicht ausreichend geklärt werden, muss eine Messung über einen längeren Zeitraum (mindestens 12 Stunden) bei hoher Streckenbelastung erfolgen.
- Eine Messung der Kurzzeitbeeinflussung ist nur möglich, wenn der Oberleitungsstrom über die gesamte Verbindung bekannt ist und dieser ungefähr dem Wert im Kurzschlussdiagramm entspricht. Dies ist im Prinzip nur bei bewusst ausgelösten Kurzschlüssen der Fall. Eine Hochrechnung auf die Werte laut Stromdiagramm kann dann erfolgen.

Eine Hochrechnung für die Kurzzeitbeeinflussung aus den Werten der Langzeitbeeinflussung (Fahrstrom) ist mittels einfacher Verhältnisbildung nicht möglich, da der Schienenreduktionsfaktor stark stromabhängig ist.

- Die Messstrecke muss sich im Endausbauzustand befinden.

Messaufbau (3) Vor der eigentlichen Messung sind die Messadern auf Erdfreiheit und galvanische Durchschaltung zu prüfen.

Bild 5 Messaufbau



Erfolgt eine Messung der Langzeitbeeinflussung nur hinsichtlich der Notwendigkeit von Personenschutzmaßnahmen (siehe Abschnitt 3.6), kann die Beeinflussungsspannung über einen Widerstand von $\geq 1 \text{ k}\Omega$ gemessen werden.

Messerde (4) Die ausschließliche Nutzung des Gleises als Messerde kann zu erheblichen Messfehlern führen. Das Gleis unterliegt einer gleichartigen Beeinflussung, wie die beeinflusste Messader.

Zusätzlich verursacht die Rückstromführung durch die Schienen ein örtlich unterschiedliches und damit die Messung verfälschendes Schienenpotential.

- (5) Wenn die Festlegung von notwendigen oder nicht notwendigen Beeinflussungsschutzmaßnahmen auf der Grundlage von Messungen erfolgt, sind die Messbedingungen und Messergebnisse in die Nachweisführung aufzunehmen.

Nachweis der
Messung

3.5.2 Drehstrombeeinflussung

- (1) Messverfahren für Drehstrombeeinflussung werden in der Technischen Empfehlung Nr.3 behandelt.

3.6 Personenschutz

- (1) Es sind die Regelungen aus DIN VDE, die Unfallverhütungsvorschriften sowie die Regelwerke und Betriebsanweisungen der Bahn- und Kabelbetreiber zu beachten.

3.7 Berechnungsverfahren zur induktiven Beeinflussung

3.7.1 Berechnungsverfahren zur induktiven Beeinflussung durch Bahnstromleitungen

- (1) Es ist das Regelwerk des Bahnbetreibers zu beachten.

3.7.2 Berechnungsverfahren zur induktiven Beeinflussung durch Drehstromleitungen

- (1) Berechnungsverfahren zur Ermittlung der induzierten Längsspannung werden in der VDE 0228, Teil 2 sowie in der Technischen Empfehlung Nr.1 der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen behandelt.

50-Hz-Beeinflussung

3.7.3 Beeinflussung durch mehrere beeinflussende Systeme

- (1) Als separate Beeinflussungssysteme gelten
- eine Oberleitung mit eigenem Stromdiagramm für den Speiseabschnitt. Die Oberleitung ist als Gesamtsystem von Fahrleitung und eventuell vorhandenen Verstärkungsleitungen zu sehen. Parallel laufende Strecken mit jeweils eigenem Stromdiagramm sind separate beeinflussende Systeme.

separates
Beeinflussungs-
system

Das Stromdiagramm für einen Speiseabschnitt berücksichtigt auch eventuell vorhandene Speiseleitungen an den Masten der Strecke, durch die andere Strecken gespeist werden. Eine Speiseleitung am Mast des Oberleitungssystems wird in diesem Fall nicht als separates Stromsystem behandelt. Es sei denn, es wird ausdrücklich

auf eine andere Verfahrensweise hingewiesen (z.B. in den Stromdiagrammen).

- 110 kV-Bahnstromleitungen
- Einleiterkabel
- Drehstromsysteme

Kurzschluss

- (2) Das gleichzeitige Auftreten von Kurzschlüssen in mehreren Systemen wird nicht angenommen. Ein Kurzschluss wird im beeinflussungsintensivsten System berücksichtigt. Die anderen Systeme befinden sich in Normalbetrieb.

Mehrere Oberleitungen

- (3) Bei der gleichzeitigen Beeinflussung durch mehrere getrennt geführte Bahnstrecken (separate Stromdiagramme) bzw. zusätzlich durch zu berücksichtigende Speiseleitungen wird ein gleichzeitiges Auftreten der aus den Diagrammen ermittelten Fahrströme in voller Höhe nicht angenommen.

Für die Berechnung ist es ausreichend, folgende Verteilung voranzusetzen:

1. Strecke mit der höchsten Beeinflussungsintensität gleich 100% des Fahrstromes dieser Strecke.
2. Strecke mit der zweithöchsten Beeinflussungsintensität gleich 80% des Fahrstromes dieser Strecke.
3. Strecke mit der dritthöchsten Beeinflussungsintensität gleich 60% des Fahrstromes dieser Strecke.
4. Jede weitere Strecke mit 50% des Fahrstromes dieser Strecke.

Zusammenfassung der Spannungen

- (4) Sollten gleichzeitig mehrere beeinflussende Systeme zu berücksichtigen sein, wird für jedes einzelne beeinflussende System die Gesamtspannung berechnet. Die einzelnen Gesamtspannungen werden wie folgt addiert:

1. gleichzeitige Beeinflussung durch Ströme, die aus gleicher Quelle bzw. synchronisierten Quellen (gleiche Phase) gespeist werden (z.B. U_w / U_{fw}).

arithmetische Addition: $U_{ges\ verb} = U_{ges\ System\ 1} + U_{ges\ System\ 2}$

2. gleichzeitige Beeinflussung durch Ströme, die aus verschiedenen Quellen, die auch nicht synchronisiert sind, gespeist werden (z.B. 16,7 Hz und 50 Hz):

geometrische Addition

$$U_{ges\ verb} = \sqrt{U_{ges\ System\ 1}^2 + U_{ges\ System\ 2}^2}$$

3. Befindet sich ein beeinflussendes System im Fehlerfall (Erdkurzschluss) und ein oder mehrere andere Systeme im Normalbetrieb, dann ist der Einfluss der Systeme im Normalbetrieb vernachlässigbar.

Gesamtspannung

- (5) Die berechnete Gesamtspannung für das beeinflusste System wird mit den zulässigen Grenzwerten verglichen. Die Gesamtspannung ist die Grundlage für die Festlegung von Beeinflussungsschutzmaßnahmen.

- (6) Berechnungsverfahren zur Ermittlung der induzierten Längsspannung werden in der VDE 0228, Teil 2 sowie in der Technischen Empfehlung Nr.1 der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen behandelt. Berechnungsverfahren

4. Schutzmaßnahmen

4.1 Allgemeines

- Definition (1) Schutzmaßnahmen im Sinne des vorliegenden Moduls sind Maßnahmen technischer Art, die die induzierte Beeinflussungsspannung reduzieren.
- Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen (2) Es ist notwendig, bei der Überschreitung festgelegter zulässiger Beeinflussungsspannungen (Anhang 1) Maßnahmen zu ergreifen, die die vorhandene Beeinflussungsspannung auf zulässige Werte reduziert.
- Die Maßnahmen sind notwendig, um den Personenschutz und den Anlagenschutz (Gewährleistung der Sicherheit, Schutz vor Schädigung der Anlage) zu gewährleisten.
- Planung (3) Die Maßnahmen müssen bereits bei der Planung zusätzlich vorgesehen werden. Vorhandene Maßnahmen mit geeigneter Schutzwirkung können bei der Planung einbezogen werden.
- Auswahl (4) Schutzmaßnahmen sind nach technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten auszuwählen.
- Realisierung (5) Ausreichende Schutzmaßnahmen müssen realisiert sein, bevor die beeinflussende Anlage in Betrieb genommen bzw. bevor eine LST- oder Tk-Anlage unzulässig beeinflusst wird.

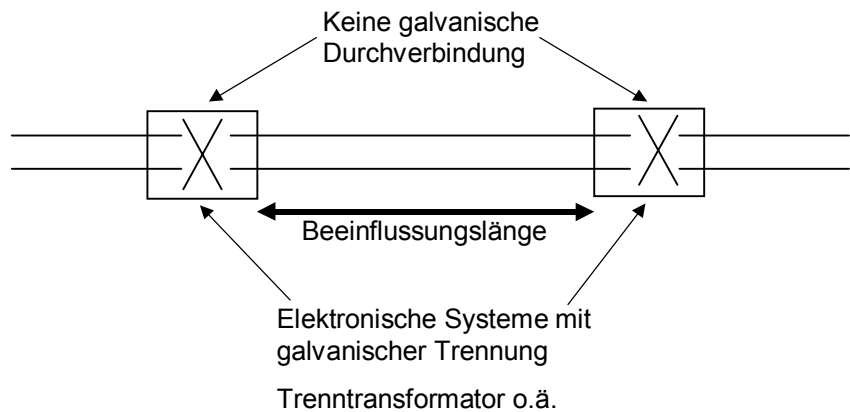
4.2 Zusammenstellung der möglichen Schutzmaßnahmen

- Mögliche Schutzmaßnahmen (1) Folgende Schutzmaßnahmen sind im Bahnbereich sinnvoll und können angewendet werden:
- Verkürzung der Beeinflussungslänge
 - Einsatz von Kabeln mit Induktionsschutz
 - Einsatz oder Berücksichtigung anderer geerdeter Leiter, die eine Reduktionswirkung erzeugen
 - Einsatz von Überspannungsableitern unter Beachtung der bahnspezifischen Bedingungen
 - Einsatz von anderen Techniken, die höhere Beeinflussungsspannungen zulassen
 - befristete betriebliche Maßnahmen

4.3 Verkürzung der Beeinflussungslänge

- Allgemeine Erläuterungen (1) Die Beeinflussungslänge kann durch die Aufteilung der Verbindungslänge in mehrere Beeinflussungsabschnitte verringert werden. Die Aufteilung erfolgt durch die Auftrennung der galvanischen Durchschaltung der Verbindung (Bild 7). Die Beeinflussungsspannung wird bezogen auf die jeweilige galvanische Durchschaltung eines Beeinflussungsabschnittes berechnet und reduziert sich entsprechend (Abschnitt 3.7).
- Eine weitere Möglichkeit ist die Veränderung des Schaltungsaufbaus (z.B. Verkürzung der Speiselänge einer Stromversorgung).

Bild 7 Verkürzung der Beeinflussungslänge



(2) Die Einteilung der Verbindungslänge in mehrere Beeinflussungsabschnitte wird durch verschiedene technische Möglichkeiten erreicht. Die Auswahl wird durch das vorliegende technische System und die örtlichen Gegebenheiten bestimmt.

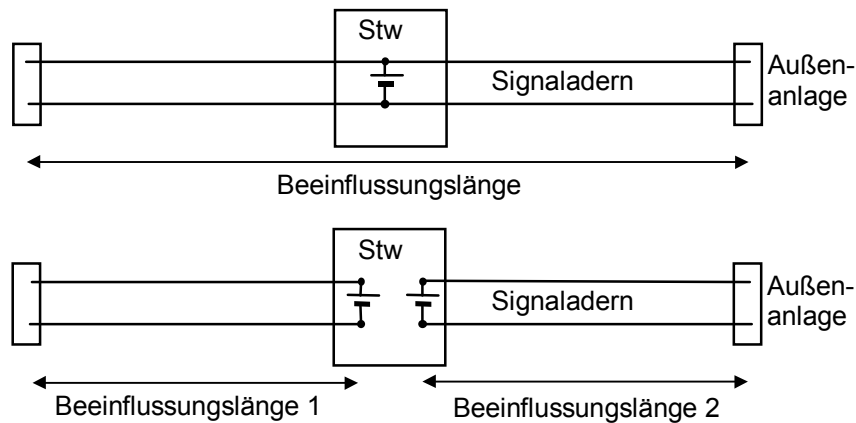
Technische Möglichkeiten

1. Galvanische Auftrennung oder Verkürzung der Speiseflänge von Stromversorgungen durch den Einsatz einer oder mehrerer zusätzlicher Stromversorgungen.
2. Aufteilung einer galvanisch durchgeschalteten Verbindung durch Trennübertrager in Abschnitte mit zulässiger Beeinflussungsspannung.
3. Galvanische Trennung von durchgeschalteter Verbindung durch elektronische Wandler (z.B. DC/DC-Wandler).
4. Auftrennung einer galvanisch durchgeschalteten Verbindung durch andere Techniken, die eine galvanische Trennung realisieren (z.B. Verstärker, Repeater, Relais). Die galvanische Trennung darf nicht durch andere Maßnahmen (z.B. Gleichspannungsfernspeisung) unwirksam gemacht werden.

