

	Kurzschlußströme Berechnung der Ströme in Drehstromanlagen Teil 3: Doppelerdkurzschlußströme und Teilkurzschlußströme über Erde (IEC 909-3:1995)	DIN IEC 909-3
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0102 Teil 3
ICS 17.220.01 Deskriptoren: Elektrotechnik, Kurzschlußstrom, Berechnung, Drehstromanlage Short-circuit currents – Calculation of currents in three-phase a.c. systems – Part 3: Currents during two separate simultaneous single phase line-to-earth short circuits and partial short-circuit currents flowing through earth (IEC 909-3:1995) Courants de court-circuit Calcul des courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 3: Courants durant deux court-circuits monophasés simultanés séparés à la terre et courants de court-circuit partiels s'écoulant à travers la terre (CEI 909-3:1995) Die Internationale Norm IEC 909-3:1995 „IEC 909-3: Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems – Part 3: Currents during two separate simultaneous single phase line-to-earth short circuits and partial short-circuit currents flowing through earth“ ist unverändert in diese Deutsche Norm übernommen worden. Beginn der Gültigkeit Diese Norm gilt ab 1. Juni 1997 Der Norm-Inhalt war veröffentlicht unter E DIN IEC 73/71/DIS (VDE 0102 Teil 10):1995-07. Fortsetzung Seite 2 bis 19 Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält Festlegungen zur Berechnung der Kurzschlußströme in Drehstromanlagen bei Doppelerd-kurzschlüssen und Teilkurzschlußströmen über Erde in Übereinstimmung mit den Festlegungen in IEC 909-3.

Diese Norm ersetzt den Hauptabschnitt drei „Doppelerdkurzschluß- und Teilkurzschlußströme über Erde“ in DIN VDE 0102 (VDE 0102) : 1990-01.

Die Hauptabschnitte eins und zwei von DIN VDE 0102 (VDE 0102) : 1990-01 gelten weiterhin bis zur Fertigstellung der zweiten Ausgabe von IEC 909 und deren Annahme durch das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) als Europäische Norm.

Für die nationalen Arbeiten ist das Unterkomitee 121.1 „Kurzschlußstrom-Berechnung“ zuständig. Die Verabschiedung erfolgte durch das Komitee 121 „Kurzschlußströme“.

Die Kennzeichnung dieser Norm als „VDE 0102 Teil 3“ erfolgte im Hinblick auf die bei IEC zur Zeit in Überarbeitung befindliche IEC 909 : 1988, die nach der Neuausgabe bei IEC national als „VDE 0102 Teil 1“ gekennzeichnet werden soll.

Die nachstehende Tabelle enthält eine Übersicht der IEC-Normen mit Festlegungen über Kurzschlußströme, den ihnen entsprechenden deutschen Normen und deren Zusammenhang.

IEC-Norm	Titel	DIN-Norm	Titel
IEC 909 : 1988	Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems	DIN VDE 0102 (VDE 0102) : 1990-01	Berechnung von Kurzschlußströmen in Drehstromnetzen
	Appendix A: Calculation of short-circuit currents; Examples	DIN VDE 0102 Bbl 1 (VDE 0102 Bbl 1) : 1992-09	Berechnung von Kurzschlußströmen in Drehstromnetzen – Beispiele
IEC 781 : 1989	Application guide for calculation of short-circuit currents in low-voltage radial systems	DIN VDE 0102 Bbl 2 (VDE 0102 Bbl 2) : 1992-09	Berechnung von Kurzschlußströmen in Drehstromnetzen – Anwendungsleitfaden für die Berechnung von Kurzschlußströmen in Niederspannungsstrahlennetzen
IEC 909-1 : 1991	Technical Report: Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems; Part 1: Factors for the calculation of short-circuit currents in three-phase a.c. systems according to IEC 909	E DIN VDE 0102 Bbl 3 (VDE 0102 Bbl 3) : 1991-02	Berechnung von Kurzschlußströmen in Drehstromnetzen – Faktoren
IEC 909-2 : 1992	Technical Report: Electrical equipment; Data for short-circuit current calculations in accordance with IEC 909 : 1988	(Ist als Beiblatt 4 zu DIN VDE 0102 in Vorbereitung)	Elektrische Betriebsmittel Daten für die Kurzschlußstromberechnung nach DIN VDE 0102
IEC 865-1 : 1993	Short-circuit currents – Calculation of effects; Part 1: Definitions and calculation methods	DIN EN 60865-1 (VDE 0103) : 1994-11	Kurzschlußströme – Berechnung der Wirkung; Teil 1: Begriffe und Berechnungsverfahren (IEC 865-1 : 1993) Deutsche Fassung; EN 60865-1 : 1993
IEC 865-2 : 1994	Technical Report: Short-circuit currents – Calculation of effects; Part 2: Examples of calculation	Beiblatt 1 zu DIN EN 60865-1 (Bbl 1 zu VDE 0103) 1996-06	Kurzschlußströme – Berechnung der Wirkung; Teil 1: Begriffe und Berechnungsverfahren; Beispiele für die Berechnung
(fortgesetzt)			