(3) Speist eine Stromversorgung eines Stellwerkes oder anderer Zentraleinrichtungen in mehrere Richtungen und realisiert die Stromversorgung keine galvanische Trennung, kann die Beeinflussungslänge geteilt und damit verkürzt werden, indem jede Abgangsrichtung mit einer separaten Stromversorgung versorgt wird (Bild 8).

Zusätzliche Stromversorgung

Bild 8 Zweite Stromversorgung im Stellwerk



Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch eine andere Einteilung der Speisebereiche (z.B. große Bahnhöfe) oder der Speisung abgesetzter Anlagen durch näherliegende Stromversorgungen (z.B. Speisung aus dem öffentlichen EVU-Netz).

- Trennübertrager (4) Mittels Trennübertrager werden LST-Anlagenteile von beeinflussten Leitungen getrennt (Abschlussübertrager) bzw. werden Leitungen galvanisch in spannungsbegrenzte Abschnitte unterteilt (Leitungsübertrager).

Die Prüfspannung der Trennübertrager muss ≥ 2000 V betragen. Das Übertragungsverhalten des Trennübertragers muss auf das vorhandene Übertragungssystem abgestimmt sein.

Es ist zu beachten, dass bei galvanischer Trennung keine Gleichspannung (z.B. Speisung) übertragen werden kann und die Anzahl der möglichen Übertrager innerhalb einer Leitung übertragungstechnisch begrenzt ist (zulässige Einfügungsdämpfung).

- Abschlussübertrager (5) Durch den Einsatz von Abschlussübertragern wird die Kabelanlage von der Innenanlage galvanisch getrennt, so dass in der Innenanlage bzw. den angeschlossenen Geräten keine induktive Beeinflussungsspannung auftritt.

Ein Abschlussübertrager wird eingesetzt, wenn die zulässige Beeinflussungsspannung der angeschlossenen Technik überschritten wird oder der Personenschutz ohne zusätzliche Personenschutzmaßnahmen erreicht werden soll.

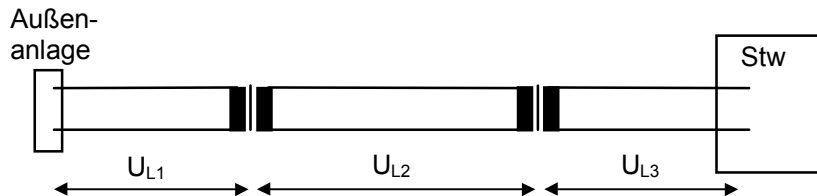
Folgendes ist bei der Montage zu beachten:

- Die Übertrager müssen sich in unmittelbarer Nähe der Endverschlüsse befinden, wobei sie beim Vorhandensein von Kabelschränken oder Abschlussgestellen in diese selbst einzubauen sind.
- Die zwischen Endverschluss und Übertrager geführten Rangierdrähte (Prüfspannung beachten) sollen so kurz wie möglich sein und mit den übrigen nicht beeinflussten Rangierverbindungen möglichst nicht in demselben Bündel verlaufen.

- (6) Wenn die zulässige Beeinflussungsspannung über die gesamte Verbindungslänge überschritten wird, kann die Verbindungslänge mit Leitungsübertragern in Abschnitte unterteilt werden. In jedem Abschnitt muss die zulässige Beeinflussungsspannung eingehalten werden.

Leitungsübertrager

Bild 9 Leitungsübertrager



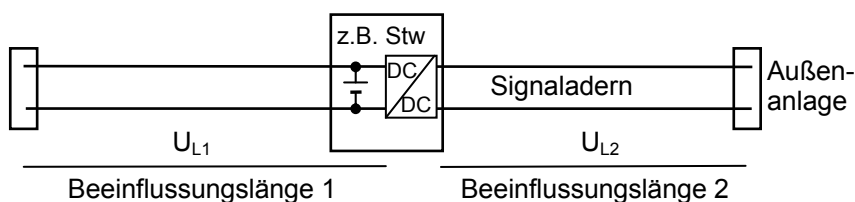
Da nur in wenigen Fällen eine gleichmäßige induktive Beeinflussung entlang der Verbindungslänge vorliegt, wird der Abstand der Übertrager entlang der Verbindungslänge meist nicht gleich sein. Zur Festlegung der einzelnen Abschnitte bzw. Übertragerstandorte muss die tatsächliche induzierte Spannung längs der Verbindung berücksichtigt werden (Berechnung).

- (7) Grundsätzlich sind die gleichen Punkte wie beim Übertrager zu beachten (z.B. Prüfspannung). Die Wandler haben jedoch den Vorteil, dass bei entsprechender Ausführung (z.B. DC/DC-Wandler) auch eine galvanische Trennung bei einer Gleichspannungsübertragung (z.B. Fernspeisung) möglich ist.

Elektronische Wandler

Wandler können genutzt werden, um eine über das Stellwerk bzw. andere Zentraleinheiten durchgeschaltete Stromversorgung bei zu hohen Beeinflussungsspannungen galvanisch aufzutrennen.

Bild 10 Galvanische Trennung bei einer Stromversorgung



4.4 Kabel mit Induktionsschutz

4.4.1 Grundlagen

- (1) Durch den Einsatz von Kabeln mit Induktionsschutz soll die Beeinflussungsspannung entsprechend dem für das Kabel gültigen Kabelreduktionsfaktor verringert werden. Beispiele für Kabelreduktionsfaktoren enthält Anhang 3. Weitere Angaben sind beim Kabelbetreiber erhältlich.
- (2) Der Abschnitt 4.4 behandelt nur Kabel mit metallenen Aufbauelementen über dem Kabelmantel und äußerer Schutzhülle aus PVC bzw. PE. Andere Kabel (z.B. 2YMzbc, PiMz) haben bei

Allgemeine Erläuterungen

Äußere Kabelschutzhülle

einem Beeinflussungsstrom mit einer Frequenz von 16,7 Hz im Regelfall einen Reduktionsfaktor von $r_K = 1,0$.

Ausnahmen, d.h. Reduktionsfaktor $r_K < 1,0$ bei 16,7 Hz:

- Bleimantelkabel ohne Bewehrung bzw. der einwandfreie Zustand einer vorhandenen Bewehrung über dem Bleimantel kann nicht angenommen werden:
Bei einem Durchmesser von 40 bis 50 mm ist der Kabelreduktionsfaktor $r_K = 0,97$ und bei einem Durchmesser von über 50 bis 60 mm ist $r_K = 0,95$.
- Der einwandfreie Zustand der vorhandenen Bewehrung bei Kabeln ohne äußere Schutzhülle aus PVC bzw. PE kann nach einer Überprüfung über die gesamte Länge angenommen werden. In diesem Fall wird der Reduktionsfaktor nach Anhang 3 ermittelt.

Kabelreduktionsfaktor r_K (3) Ein Kabel mit Induktionsschutz reduziert bei ordnungsgemäßer Erdung die durch induktive Beeinflussung erzeugte Spannung auf den Kabeladern um einen bestimmten Faktor (Kabelreduktionsfaktor r_K). Die Reduktion wirkt auf alle im Kabel verlaufenden Adern. Der Kabelreduktionsfaktor ist frequenzabhängig.

Metallene Aufbauelemente (4) Kabel mit Induktionsschutz haben längsdurchgehende metallene Aufbauelemente über dem Kabelmantel (bzw. in wenigen Fällen zwischen dem Verseilverband und dem Kabelmantel). Diese metallenen Aufbauelemente bestehen in der Regel aus einem konzentrischen Schirm mit einem relativ kleinen Gleichstromwiderstand und aus Stahlbändern oder Stahlflachdrähten (Bewehrung) mit einem Gleichstromwiderstand und einem induktiven Widerstand.

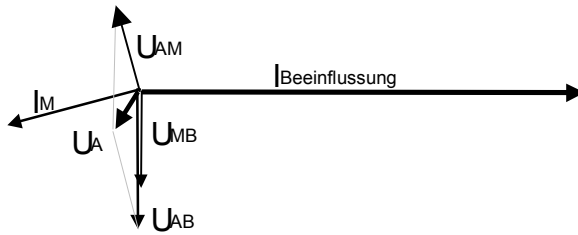
Kabel mit einem Metallmantel können zusätzlich eine Bewehrung haben.

Der Querschnitt der metallenen Aufbauelemente ist ausreichend, um Anteile des Traktionsrückstromes über diese fließen zu lassen. Dadurch ist ein beidseitiger Anschluss an Bahnerde möglich.

Wirkprinzip (5) Durch die induktive Beeinflussung wird in den längs durchgehenden metallenen Aufbauelementen eine Mantel-längsspannung (U_{MB}) erzeugt. Durch die mindestens zweiseitige Erdung der metallenen Aufbauelemente wird durch die Mantelspannung ein Mantelstrom (I_M) angetrieben. Dieser wiederum induziert auf den Kabeladern eine Aderspannung (U_{AM}), die der Beeinflussungsspannung auf den Adern durch das beeinflussende System (U_{AB}) weitgehend entgegengerichtet ist. Durch die vektorielle Addition von U_{AB} und U_{AM} ergibt sich die verbleibende (reduzierte) Aderspannung U_A .

Auf Grund galvanischer Kopplung der metallenen Aufbauelemente mit Anlagenteilen, die Oberleitungsrückstrom führen, ergibt sich der Mantelstrom aus der Überlagerung des induktiv eingekoppelten Stromes und des galvanischen Rückstromes. Beeinflussungstechnisch haben beide Anteile meist gleichsinnige Wirkung.

Bild 11 Vektorielle Addition der Beeinflussungsspannungen



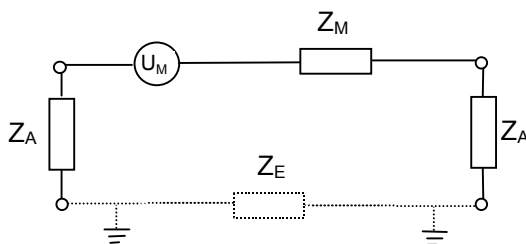
$$r_K = \frac{U_A}{U_{AB}} \quad (\text{Kabelreduktionsfaktor})$$

(6) Die Reduktionswirkung ist abhängig von

- den ohmschen und induktiven Widerständen des Reduktionsstromkreises (Bild 12), d.h. von der Impedanz der metallenen Aufbauelemente Z_M , von den Anschlussimpedanzen Z_A (z.B. Erdseile) und von der Erdungsimpedanz Z_E ,
- der Frequenz des beeinflussenden Stromes I_B und
- der Kabelhüllenfeldstärke (nur bei stahlbewehrten Kabeln).

Reduktionswirkung

Bild 12 Reduktionsstromkreis



Der Reduktionsstromkreis nach Bild 12 muss durch eine Erdung der metallenen Aufbauelemente mindestens an den Kabelenden realisiert werden. Wird dieser Stromkreis unterbrochen, ist keine Reduktionswirkung vorhanden.

(7) Die elektrische Feldstärke (Kabelhüllenfeldstärke) ist die auf einen Kilometer normierte Beeinflussungsspannung zwischen zwei benachbarten Erdungspunkten der metallenen Aufbauelemente. Sie wird in V/km angegeben und für die Bestimmung des Reduktionsfaktors bei bewehrten Kabeln benötigt (Bild 15).

Elektrische Feldstärke

(8) Der Reduktionsfaktor kann nach Bild 11 berechnet werden. Er ergibt sich aber auch aus dem Kabelaufbau.

Reduktionsfaktor bei Kabel mit Bewehrung

Für die Kabel mit Bewehrung ergibt sich der Kabelreduktionsfaktor aus dem Verhältnis des Gleichstromwiderstandes R_M der metallenen Aufbauelemente zur Gesamtimpedanz Z_M (Gleichstrom- und induktiver Widerstand) derselben. Für ideale Erdungsverhältnisse gilt:

$$r_K = \frac{R_M}{|Z_M|} = \frac{R_M}{\sqrt{R_M^2 + (\omega L_M)^2}}$$

Der induktive Widerstand ist feldstärke- und frequenzabhängig. Aus diesem Grund wird er nicht in den Kabelunterlagen angegeben.

Der Reduktionsfaktor wird um so kleiner (besser),

- je kleiner der Gleichstromwiderstand der metallenen Aufbauelemente und
- je größer deren induktiver Widerstand ist.

Der induktive Widerstand wird durch die Bewehrung (ferromagnetisch) entscheidend bestimmt. Der Gleichstromwiderstand und damit r_K kann durch eine schlechte Erdung wesentlich erhöht werden.

Reduktionsfaktor bei Kabel ohne Bewehrung

- (9) Bei einem Metallmantelkabel ohne Eisenbewehrung ist der Reduktionsfaktor weitestgehend nur vom Querschnitt des Metallmantels abhängig. Der Reduktionsfaktor ist aus diesem Grund nicht feldstärkeabhängig.

Grundsatz

4.4.2 Erdung

- (1) Die entsprechend dem Wirkprinzip notwendige mindestens zweiseitige Erdung der elektrisch leitfähigen Aufbauelemente über dem Kabelmantel und deren Durchverbindung über die Beeinflussungslänge ist die Voraussetzung für die Realisierung des gewünschten Reduktionsfaktors. Eine zusätzliche Erdung bezogen auf Kabelabschnitte (z.B. zugängliche Endverschlüsse) ist möglich.

Um einen ausreichend kleinen Gleichstromwiderstand im Stromkreis 'elektrisch leitfähige Aufbauelemente - Erde' zu erreichen, muss an den Erdungspunkten ein kleiner Erdungswiderstand realisiert werden (Bild 12, 13).

Galvanische Durchverbindung

- (2) Die leitfähigen Aufbauelemente dürfen zwischen den Erdungspunkten elektrisch nicht unterbrochen werden. Dies gilt auch für Muffen. Diese müssen mit einem Erdungsseil entsprechend den Kabelunterlagen überbrückt werden, so dass eine galvanische Durchverbindung der leitfähigen Aufbauelemente vorhanden ist.

Arbeitsschutz

- (3) Die Beseitigung einer Erdverbindung oder einer Durchverbindung hat zur Folge, dass die Reduktionswirkung vollständig aufgehoben ist. Außerdem entsteht am offenen Ende der metallenen Aufbauelemente eine Ader - Erde - Spannung, die dem Wert ohne Reduktionswirkung entspricht.

Bei Kabelarbeiten ist die Durchverbindung der metallenen Aufbauelemente nicht zu unterbrechen. Falls erforderlich muss die galvanische Durchverbindung durch ein Überbrückungsseil sichergestellt werden.

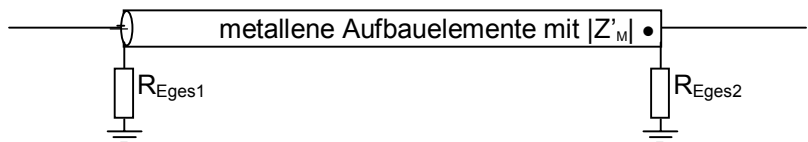
- | | |
|--|-------------------------|
| <p>(4) Die Bahnerdung bei Wechselstrombahnen stellt die technologisch einfachste Anschlussvariante für die Erdung des Kabels mit Induktionsschutz zur Realisierung des Reduktionsstromkreises (Bild 12) dar und ist, soweit nicht andere Bedingungen diese Anschlussart ausschließen (z.B. Gleisstromkreise), vorzugsweise anzuwenden.</p> <p>An den Erdungsstellen sollten möglichst alle weiteren verfügbaren natürlichen Erder mit angeschlossen werden.</p> <p>Die Bahnerdung an Schienen, die in die Rückstromführung einbezogen sind, gilt als genügend niederohmig für 16,7 Hz und 50 Hz. Voraussetzung ist jedoch eine ordnungsgemäße Verbindung zwischen den metallenen Aufbauelementen und Gleis.</p> <p>Eine alleinige Bahnerdung (ohne Anschluss weiterer Erdungsanlagen) ist für Signalkabel nur zulässig, wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> - bei Gleisen ohne oder mit einschieniger Isolierung mindestens 4 rückstromführende Schienen miteinander verbunden werden können bzw. über Gleis- und Schienenverbinder schon verbunden sind. - bei Gleisen mit zweischieniger Isolierung an den Mitten von Gleis- oder Erdungsdrosseln oder an den Gleisverbindern zwischen den Drosseln angeschlossen werden kann. Dabei müssen wiederum 4 rückstromführende Schienen (z.B. zwei zweischienig isolierte Gleise) einbezogen werden. <p>Bei der Anwendung der Bahnerdung sind die lokalen Bedingungen der Gleisisolierung zu beachten. Dazu ist die Rücksprache und Abstimmung mit dem Netzbetreiber erforderlich.</p> | <p>Bahnerdung</p> |
| <p>(5) Ist die Anwendung der Bahnerdung nicht möglich, sind vorhandene natürliche Erder zu verwenden.</p> <p>Als natürliche Erder gelten Metallteile, die mit Erde oder mit Wasser unmittelbar oder über Beton mittelbar in Verbindung stehen und deren ursprünglicher Zweck nicht die Erdung ist, die aber als Erder wirken und als solcher verwendet werden dürfen (Fundamentenerder, Betonarmierung, Tunnelbewehrung u.a.)</p> | <p>Natürliche Erder</p> |
| <p>(6) Kann die Bahnerdung nicht angewendet werden und stehen natürliche Erder nicht zur Verfügung, so sind zur Realisierung des Reduktionsstromkreises (Bild 12) künstliche Erder einzusetzen.</p> <p>Als künstliche Erder gelten Leiter aus Metall, die für die Verwendung als Erder ins Erdreich eingebracht werden. Dies sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Oberflächenerder (z.B. Bänderder) - Tiefenerder (z.B. Staberder) <p>Zur Gewährleistung der erforderlichen Reduktionswirkung müssen die ohmschen Erdungswiderstände des künstlichen Erders der folgenden Bedingung entsprechen:</p> | <p>Künstliche Erder</p> |

$$R_{Eges1} + R_{Eges2} \leq |Z'_M| \cdot \ell \quad (\ell - \text{Länge der metallenen Aufbauelemente zwischen den Erdungsstellen})$$

$$|Z'_M| = R'_M / r_K$$

R'_M - kilometrischer Gleichstromwiderstand des konzentrischen Schirms (Kabelunterlagen)

Bild 13 Erdungswiderstand für künstliche Erder



Wird der geforderte Kabelreduktionsfaktor r_K durch den vorhandenen des jeweiligen Kabeltyps unterschritten, kann der Erdungswiderstand R_{Eges} nach Rücksprache mit dem Betreiber um den folgenden Zusatzwiderstand erhöht werden:

$$R_Z = R'_M \cdot \ell \cdot \left(\frac{1 - \left(\frac{1}{r_{K\text{vorhanden}}} \right)^2}{1 - \left(\frac{1}{r_{K\text{gefordert}}} \right)^2} - 1 \right) \quad \ell - \text{Länge zwischen den Erdungspunkten}$$

$$R_{Eges(\text{neu})} = R_{Eges(\text{alt})} + R_Z$$

Ausgehend von der Formel für R_Z können auch zu hohe Erdungswiderstände in bestimmten Grenzen durch einen besseren Kabelreduktionsfaktor ausgeglichen werden. Dies ist rechnerisch mit den obigen Gleichungen nachzuweisen.

Gemischte Erdung

- (7) Die gleichzeitige Nutzung mehrerer Erdungsvarianten ist möglich.

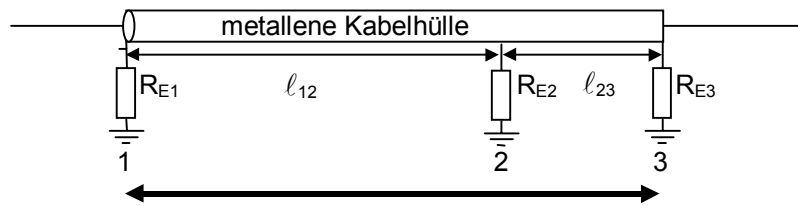
Künstliche Erder sind zu verwenden, wenn nicht genügend Schienen für die Bahnerdung zur Verfügung stehen und keine ausreichenden natürlichen Erder ($\leq 10 \Omega$) vorhanden sind. Wird der künstliche Erder mit Bahnerde verbunden, ist ein ohmscher Erdungswiderstand für den künstlichen Erder von 10Ω ausreichend.

Erdung zwischen den Endpunkten

- (8) Eine Erdung der metallenen Aufbauelemente zwischen den Endpunkten des Kabels ist für die Reduktionswirkung nicht unbedingt notwendig. Jedoch sollte zwischendurch an geeigneten Stellen (z.B. Volleinführung) eine Erdung erfolgen.

Werden die metallenen Aufbauelemente außer an den Endpunkten des Kabels entsprechend der Absätze (4) bis (7) geerdet, verändert sich der Reduktionsbereich, d.h. die Länge für die Berechnung der Feldstärke (E) wird neu festgelegt.

Bild 14 Reduktionsbereich und Feldstärke bei Zwischenerdung



Ein Reduktionsbereich, wenn R_{E2} nicht die Bedingungen entsprechend Absatz (4) bis (7) erfüllt bzw. der Erdungspunkt 2 nicht vorhanden ist. Die Berechnungsgrundlage für die Feldstärke (E) bildet $l_{12} + l_{23}$.

$$E_{13} = \frac{U_{L13}}{l_{13}}$$



Zwei Reduktionsbereiche, wenn R_{E2} die Bedingungen entsprechend Absatz (4) bis (7) erfüllt. Die Berechnungsgrundlage für die Feldstärke (E) bildet l_{12} und l_{23} .

$$E_{12} = \frac{U_{L12}}{l_{12}} \quad E_{23} = \frac{U_{L23}}{l_{23}}$$

4.4.3 Auswahl des Kabeltyps

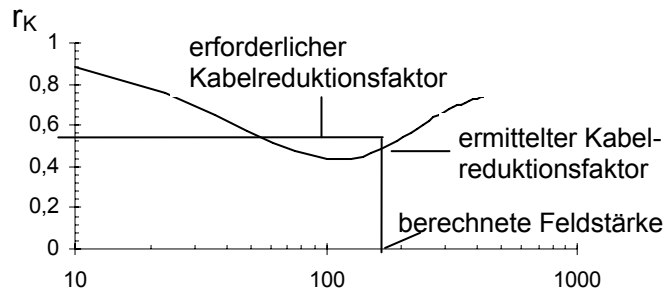
- | | | |
|-----|---|--|
| (1) | Es sind die notwendigen übertragungstechnischen Kabeldaten, der zulässige Grenzwert und die Feldstärken E_{16} bei 16,7 Hz und/oder E_{50} bei 50Hz bekannt. Bei gleichzeitiger Beeinflussung durch das Drehstrom- und Bahnstromsystem muss ein gleichzeitiger Erdschluss in beiden Systemen nicht angenommen werden. | Ausgangs-
festlegungen |
| (2) | Diagramme für den Reduktionsfaktor bei 16,7 Hz und 50Hz sind beim Kabelnetzbetreiber erhältlich. | Diagramme für
den Reduktions-
faktor |
| (3) | Anhand der Festlegung der übertragungstechnischen Kabel-
daten und des Reduktionsfaktors wird aus den Kabelunterlagen
das erforderliche Kabel ausgewählt. | Festlegung des
erforderlichen
Kabels |

Ist kein geeignetes Kabel verfügbar, muss ein Kabel mit besserem Reduktionsfaktor und/oder veränderten übertragungstechnischen Parametern ausgewählt werden (z.B. mehr Adern, kleinerer Reduktionsfaktor).

Für die Projektierung von Kabelanlagen sind die Richtlinien des Kabelnetzbetreibers und des Bahnbetreibers anzuwenden.

- (4) Mit Hilfe der berechneten Feldstärke wird aus dem jeweils zutreffenden Diagramm der oben genannten Unterlagen der Kabelreduktionsfaktor bestimmt. Der Reduktionsfaktor ist frequenzabhängig.

Bild 15 Bestimmung des Kabelreduktionsfaktors



Bei einem feldstärkeunabhängigen Reduktionsfaktor ist nur ein Faktor für jedes Kabel angegeben.

Wenn nur das Drehstromsystem beeinflusst, dann ergibt sich die reduzierte Längsspannung wie folgt: $U_{50\text{red}} = E_{50} \cdot r_{k50}$

Der ermittelte Kabelreduktionsfaktor wird mit dem erforderlichen verglichen. Ist der festgestellte Reduktionsfaktor gleich dem mit der Berechnung ermittelten oder kleiner, kann das jeweilige Kabel eingesetzt werden (siehe Bild 15). Ist dies nicht der Fall, muss ein anderes Kabel gewählt werden. Dabei müssen eventuell auch Kompromisse bei den übertragungstechnischen Anforderungen eingegangen werden.

Bei gleichzeitiger Beeinflussung durch Drehstrom- und Bahnstromsysteme wird mit dem Reduktionsfaktor r_{k16} für 16,7 Hz die reduzierte Längsspannung $U_{16\text{red}} = E_{16} \cdot r_{k16}$ und mit dem Reduktionsfaktor r_{k50} für 50 Hz die reduzierte Längsspannung für 50 Hz $U_{50\text{red}} = E_{50} \cdot r_{k50}$ ermittelt. Die resultierende reduzierte Längsspannung U_{res} ergibt sich aus der geometrischen Addition von $U_{16\text{red}}$ und $U_{50\text{red}}$.

Kann die resultierende reduzierte Spannung durch das Reduktionsfaktorkabel nicht oder nur mit unverträglich hohem Aufwand unter den zulässigen Grenzwert gesenkt werden, muss nach anderen oder zusätzlichen Schutzmaßnahmen gesucht werden.

- (5) Muss ein Teilstück eines vorhandenen Kabels mit Induktionsschutz durch ein Kabel mit anderem Reduktionsfaktor ersetzt werden, ist bis zu einer Ersatzlänge von 300m, jedoch nicht mehr als 5% der Gesamtlänge zwischen zwei Erdungspunkten der metallenen Aufbauelemente über dem Mantel, folgendes zu beachten:

Ersatz von
Teilstücken

- Die metallenen Aufbauelemente über dem Mantel des Ersatzkabels müssen den gleichen oder einen größeren Querschnitt bei gleichem Material aufweisen (gleicher oder kleinerer kilometrischer Widerstand). Im Ausnahmefall kann dafür die Ersatzlänge durch einen separaten Leiter neben dem Kabel überbrückt werden.
- Der Reduktionsfaktor des Ersatzkabels muss nicht berücksichtigt werden.
- Eine galvanische Durchverbindung der metallenen Aufbauelemente ist unbedingt zu realisieren.
- Zusätzliche Erder oder Erdungspunkte sind nicht notwendig.

Ist das Ersatzkabel länger als 300m bzw. 5 % der Gesamtlänge, muss der Reduktionsfaktor des Ersatzkabels mit dem vom Originalkabel übereinstimmen oder kleiner sein. Auch in diesem Fall ist eine galvanische Durchverbindung der metallenen Aufbauelemente zu realisieren.

4.5 *Andere geerdete Leiter*

- (1) Zu dem beeinflussenden oder beeinflussten System parallel laufende und galvanisch durchverbundene metallene Leiter (z.B. Rückleiterkabel, Kompensationsleiter, Rohrleitung, andere metallene Kabelmäntel u.ä.), die selbst der induktiven Beeinflussung wie die zu schützende Verbindung unterliegen, wirken reduzierend auf die Beeinflussungsspannung, wenn sie kontinuierlich oder mindestens an den Enden geerdet sind.

Wirkungsprinzip

- (2) Andere geerdete Leiter können zielgerichtet zur Reduktion der Beeinflussungsspannung eingesetzt werden. In diesem Fall werden mindestens beidseitig geerdete Leiter nahe neben dem beeinflussten Kabel oder beeinflussenden System verlegt.

Anwendung

Der nachträgliche Einsatz geerdeter Leiter zum Zweck der Reduzierung der Beeinflussungsspannung ist wirtschaftlich in den seltensten Fällen gerechtfertigt. Wichtig ist, dass vorhandene geerdete und reduzierend wirkende Leiter entsprechend dem Abschnitt 3.7 in die Berechnung einbezogen werden. Dies betrifft z.B.

- Rückleiterseile am Oberleitungssystem
- benachbarte , andere geerdete metallene Leiter

Weitere reduzierend wirkende Leiter können in die Berechnung einbezogen werden. Dies erfordert jedoch in der Regel einen hohen mathematischen Aufwand.

Eine genaue Beschreibung der Physik und Funktionsweise reduzierender Leiter ist in der Technischen Empfehlungen (TE 8) der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (SfB) enthalten.

nachträglicher Einsatz (3) In Ausnahmefällen ist es sinnvoll, sehr nahe neben dem beeinflussten Kabel einen mindestens beidseitig geerdeten Leiter zu verlegen. Zur Berechnung ist wiederum die TE 8 der SfB heranzuziehen.

4.6 Überspannungsableiter

Zweck (1) Der Einsatz von Überspannungsableitern wird in der Technischen Empfehlung Nr.3 der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen beschrieben.
(2) Der Einsatz von Überspannungsableitern ist in Stromkreisen von LST-Anlagen der Deutschen Bahn AG (Stand 2000) in der Regel nicht zulässig, da LST-Anlagen erdfrei betrieben werden müssen. Beim Einsatz von mehreren Überspannungsableitern zwischen Ader und Erde kann die Erdfreiheit nicht mehr gewährleistet werden.

4.7 Einsatz anderer Technik

Vorgehensweise (1) Im Anhang 1 sind die zulässigen Beeinflussungsspannungen (Grenzwerte), bezogen auf die induktive Beeinflussung, zusammengestellt. Anlagen mit einer geringen zulässigen Beeinflussungsspannung können durch solche mit einer höheren zulässigen Beeinflussungsspannung ersetzt werden.

Ersatz der alten Technik durch neue Anlagen (2) Bei Anlagen älterer Bauart ist oft nur eine geringe Beeinflussungsspannung zugelassen. Diese können durch Anlagen neuerer Bauart mit höherer zulässiger Beeinflussungsspannung ausgetauscht werden. Diese Vorgehensweise sollte bei größeren Bauvorhaben Anwendung finden.

Nicht erdfreie Anlagen (3) Anlagen mit nicht erdfreien Schaltungen haben meist eine sehr geringe zulässige Beeinflussungsspannung. Hier schafft die Erdfreischaltung Abhilfe. Die Erdfreischaltung auf der Basis der bestehenden Technik ist oft sehr aufwendig und sollte nur durchgeführt werden, wenn der Einsatz neuer Anlagen mit ausreichend hoher zulässiger Beeinflussungsspannung vorerst nicht möglich ist.

Schaltungsänderung (4) Schaltungsänderungen zur Erhöhung der zulässigen Beeinflussungsspannung sind möglich. Hierfür sind nur zugelassene Schaltungen zu verwenden.

Einsatz von Lichtwellenleiter (5) Lichtwellenleiter-Kabel wird nicht induktiv beeinflusst, d.h. die angeschlossene Technik unterliegt keiner induktiven Beeinflussung über die Länge der LWL-Verbindung.

Es müssen jedoch ein eventuell vorhandener metallener Nage-tierschutz und sonstige metallene Elemente beachtet werden. Dieser kann bei einer entsprechenden Länge unzulässig hohe Beeinflussungsspannungen annehmen. Hier sind Maßnahmen für den Personenschutz durchzuführen.

Anhang 1: Grenzwerte für LST-Anlagen der Deutschen Bahn AG (Stand 2002)

Vorbemerkung:

Die am Seitenrand mit einem Balken markierten Texte enthalten anerkannte Regeln der Technik, deren Beachtung vom EBA überprüft wird. Vor Anwendung dieser Grenzwerte ist bei der Deutschen Bahn AG zu erfragen, ob die Grenzwerte noch aktuell sind.

1 Grundsatzforderungen

- | | | |
|--|---------------------|--|
| (1) Der Betrieb von Gleichstromschaltungen sowie in der Regel auch Wechselstromschaltungen in neu zu errichtenden Stellwerksanlagen aller Bauformen ist im Einflussbereich von Wechselstrombahnen nur erdpotentialfrei zugelassen. | Erdfreiheit | |
| (2) Unzulässig sind: <ul style="list-style-type: none">- die betriebsmäßige Erdung der Stellwerksbatterie- der Betrieb von 3- und 5-Draht-Weichenschaltungen und der Betrieb<ul style="list-style-type: none">* gleichstromgespeister isolierter Schienen,* Tonfrequenzgleisstromkreise GF 16 K GWW (50 N 65 und* gleichstromgespeister Weichenhebelsperren aus der Stellwerksbatterie. | Unzulässige Anlagen | |
| (3) In Betrieb befindliche Stellwerksanlagen, insbesondere die im vorhergehenden Absatz (2) genannten Altanlagen dürfen unter den Voraussetzungen des Abschnittes 3.3 (5) unverändert weiterbetrieben werden. | Vorhandene Anlagen | |
| (4) Werden die in der folgenden Tabelle 2 (entnommen aus der bahninternen Richtlinie 819.08) angegebenen Werte überschritten, müssen Schutzmaßnahmen zur Verringerung der Beeinflussungsspannung vorgesehen werden. | Schutzmaßnahmen | |

2 Grundsatzfestlegungen

- | | |
|---|-------------------------|
| (1) Tabelle 1 enthält Entscheidungskriterien zur Frage, bei welchen Beeinflussungsspannungen der Verursacher einer Beeinflussung in die Regulierung gemäß den Grundsätzen der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen einbezogen wird. Insbesondere werden Regelungen getroffen für die Fälle, in denen die Grenzwerte der Beeinflussungsspannung (Tabelle 2, Spalten 2 und 3) für bestehende Anlagen niedriger sind als die Grenzwerte in der VDE 0228. | Anwendung der Tabelle 1 |
|---|-------------------------|

Anwendung der
Tabelle 2

- (2) In den Spalten 2 und 3 der Tabelle 2 sind die Werte angegeben, die von der ehemaligen Deutschen Bundesbahn und der ehemaligen Deutschen Reichsbahn bis 12/93 festgelegt worden sind. Diese Werte gelten für alle bestehenden Anlagen (beachte Abschnitt 1 (3)).

Bei Umbauten sind für alle mit der Leit-, Sicherungs- und Telekommunikationstechnik anderer Bauart beeinflussungsmäßig im Zusammenhang stehenden Anlagenteile die Werte der Spalten 4 und 5 der Tabelle 2 anzuwenden. Umbauten sind der teilweise oder vollständige Ersatz bzw. die Ergänzung vorhandener LST- und Tk-Anlagen durch LST- und Tk-Anlagen anderer Bauart. Für eventuell beeinflussungsmäßig separat bestehen bleibende Anlagenteile gelten die Werte der Spalten 2 und 3.

Keine Umbauten sind die Veränderungen (Erweiterung oder Reduzierung) der bestehenden LST- und Tk-Anlagen bei unveränderter Bauart. Es gelten die Werte der Spalten 2 und 3 der Tabelle 2.

Die Werte in Spalte 4 und 5 der Tabelle 2 müssen bei Neuerrichtung von Sicherungsanlagen und/oder Oberleitungen angewendet werden und sind auf die Forderungen von DIN VDE 0831 abgestimmt.

Für den Personenschutz ist Abschnitt 3.6 zu beachten.

Verbindungs-
länge

- (3) Die angegebenen Werte gelten zwischen den entferntesten Endpunkten einer galvanisch durchgeschalteten Verbindung. Das Stellwerk oder ähnliche Anlagen sind nur Endpunkt, wenn dort eine galvanische Trennung (z.B. Übertrager, Wandler) vorhanden oder die Stellwerksbatterie betriebsmäßig starr geerdet ist.

Sind in der Tabelle 2 zwei Werte mit Schrägstrich getrennt angegeben, muss der Geltungsbereich der Werte beachtet werden:

- Zwischen dem Standort des Stellwerkes und dem weitestgelegenen maßgebenden Endpunkt einer Verbindung (z.B. Einfahrvorsignal, Impulsgeber u.ä.) darf die berechnete maximale Beeinflussungsspannung den Wert hinter dem Schrägstrich nicht überschreiten.
- Der vor dem Schrägstrich angegebene Wert gilt für die maximal zulässige Beeinflussungsspannung zwischen den entferntesten Endpunkten der galvanisch durchverbundenen Länge.

U_{Bzulst}

- (4) Grenzwert der Beeinflussungsspannung für die Langzeitbeeinflussung. Die beeinflussende Anlage befindet sich im fehlerfreien Betrieb.

U_{Bzulk}

- (5) Grenzwert der Beeinflussungsspannung für die Kurzzeitbeeinflussung. Die beeinflussende Anlage befindet sich im Fehlerzustand (Kurzschluss).

Tabelle 1: Grundsätzliche Entscheidungskriterien über die Einbeziehung der SfB-Partner in die Regulierung

beeinflusste Bahnanlage		beeinflussende 50-Hz-Anlage	unverändert, d.h. keine beeinflussungsrelevanten Änderungen (Strom, Geometrie usw.)	neu bzw. verändert, d.h. beeinflussungsrelevante Änderungen (Strom, Geometrie usw.)
Errichter	Eigenschaften			
DB AG	neue Anlagen	250V / 1500V	250V / 1500V	
ehemalige DB	Existierende Anlage, unverändert (Definition s. Anhang 1, Abschnitt 2 (2))	Grenzwerte aus Tabelle 2, Spalten 2 und 3, Punkte 2.8 bis 2.12 (entnommen aus TE2 von 1981), sonst VDE 0228 Teil1/12.1987, Teil 2/12.1987, Teil 3/01.1988 (für alle anderen Anlagen und wenn keine Grenzwerte festgelegt sind)	Grenzwerte aus Tabelle 2, Spalten 2 und 3, Punkte 2.8 bis 2.12 (entnommen aus TE2 von 1981), sonst VDE 0228 Teil1/12.1987, Teil 2/12.1987, Teil 3/01.1988 (für alle anderen Anlagen und wenn keine Grenzwerte festgelegt sind)	
	Existierende Anlage, verändert innerhalb der Bauart (Definition s. Anhang 1, Abschnitt 2 (2))			
ehemalige DR	Existierende Anlage, unverändert (Definition s. Anhang 1, Abschnitt 2 (2))	Grenzwerte aus Tabelle 2, Spalten 2 und 3 (entnommen aus altem DR-Regelwerk DV883 Teilheft 1)	Grenzwerte aus Tabelle 2, Spalten 2 und 3 (entnommen aus altem DR-Regelwerk DV883 Teilheft 1)	
	Existierende Anlage, verändert innerhalb der Bauart (Definition s. Anhang 1, Abschnitt 2 (2))			
ehemalige DB und DR	Bauartveränderung bei existierenden Anlagen (Definition s. Anhang 1, Abschnitt 2 (2))	Grenzwerte aus Tabelle 2, Spalten 4 und 5, Punkte 2.8 bis 2.12 (entnommen aus TE2 von 1981), sonst VDE 0228 Teil1/12.1987, Teil 2/12.1987, Teil 3/01.1988 (für alle anderen Anlagen und wenn keine Grenzwerte festgelegt sind)	Grenzwerte aus Tabelle 2, Spalten 4 und 5, Punkte 2.8 bis 2.12 (entnommen aus TE2 von 1981), sonst VDE 0228 Teil1/12.1987, Teil 2/12.1987, Teil 3/01.1988 (für alle anderen Anlagen und wenn keine Grenzwerte festgelegt sind)	
Beteiligte:		Bahnintern	50-Hz-Netzbetreiber und Bahn	

Tabelle 2: Sicherheitsrelevante Grenzwerte der Beeinflussungsspannungen

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}
1 Elektronische Stellwerke	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
2 Elektrische Stellwerke				
2.1 GS I DR	1000 / 500 ¹⁾	600 / 300 ¹⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
– Abhängigkeit zw. Stellwerken		100 ^{1),2)}		nicht freigegeben
– Schlüsselsperre, Nahbedienung		100 ^{1),2)}		nicht freigegeben
2.2 GS I DR (nicht erdfrei) ¹⁰⁾				
– Abhängigkeit zw. Stellwerken	50 ²⁾	50 ²⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
– Abhängigkeit in Bauform-II-Technik mit Schaltungsmaßnahmen nach 3)	500 ^{2),4)}	200 ²⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
– Zentralstellwerk	500 ¹⁾	300 ¹⁾ / 100 ²⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
– GS-Weichenschaltung	500 ⁴⁾	70	nicht freigegeben	nicht freigegeben
2.3 GS II DR	1170 / 670 ¹⁾	600 / 300 ¹⁾	800 ¹⁵⁾ / 400 ¹⁾	250 ¹⁾
– Abhängigkeit zw. Stellwerken		200 ^{1),2)}		200 ^{1),2)}
– Schlüsselsperre, Nahbedienung		200 ^{1),2)}		200 ^{1),2)}
– Annäherungsschaltung mit Impulsgeber bei Stromversorgung 6392.048-10033	2000 ^{1),5)}	1000 ^{1),5)}	1500 ^{1),5)}	250 ^{1),5)}

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}
noch 2.3				
– PAG-I-Anschaltung (Vorsignal) bei Stromversorgung 6392.048-10033	2000 ^{1),5)}	1000 ^{1),5)}	1500 ^{1),5)}	250 ^{1),5)}
– Vorsignalstromkreise ge/gn	670 ^{1),5)}	300 ^{1),5)}	400 ^{1),5),15)}	250 ^{1),5)}
2.4 GS II Sp 64b	1170 / 670 ¹⁾	600 / 300 ¹⁾	800 ¹⁵⁾ / 400 ¹⁾	250 ¹⁾
– Abhängigkeit zw. Stellwerken		200 ^{1),2)}		200 ^{1),2)}
– Schlüsselsperre, Nahbedienung		200 ^{1),2)}		200 ^{1),2)}
– Annäherungsschalter m. Impulsgeber bei Stromversorgung 6392.048-10033 und ausschließlicher Verwendung von Bauelementen GS II DR	2000 ^{1),5)}	1000 ^{1),5)}	1500 ^{1),5)}	250 ^{1),5)}
– PAG-I-Anschaltung (Vorsignal) bei Stromversorgung 6392.048-10033	1500 ^{1),5)}	900 ^{1),5)}	1200 ^{1),5)}	250 ^{1),5)}
– Vorsignalstromkreis ge/gn mit Trenntrafo	670 ^{1),5)}	300 ^{1),5)}	400 ^{1),5),15)}	250 ^{1),5)}
2.5 GS III Sp 68 / GS III 8030	1170 / 670 ¹⁾	600 / 300 ¹⁾	800 ¹⁵⁾ / 400 ¹⁾	250 ¹⁾
– Vorsignalstromkreis ge/gn	670 ^{1),5)}	300 ^{1),5)}	400 ^{1),5),15)}	250 ^{1),5)}
– Annäherungsschaltung mit Impulsgeber nur bei getrennter Stromversorgung 6392.048-10033 und ausschließlicher Verwendung von GS II-Bauelementen und -gruppen	2000 ^{1),5)}	1000 ^{1),5)}	1500 ^{1),5)}	250 ^{1),5)}
– PAG-I-Anschaltung (Vorsignal) nur bei getrennter Stromversorgung 6392.048-10033	1500 ^{1),5)}	900 ^{1),5)}	1200 ^{1),5)}	250 ^{1),5)}

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzult}	U_{Bzulk}	U_{Bzult}
2.6 GS II A 68 / Rangierstellwerke DR	500 ¹⁾	300 ¹⁾ 200 ^{1),2)}	400 ¹⁾	250 ¹⁾ 200 ^{1),2)}
– Lichtabdrücksignale (alle Bauformen)	500 ¹⁾	80 ^{1),2)}	400 ¹⁾	80 ^{1),2)}
2.7 EZMG	Auf elektr. Strecken unzulässig	Auf elektr. Strecken unzulässig	Auf elektr. Strecken unzulässig	Auf elektr. Strecken unzulässig
2.8 Dr S 2	960 ¹⁾		960 ¹⁾	
– Weichenschaltung		220 ¹⁾		220 ¹⁾
– Sperrsignale		wird nachgereicht		wird nachgereicht
– alle übrigen Schaltungen		250 ^{1),6)}		250 ^{1),6)}
2.9 Dr S	960 ¹⁾		960 ¹⁾	
– Weichenschaltung		220 ¹⁾		220 ¹⁾
– Sperrsignale		wird nachgereicht		wird nachgereicht
– alle übrigen Schaltungen		250 ^{1),7)}		250 ^{1),7)}

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}
2.10 Dr S 3/2	960 ¹⁾		960 ¹⁾	
– Weichenschaltung		220 ¹⁾		220 ¹⁾
– Sperrsignale		wird nachgereicht		wird nachgereicht
– alle übrigen Schaltungen		190 ^{1),8)}		190 ^{1),8)}
2.11 SpDr S57, SpDr L20, SpDr S59, SpDr L30	960 ¹⁾	140 ¹⁾	960 ¹⁾	140 ¹⁾
2.12 MCL 84, SpDr L60, SpDr S60, SpDr S 600	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
3 Elektromechanische Stellwerke				
3.1 Bauart E 12/78 (Grenzwerte gelten nur für Stellwerke der ehemaligen DR)	1170 / 670 ¹⁾	600 / 300 ¹⁾ 200 ^{1),2)}	800 ¹⁵⁾ / 400 ¹⁾	250 ¹⁾ 200 ^{1),2)}
– Annäherungsschalter m. Impulsgeber bei Stromversorgung 6392.048- 10033 ⁹⁾	2000 ^{1),5)}	1000 ^{1),5)}	1500 ^{1),5)}	250 ^{1),5)}
– PAG-I-Anschaltung (Vorsignal) bei Stromversorgung 6392.048-10033 ⁹⁾	2000 ^{1),5)}	1000 ^{1),5)}	1500 ^{1),5)}	250 ^{1),5)}
– Vorsignalstromkreise ge/gn ⁹⁾	670 ^{1),5)}	300 ^{1),5)}	400 ^{1),5),15)}	250 ^{1),5)}
– Abhängigkeit zw. Stellwerken		200 ^{1),2)}		200 ^{1),2)}
– Schlüsselsperre, Nahbedienung		200 ^{1),2)}		200 ^{1),2)}

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}
3.2 Bauart 1912 u.a. (erdfrei) Grenzwerte für Stellwerke der ehemaligen DR	500 ¹⁾	200 ^{1),2)}	400 ¹⁾	200 ^{1),2)}
3.3 Bauart 1912 u.a. (nicht erdfrei) ¹⁰⁾ Grenzwerte für Stellwerke der ehemaligen DR				
– mit Signalhaltmelder	500 ⁴⁾	12 ²⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
– Abhängigkeit zw. Stellwerken mit				
• 60 V - Technik	50	50	nicht freigegeben	nicht freigegeben
• 34 V - Technik	30	30	nicht freigegeben	nicht freigegeben
– Signalfügelkupplung	500 ⁴⁾	12 ²⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
– mit 3/4/5/-Draht-Weichenschaltung	500 ⁴⁾	70	nicht freigegeben	nicht freigegeben
– mit Signalhaltmelder in Bauform II mit Fußnote 3)	500 ⁴⁾	200 ²⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
– mit Abhängigkeit in Bauform II mit Fußnote 3)	500 ⁴⁾	200 ²⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
3.4 Bauart 1912 u.a. ¹⁰⁾ Grenzwerte für Stellwerke der ehem. DB, bitte beim Betreiber nachfragen	wie 3.2 bzw. 3.3	wie 3.2 bzw. 3.3	wie 3.2 bzw. 3.3	wie 3.2 bzw. 3.3
4 Mechanische Stellwerke				
– Normalform (erdfrei)	500 ¹⁾	300 ¹⁾ 200 ^{1),2)}	400 ¹⁾	250 ¹⁾ 200 ^{1),2)}
mit Lichtsignalen Bauform II (erdfrei)	1170 / 670 ¹⁾	600 / 300 ¹⁾	800 ¹⁵⁾ / 400 ¹⁾	250 ¹⁾
PAG-I-Anschaltung (Vorsignal) bei Stromversorgung 6392.048-10033 ⁹⁾	2000 ⁵⁾	1000 ^{1),5)}	1500 ⁵⁾	250 ^{1),5)}
• Vorsignalstromkreise ge/gn mit Trenntrafo ⁹⁾	670 ^{1),5)}	300 ^{1),5)}	400 ^{1),5),15)}	250 ^{1),5)}

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}
noch 4 – Normalform (nicht erdfrei) ¹⁰⁾ <ul style="list-style-type: none"> • Signalhaltmelder und Signalfahrtmelder (außer Meldeschaltung) • Signalhaltmelder Bauform II mit 3) • Signalfahrtmelder und Spiegelfeld (Meldeschaltung) • Abhängigkeitsschaltungen zw. Stellwerken m. Lichtsignalen mit 3) • Signalfügelkupplung 	500 ⁴⁾	12 ²⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
	500 ⁴⁾	200 ²⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
	500 ¹⁾	300 ¹⁾ 200 ^{1),2)}	nicht freigegeben	nicht freigegeben
	200 ⁴⁾	200 ²⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
	500 ⁴⁾	25 ²⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
5 Bahnübergangssicherungsanlagen				
5.1 Elektr. Voll- und Anrufschrankenanlage Bauart eVS/eAS 63 und eVS/eAS 63 b	500 ^{1),4)}	300 ¹⁾	400 ^{1),4)}	250 ¹⁾
5.2 Haltlicht- u. Halbschrankenanlagen				
– HS/HL 64c	1500 ¹⁾	900 ¹⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
– HS/HL 64b	35	35	35	35
– HS/HL 64b bzw. HS 64-Automatik mit GF 16 k GWW (50) N 65 o. galvanisch verbundener isolierter Schiene	nicht zugelassen	nicht zugelassen	nicht zugelassen	nicht zugelassen

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}
5.3 Haltlicht- und Halbschrankenanlagen mit zusätzlichen Schaltungsmaßnahmen: Ersatz isolierte Schiene bzw. GF 16 K GWW (50) N 65 durch GF 10 K GWW (50) N 80 bzw. N85 und				
– HS/HL 64b mit Relais FB 3	500 ¹⁾	300 ¹⁾	400 ¹⁾	250 ¹⁾
– HS/HL 64b mit Relais FB 3 und isolierter Fernüberwachung nach Rz 6338.008-02010	1000 ¹⁾	300 ¹⁾	800 ¹⁾	250 ¹⁾
• am Schaltgestell	500 ¹⁾	300 ¹⁾	400 ¹⁾	250 ¹⁾
– HS 64-Automatik	500 ¹⁾	300 ¹⁾	400 ¹⁾	250 ¹⁾
5.4 BÜS 72	960	250	960	250
5.5 EBÜT 80	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{BzulK}	U_{Bzulst}	U_{BzulK}	U_{Bzulst}
6 Blockanlagen				
6.1 Felderblock				
– Gleichstromblock (erdfrei)	500 ¹⁾	300 ¹⁾	400 ¹⁾	250 ¹⁾
– Gleichstromblock (nicht erdfrei)				
• mit Bauform-I-Technik ¹⁰⁾	500	100	nicht freigegeben	nicht freigegeben
• mit Bauform-II-Technik ¹⁰⁾	500	200	nicht freigegeben	nicht freigegeben
• ohne Schaltungsänderung	nicht zugelassen	nicht zugelassen	nicht zugelassen	nicht zugelassen
– Wechselstromblock				
• Rückleitung über Erde mit Schutzwiderstand nach Rz 2801.01 u. 2802.02	ab 1986 nicht zugelassen	ab 1986 nicht zugelassen	nicht zugelassen	nicht zugelassen
• zw. zwei Schutzübertragern nach Rz 6329.001-00010 Pa	2000 ¹⁾	1000 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
• Einheitsform	500 ¹⁾	300 ¹⁾	400 ¹⁾	250 ¹⁾
• Rückleitung über Erde ohne Schutzwiderstand	nicht zugelassen	nicht zugelassen	nicht zugelassen	nicht zugelassen

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}
6.2 Relaisblock				
– Bauform I und älter	500 ¹⁾	300 ¹⁾	nicht freigegeben	nicht freigegeben
– RB II 58; RB II 60 (Bauform II)	1000 ¹⁾	300 ¹⁾	800 ¹⁾	250 ¹⁾
– RB II Sp 64 (Bauform II Spurplan)	1500 ¹⁾	300 ¹⁾	1200 ¹⁾	250 ¹⁾
– RB III Sp 68	800 ¹⁾	300 ¹⁾	640 ^{1),15)}	250 ¹⁾
– zw. zwei Schutzübertragern nach Rz 6329.001-00010 Pa	2000 ¹⁾	1000 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
6.3 Automatischer Streckenblock				
– alle älteren Bauformen				
• Verbindung Blockschrank- Blockschrank bzw. Stellwerk- Blockschrank	500 ¹⁾	300 ¹⁾	400 ¹⁾	250 ¹⁾
• Verbindung Stellwerk-Stellwerk ohne zusätzliche Maßnahmen	500 ¹⁾	300 ¹⁾	400 ¹⁾	250 ¹⁾
• Verbindung Stellwerk-Stellwerk mit zusätzlichen Schaltungsmaßnahmen ¹¹⁾	1000 ¹⁾	300 ¹⁾	800 ¹⁾	250 ¹⁾
• Verbindung Stellwerk-Stellwerk mit zusätzlichen Schaltungsmaßnahmen ¹¹⁾ und Einsatz von Schutzübertragern nach Rz 6329.001-00010 Pa	2000 ¹⁾	300 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}
noch 6.3				
– AB 70				
• Verbindung zw. Schaltschranken	800 ¹⁾	480 ¹⁾	640 ^{1),15)}	250 ¹⁾
• Verbindungen zu Außenanlagen	500 ¹⁾	300 ¹⁾	400 ^{1),15)}	250 ¹⁾
• Relaissteuerung PZB / Streckenanschlag S-Bahn	800 ¹⁾	480 ¹⁾	640 ^{1),15)}	250 ¹⁾
• Verbindungen Schaltschrank-Stellwerk bzw. Stellwerk-Stellwerk	Entsprechend der Stellwerksbauf orm	Entsprechend der Stellwerksbauf orm	Entsprechend der Stellwerksbauf orm	Entsprechend der Stellwerksbauf orm
6.4 Zentralblock / Selbstblock DB				
– S 53, S 57, S 59, S 60	960	140	960	140
– L60, Zb S 65, Zb S 600	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
6.5 Relaisblock (DB)	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
6.6 Trägerfrequenzblock 71	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
6.7 Zugschlussmeldung DR	500 ¹⁾	200 ¹⁾	400 ¹⁾	200 ¹⁾

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}
7 Gleisfreimeldeanlagen				
7.1 TF-Gleisstromkreise				
– EON 1				
– EON 3				
• WS-Speisung	500 ¹⁾	300 ¹⁾	400 ¹⁾	250 ¹⁾
• GS-Speisung mit				
Gleisrelais, Bauform II	500	200	400	200
Gleisrelais, Bauform III (60 V)	500	100	400	100
Gleisrelais, Bauform III (12V, 24V, 32V)	500	50	400	50
– GF 16 k GWW (50) N 65 / WSSB				
• WS-Speisung	1500 ¹⁾	300 ¹⁾	1200 ¹⁾	250 ¹⁾
• GS-Speisung	nicht zugelassen	nicht zugelassen	nicht zugelassen	nicht zugelassen
– EON 7				
• mit Gleisrelais Bauform II (GS- und WS-Speisung)	500	100	400	100
• mit Gleisrelais Bauform III (GS- und WS-Speisung)	500	50	400	50
– GLS 9/15	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
FTGS	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}
7.2 Ein-/zweischienig isolierte Gleisstromkreise – mit Motorrelais Bauart WSSB <ul style="list-style-type: none"> • Relaisseite • Speiseseite – GF 0 – GLS (42 Hz, 100 Hz)	800 ¹⁾ 2000 ¹²⁾ 2000 ¹²⁾ 1500 ¹⁾	480 ¹⁾ 1000 1000 250 ¹⁾	640 ¹⁾ 1500 ^{1),16)} 1500 ^{1),16)} 1500 ¹⁾	250 ¹⁾ 250 250 250 ¹⁾
7.3 Achszahlmeldegeräte – Bauart WSSB (Baustein AY) – AMG mechanisch – AMG elektrisch	500 500 500	300 300 300	400 400 400	250 250 250
7.4 Achszähler	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
8 Zugbeeinflussungseinrichtungen – PZB (Relaiskasten, Gleismagnete) <ul style="list-style-type: none"> • Steuerung aus dem Stw • Steuerung aus dem Lampenstromkreis 	2000 ¹⁾ entsprechend Stellwerks- bauform	1000 ¹⁾ entsprechend Stellwerks- bauform	1500 ¹⁾ entsprechend Stellwerks- bauform	250 ¹⁾ entsprechend Stellwerks- bauform

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzult}	U_{Bzulk}	U_{Bzult}
noch 8				
– LZB	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
– Streckenanschlag S-Bahn (außer AB 70)				
• 34 V-Netz	500	20	400	20
• übrige Speisung (GS, WS)	1000	50	800	50
• mit zweipoliger Abschaltung	1000 ¹⁾	300 ¹⁾	800 ¹⁾	250 ¹⁾
9 Fernsteueranlagen				
– DUS 500	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
– F70	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
– PCS 101/111, Ursatrans 4133 mit Übertragerabschluss	2000 ¹³⁾	500 ¹³⁾	1500 ¹³⁾	250 ¹³⁾
10 Zugnummernmeldeanlagen				
– in Relais-technik	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
– Rechnertechnik	1500 ¹⁾	250 ¹⁾	1500 ¹⁾	250 ¹⁾
– Bauart WSSB mit Übertragerabschluss	2000 ¹³⁾	500 ¹³⁾	1500 ¹³⁾	250 ¹³⁾

Bezeichnung der Anlage	Zulässiger Wert U_B / V			
	DB - und DR - Werte (siehe Grundsatzfestlegungen)		DB AG	
	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}	U_{Bzulk}	U_{Bzulst}
11 Isolierte Schiene – GS - Technik <ul style="list-style-type: none"> • Magnetschaltergruppe (32, 43 u. 32/76) • WSSB, Bauform I ¹⁰⁾ • WSSB, Bauform II – WS - Technik <ul style="list-style-type: none"> • WSSB, Bauform I ¹⁰⁾ • WSSB, Bauform II 	1500	200	1200	200
	500	100	nicht freigegeben	nicht freigegeben
	2000	200	1500	200
	500	300	nicht freigegeben	nicht freigegeben
	2000	300	1500	250
12 Weichenhebelsperren <ul style="list-style-type: none"> – elektrische Weichenhebelsperre ¹⁴⁾ im mechanischen Stellwerk – elektrische Weichenhebelsperre ¹⁴⁾ im elektromechanischen Stellwerk – isolierter Gleisabschnitt 60 V / 50 Hz Rz 6369.180-00001 Ea 	500	100	400	100
	500	70	400	70
	500 ¹⁾	300 ¹⁾	400 ¹⁾	250 ¹⁾
13 Kabel mit Übertragerabschluss ¹⁷⁾ <ul style="list-style-type: none"> Fernmeldekabel Signalkabel 	2000 (DR) 1200 (DB)	500 (DR) 250 (DB)	1200	250
	2000 (DR) 1500 (DB)	2000 (DR) 250 (DB)	1500	250

Legende:

- 1) Die Signalanlagen sind erdfrei. Die Erdfreiheit wird überwacht. Bis zum Einsatz von Erd- und Gestellschluss-Überwachungseinrichtungen (EGÜ) ist eine turnusmäßige Prüfung gemäß den Merkblättern der DS 892 03 bzw. der Sammlung der Regelzeichnungen 6319.970-... zur Feststellung der Erdschlussfreiheit in Eisenbahnsicherungsanlagen, freigegeben mit der Verfügung HVSF, SF-III-3 vom 15.02.85 durchzuführen. Bei Arbeiten an diesen Anlagen sind Arbeitsschutzmaßnahmen vorgeschrieben. Die Anlagen sind der Öffentlichkeit nicht zugänglich.
- 2) Bei Verbindungen zwischen abhängigen Stellwerken oder zwischen Stellwerken und Schalteinrichtungen in Außenanlagen gilt der angegebene Wert bezogen auf die Entfernung zwischen beiden Endpunkten.
- 3) Die Gewährleistung der Betriebssicherheit der Signalanlagen, insbesondere bei nicht erdfreien Schaltungen, bedarf im Bereich der ehemaligen Deutschen Reichsbahn örtliche Schaltungsmaßnahmen, die durch das EBA Sb 7 zuzulassen sind.
- 4) Zur Gewährleistung der Betriebssicherheit der Signalanlagen gelten diese Werte für die kurzzeitige Beeinflussung bei
 - 16,7 Hz - Beeinflussung nur für $t \leq 100$ ms bzw.
 - 50 Hz - Beeinflussung nur für $t \leq 200$ ms.Hinsichtlich der Beeinflussungsdauer $1\text{ s} > t > 100\text{ ms}$ bzw. 200 ms (kurzzeitige Beeinflussung) sind die Hinweise nach 3) zu beachten.
- 5) Für die genannten Stromkreise ist eine gesonderte Berechnung für die Entfernung zwischen dem betreffenden Anlagenteil und dem zugehörigen Stellwerk zulässig (galvanisch getrennte Einzelstromkreise).
- 6) bei einer max. Stellwerkskapazität von 5,5 μF
- 7) bei einer max. Stellwerkskapazität von 16 μF
- 8) bei einer max. Stellwerkskapazität von 7,5 μF
- 9) unter ausschließlicher Verwendung von Bauelementen GS II DR
- 10) nur zulässig bei in Betrieb befindlichen Anlagen
- 11) nicht bei Relaisgruppen der Spurplantechnik
- 12) bei Relaisgruppen der Spurplantechnik nur 1500 V
- 13) leitungsseitig zulässiger Wert
- 14) GS-Technik bei Neuanlagen nur mit von der Stellwerksbatterie getrennter Stromversorgung; bei in Betrieb befindlichen Anlagen gemäß 3)
- 15) Die Werte können aufgrund von Zertifikaten des Herstellers (Innenanlagen, Außenanlagen) bezüglich erhöhter Prüfspannungen unter Beachtung der VDE-Vorschriften erhöht werden.
Bei Einzelnachweis $U_{\text{prüf}} \geq 2000\text{ V}$ für alle Komponenten durch die Hersteller ist maximal 1500 V zulässig.
- 16) bei Relaisgruppen der Spurplantechnik nur 1200 V
- 17) Übertrager mit galvanisch getrennten Wicklungen und entsprechender Prüfspannung ($\geq 2000\text{ V}$)

Anhang 2: Spezifische Erdleitfähigkeit für Strecken bzw. Streckenabschnitte in den neuen Bundesländern

entnommen der Richtlinie 819.0803, Anhang 1, der Deutschen Bahn AG

Strecke bzw. Streckenabschnitt	spezifische Erdleitfähigkeit in S/m	
	16,7 Hz	50 Hz
Angermünde - Rosow	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Angermünde - Schwedt (Oder)	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Anklam - Stralsund	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Arnsdorf (bei Dresden) - Bautzen - Görlitz	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Arnsdorf (bei Dresden) - Kamenz (Sachs)	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Arnstadt - Neudietendorf	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Arnstadt - Saalfeld (Saale)	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Arnstadt - Suhl - Meiningen	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Aschersleben - Güsten	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Baalberg - Güsten	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Bad Kleinen - Wismar	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Bad Kleinen - Herrnburg	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Bad Kösen - Camburg (Saale)	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Barleben - Wilthen	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Beelitz - Wildpark	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Berlin-Karow - Wuhlheide	$4 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Berlin Karow - Pankow	$1 \cdot 10^0$	$6 \cdot 10^{-1}$
Berlin-Kaulsdorf - Wuhlheide	$5 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-1}$
Berlin-Schönefeld (Flughafen) - Glasower Damm	$5 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-1}$
Berlin Schöneeweide - Berlin Grünau	$1 \cdot 10^0$	$6 \cdot 10^{-1}$
Berliner Ring - Seddin	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Berliner Ring - Bernau (bei Berlin)	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Berlin-Wannsee - Babelsberg	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Berlin-Wannsee - Berlin-Schöneberg	$5 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-1}$
Berlin-Wannsee - Berlin-Westkreuz	$5 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-1}$
Berlin-Westkreuz - Berlin-Baumschulenweg	$1 \cdot 10^0$	$6 \cdot 10^{-1}$
Berlin-Westkreuz - Berlin-Zool.Garten	$1 \cdot 10^0$	$6 \cdot 10^{-1}$
Berlin-Zool.Garten - Berlin-Hauptbahnhof	$1 \cdot 10^0$	$6 \cdot 10^{-1}$
Bernau (bei Berlin) - Angermünde - Anklam	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Bitterfeld - Ludwigsfelde	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Bitterfeld - Magdeburg	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Bitterfeld - Halle (Saale)	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Bitterfeld - Rackwitz (bei Leipzig)	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Biederitz - Brandenburg - Berliner Ring	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Bischofswerda - Wilthen - Ebersbach (bei	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Birkenwerder (bei Berlin) - Berlin-Karow	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Birkenwerder (bei Berlin) - Wustermark	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Blankenheim (bei Sangerhausen) - Güsten	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Böhlen (bei Leipzig) - Espenhain	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Bützow - Warnemünde	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$

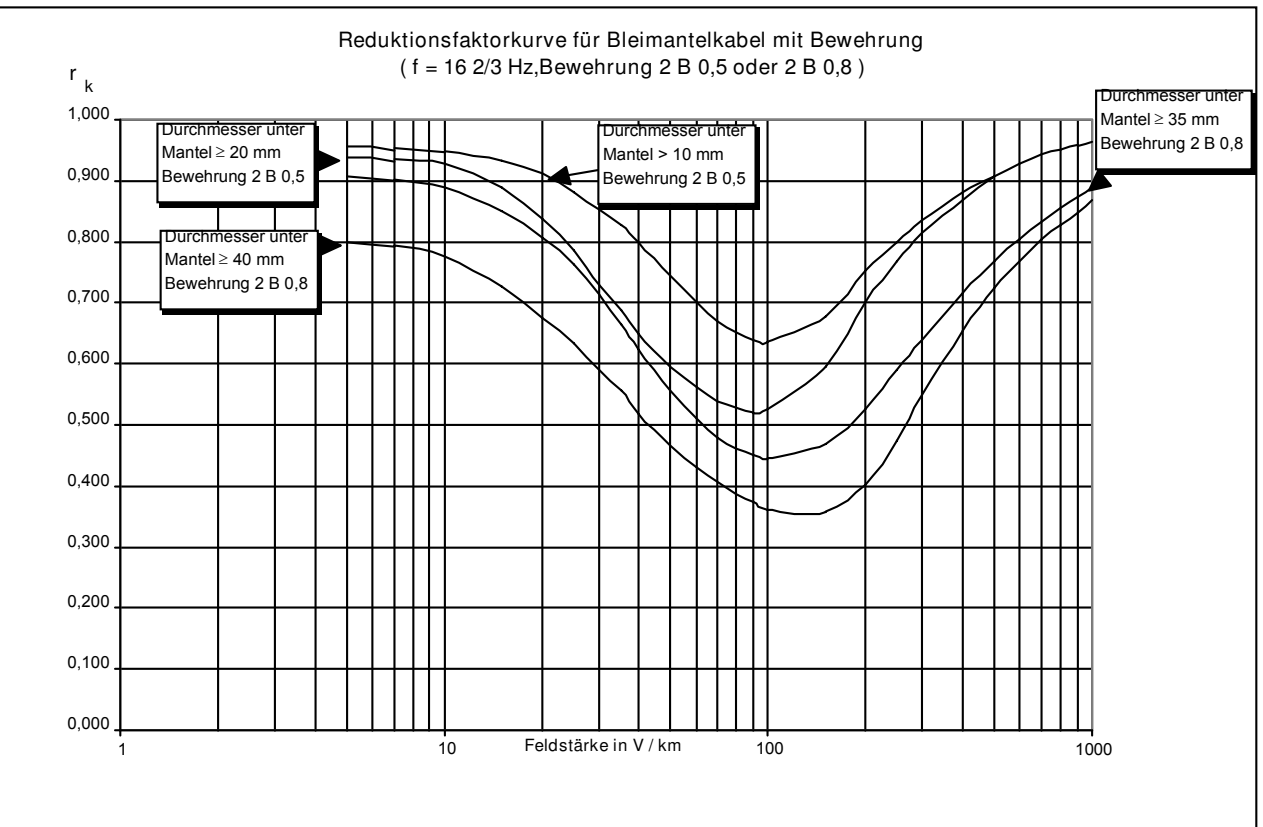
Strecke bzw. Streckenabschnitt	spezifische Erdleitfähigkeit in S/m	
	16,7 Hz	50 Hz
Bützow - Lalendorf	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Calbe (Saale) - Magdeburg	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Calau (Niederlausitz) - Cottbus	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Calau (Niederlausitz) - Senftenberg	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Camburg (Saale) - Jena	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Chemnitz - Glauchau (Sachs)	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Coswig (bei Dresden) - Döbeln	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Cottbus - Spremberg	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Cottbus - Senftenberg	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Cottbus - Forst (Lausitz)	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Damme (Uckermark) - Gramzow (Uckermark)	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Delitzsch - Eilenburg	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Dessau - Köthen - Baalberge	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Dessau - Köthen - Güsten	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Doberlug-Kirchhain - Calau (Niederlausitz)	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Döbeln - Großbothen - Borsdorf (Sachs)	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Döbeln - Chemnitz	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Dresden - Dresden-Klotzsche	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Dresden-Altstadt - Flöha	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Dresden-Klotzsche - Arnsdorf (bei Dresden)	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Dresden-Niedersedlitz - Schöna	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Ebersbach (bei Görlitz) - Zittau	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Eberswalde - Werbig	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Eilenburg - Leipzig	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Eilenburg - Falkenberg (Elster)	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Eichwalde - Königs Wusterhausen	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Eisenach - Gotha - Neudietendorf	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Elsterwerda - Riesa	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Elsterwerda-Biehla - Ruhland	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Erkner - Fürstenwalde (Spree)	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Erfurt - Sangerhausen	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Erfurt - Sondershausen - Nordhausen	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Falkenberg (Elster) - Doberlug-Kirchhain	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Falkenberg (Elster) - Elsterwerda-Biehla	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Falkenberg (Elster) - Riesa	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Falkenberg (Elster) - Jüterbog	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Flöha - Chemnitz	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Frankfurt (Oder) - Ziltendorf	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Frankfurt (Oder) - Grunow (Niederlausitz) -	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Fürstenberg (Havel) - Britz (bei Eberswalde)	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Fürstenwalde (Spree) - Frankfurt (Oder)	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Gera - Greiz	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Gera - Gößnitz	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Gera - Zeitz - Leipzig	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Gerstungen - Förtha - Eisenach	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Glasower Damm - Ludwigsfelde	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Glasower Damm - Wünsdorf	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Glauchau (Sachs) - Werdau	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$

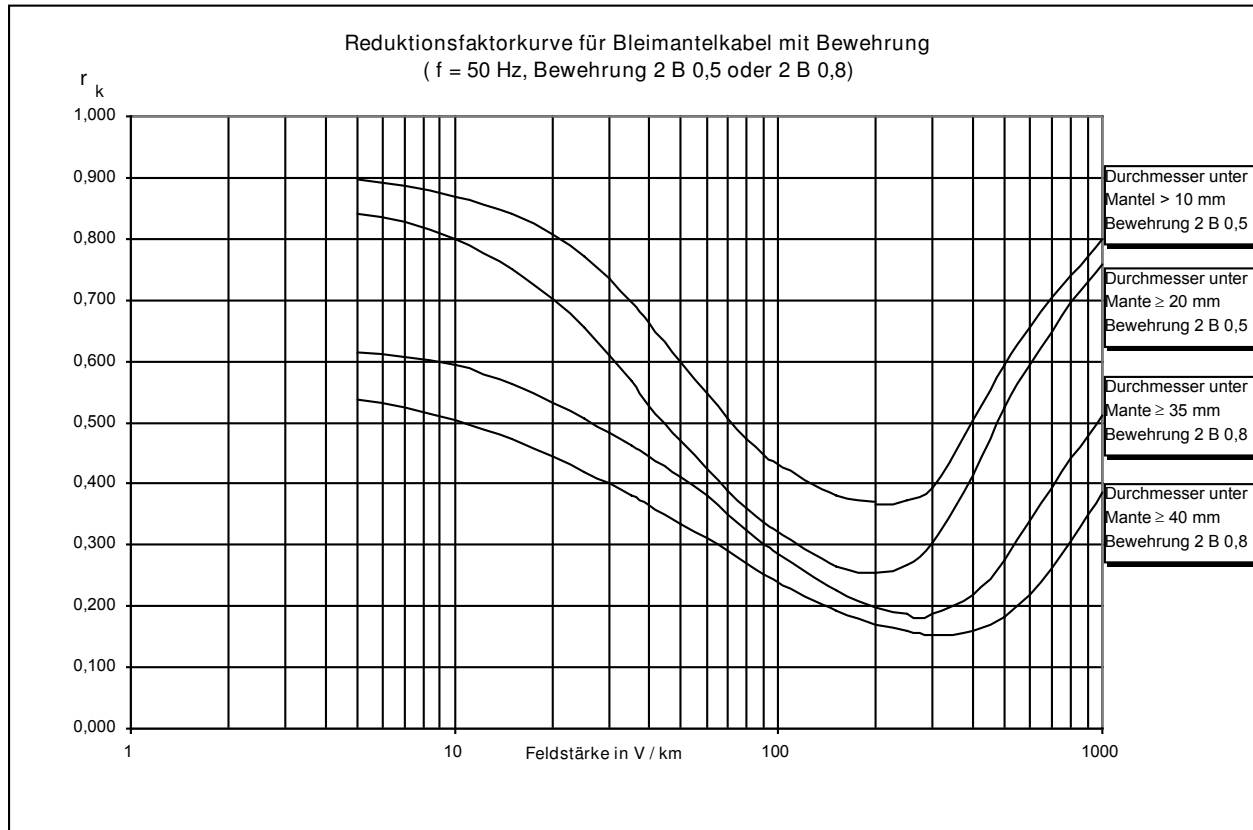
Strecke bzw. Streckenabschnitt	spezifische Erdleitfähigkeit in S/m	
	16,7 Hz	50 Hz
Geithain - Chemnitz	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Göschwitz (Saale) - Gera	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Gößnitz - Reichenbach (Vogt)	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Gößnitz - Glauchau (Sachs)	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Greiz - Weichlitz	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Großenhain - Radebeul	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Großenhain - Priestewitz	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Großkorbetha - Leipzig	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Großkorbetha - Mücheln (Geiseltal)	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Güsten - Schönebeck - Salzelmen	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Güsten - Calbe (Saale) Ost - Güterglück	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Güstrow - Schwaan	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Güterglück - Wiesenburg	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Guben - Cottbus	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Gutenfürst - Feilitzsch	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Halle (Saale) - Dölau	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Halle (Saale) - Trotha	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Halle (Saale) - Calbe (Saale)	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Halle (Saale) - Dieskau	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Halle (Saale) - Delitzsch	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Halle (Saale) - Blankenheim (bei Sangerhausen)	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Halberstadt - Blankenburg (Harz)	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Halberstadt - Oschersleben (Bode) - Magdeburg	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Herrnburg - Lübeck	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Hohenbocka - Senftenberg	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Hohenbocke - Hoyerswerda	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Hohenbocka - Kamenz (Sachs)	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Holthusen - Schwanheide	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Hoyerswerda - Niesky	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Jessen (Elster) - Falkenberg (Elster)	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Jena - Saalfeld (Saale)	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Knappenode - Spremberg	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Knappenrode - Bautzen	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Kietz - Werbig - Berlin-Kaulsdorf	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Königs Wusterhausen - Cottbus	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Lalendorf - Löwenberg (Mark)	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Lalendorf - Malchin - Neubrandenburg	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Leinefelde - Wolkramshausen	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Leinefelde - Eichenberg	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Leipzig - Gößnitz	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Leipzig - Rackwitz (bei Leipzig)	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Leipzig - Markranstädt	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Leipzig - Dieskau	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Leipzig-Paunsdorf - Geithain	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Lieske - Bahnsdorf	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Lutterstadt Wittenberg - Jessen (Elster)	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Ludwigsfelde - Wustermark	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$

Strecke bzw. Streckenabschnitt	spezifische Erdleitfähigkeit in S/m	
	16,7 Hz	50 Hz
Ludwigslust - Hagenow (Land)	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Lübbenau (Spreewald) - Calau (Niederlausitz)	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Löwenberg (Mark) - Oranienburg	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Löbau (Sachs) - Ebersbach (bei Görlitz)	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Löbau (Sachs) - Zittau	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Magdeburg - Schönebeck-Salzelmen	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Magdeburg - Stendal	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Magdeburg - Marienborn - Helmstedt	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Magdeburg - Oebisfelde	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Meinsdorf - Roßlau (Elbe)	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Meinsdorf - Lutherstadt Wittenberg	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Meiningen - Bad Salzungen - Förtha (bei	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Meißen - Coswig (bei Dresden) - Radebeul West	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Merseburg - Müncheln (Geiseltal)	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Nauen - Neustadt (Dosse)	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Neubrandenburg - Neustrelitz	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Neubrandenburg - Pasewalk	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Neustadt (Dosse) - Pritzwalk	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Neudietendorf - Weißenfels	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Neukiritsch - Borna (bei Leipzig) - Geithain	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Niesky - Horka - Görlitz	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Nordhausen - Sangerhausen - Blankenheim	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Nordhausen - Werken (Niedersachs)	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Oebisfelde - Stendal	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Oranienburg - Birkenwerder (bei Berlin)	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Osterburg - Wittenberge	$4 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$
Pasewalk - Grambow	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Passow (bei Angermünde) - Stendal	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Prenzlau - Löwenberg (Mark)	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Pritzwalk - Karow (Meckl) - Klueß	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Pritzwalk - Neustrelitz	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Priemerburg - Plaaz	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Plauen (Vogtl) ob Bf - Gutenfürst	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Plauen (Vogtl) ob Bf - Bad Brambach	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Radebeul-Naundorf - Neucoswig	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Reichenbach (Vogtl) - Plauen (Vogtl)	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Riesa - Seerhausen - Döbeln	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Riesa - Dresden	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Riesa - Leipzig	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Rostock - Wismar	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Rostock Seehafen Nord - Kavelstorf (bei	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Rostock - Kavelstorf (bei Rostock)	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Rostock - Lalendorf (über Paaz)	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Rostock - Stralsund	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Ruhland - Hohenbocka	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Ruhland - Großenhain	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Saalfeld (Saale) - Probstzella	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$

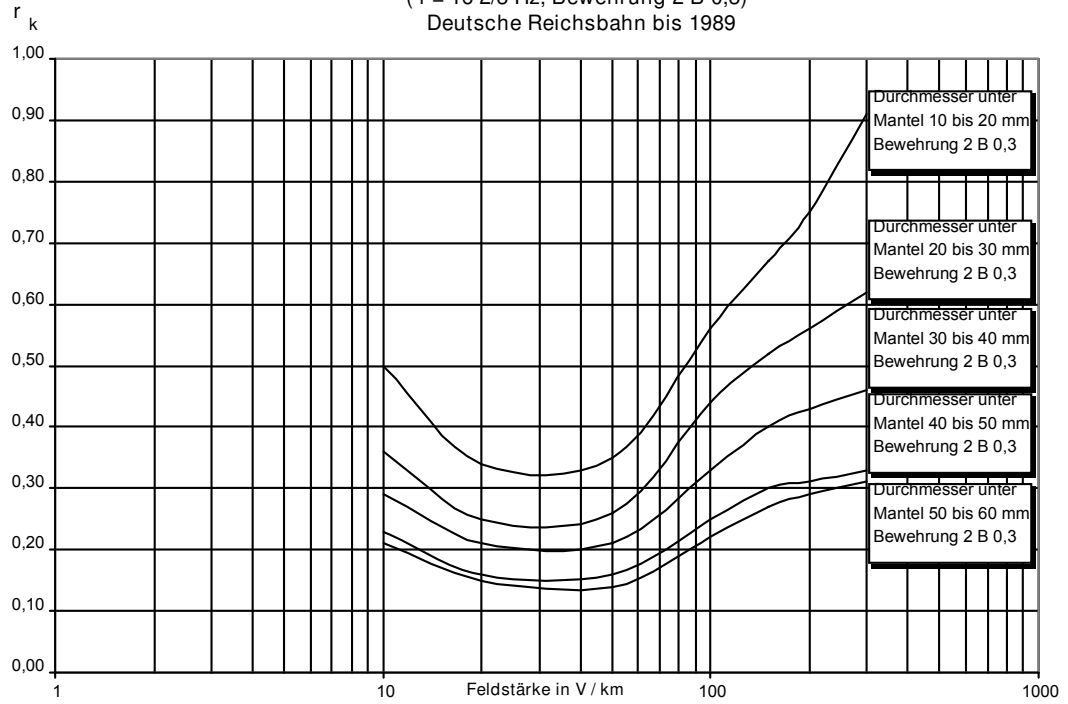
Strecke bzw. Streckenabschnitt	spezifische Erdleitfähigkeit in S/m	
	16,7 Hz	50 Hz
Saalfeld (Saale) - Triptis	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Sandersleben (Anh) - Halberstadt	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Schwanheide - Büchen	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Schwerin (Meckl) - Bützow	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Seddin - Meinsdorf	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Senftenberg - Ruhland	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Sonneberg (Thüringen) - Neustadt (bei Coburg)	$1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Spreewitz - Lieske	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Spremberg - Horka	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Stendal - Osterburg	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Stendal - Wustermark	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Stralsund - Saßnitz	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Stralsund - Neubrandenburg	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-1}$
Triptis - Weida - Gera	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Weißenfels - Halle (Saale)	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Weimar - Jena	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Weder - Wildpark	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Wildpark - Babelsberg	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Wilhelmshorst - Berlin-Wannsee	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Wittenberge - Neustadt (Dosse)	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Wittenberge - Schwerin (Meckl)	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Wittenberge - Pritzwalk	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Wustermark - Nauen	$1 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Wuhlheide - Flughafen Berlin-Schönefeld	$4 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$
Wünsdorf - Großenhain	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Zeitz - Weißenfels	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Ziltendorf - Guben	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Züssow - Wolgast	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Zwickau (Sachs) - Aue (Sachs)	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$

Anhang 3: Reduktionsfaktorkurven
entnommen aus der Richtlinie 819.0805 der Deutschen
Bahn AG

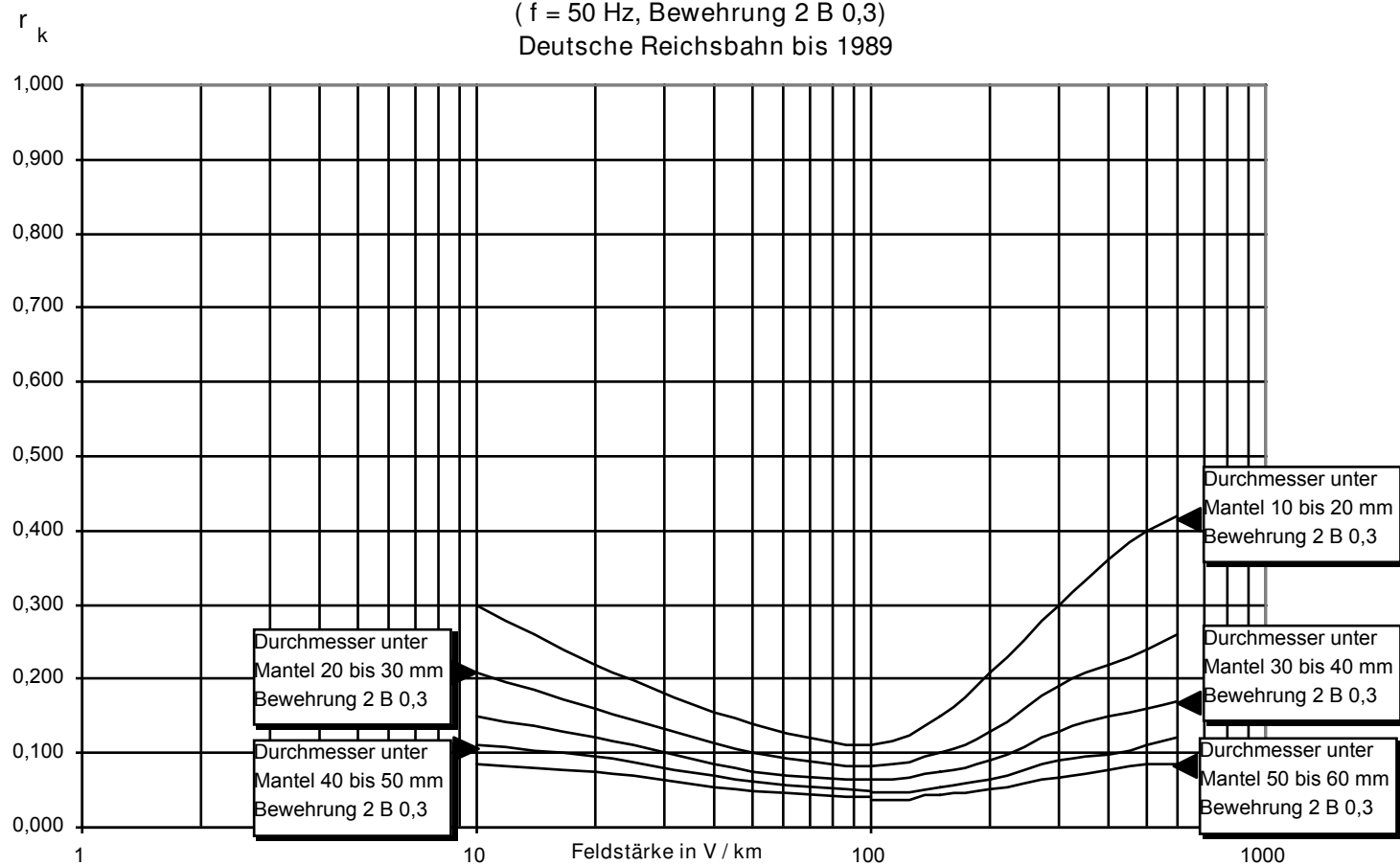




Reduktionsfaktorkurve für Aluminiummantelkabel mit Bewehrung
 ($f = 16 \frac{2}{3}$ Hz, Bewehrung 2 B 0,3)
 Deutsche Reichsbahn bis 1989



Reduktionsfaktorkurve für Aluminiummantelkabel mit Bewehrung
 (f = 50 Hz, Bewehrung 2 B 0,3)
 Deutsche Reichsbahn bis 1989



Reduktionsfaktorkurve für Bleimantelkabel mit Bewehrung
 ($f = 16 \frac{2}{3}$ Hz, Bewehrung 2 B 0,3)
 Deutsche Reichsbahn bis 1989