IEC-Norm	Titel	DIN-Norm	Titel
(IEC 1660-1:xx) z. Zeit: IEC 73(Sec)67:1994	Calculation of short-circuit currents in a.c. auxiliary installations in power plants and substations	E DIN IEC 73(Sec)67 (VDE 0102 Teil 20):1994-10	Kurzschlußströme in Gleichstromanlagen – Berechnung von Kurzschlußströmen in Gleichstromanlagen von Kraftwerken und Schaltanlagen (IEC 73(Sec)67:1994)
(IEC 1660-2:xx) z. Zeit: IEC 73/74/CDV:1995	Short-circuit currents – Calculation of effects in a.c. auxiliary installations in power plants and substations	E DIN IEC 73/74/CDV (VDE 0103 Teil 10):1995-07	Kurzschlußströme – Berechnung der Wirkungen in Gleichstrom-Eigenbedarfsanlagen von Kraftwerken und Schaltanlagen – Teil 1: Begriffe und Berechnungsverfahren (IEC 73/74/CDV:1995)

Der Zusammenhang der in diesem Norm-Entwurf zitierten Normen und anderen Unterlagen mit den entsprechenden Deutschen Normen und anderen Unterlagen ist nachstehend wiedergegeben.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm oder andere Unterlage ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm oder anderen Unterlage.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm oder anderen Unterlage.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 909:1988	DIN VDE 0102 (VDE 0102):1990-01	VDE 0102

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN VDE 0102 Berechnung von Kurzschlußströmen in Drehstromnetzen
(VDE 0102)

Änderungen

Gegenüber DIN VDE 0102:1990-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Die IEC 909-3 ist gegenüber dem Hauptabschnitt drei von DIN VDE 0102:1990-01 ausführlicher und enthält zusätzlich zur Information:

- Anhang A – Beispiel für die Berechnung der Doppelerdkurzschlußströme auf einer einfachgespeisten Stickleitung in einem Netz mit isoliertem Sternpunkt oder mit Erdschlußkompensation
- Anhang B – Beispiel für die Berechnung der Teilkurzschlußströme über Erde bei einpoligen Erdkurzschlüssen in einem Netz mit niederohmiger Sternpunktterdung.

Frühere Ausgaben

DIN VDE 0102:1990-01

Deutsche Übersetzung

Kurzschlußströme

Berechnung der Ströme in Drehstromanlagen

Teil 3: Doppelerdkurzschlußströme und Teilkurzschlußströme über Erde

Inhalt

	Seite
1 Allgemeines	5
1.1 Anwendungsbereich	5
1.2 Normative Verweisungen	5
1.3 Begriffe	5
1.3.1 Doppelerdkurzschluß (two separate simultaneous single phase line-to-earth short circuits)	5
1.3.2 Anfangs-Kurzschlußwechselstrom I''_{kEE} bei Doppelerdkurzschluß (initial short-circuit currents during two separate simultaneous single phase line-to earth short circuits)	5
1.3.3 Erdersummenstrom I_{Etot} an der Kurzschlußstelle (total earth current at the short-circuit location)	6
1.3.4 Teilkurzschlußstrom über Erde $I_{3I(0)}$ (partial short-circuit current through earth)	6
1.3.5 Reduktionsfaktor einer Leitung k (reduction factor of line)	6
1.3.6 Eingangserdimpedanz Z_p (driving point impedance)	6
1.4 Formelzeichen	6
2 Doppelerdkurzschlußstrom	7
2.1 Berechnungsverfahren	7
2.1.1 Anfangs-Kurzschlußwechselstrom	7
2.1.2 Stoßkurzschlußstrom, Ausschaltwechselstrom und Dauerkurzschlußstrom	9
2.1.3 Verteilung der Doppelerdkurzschlußströme	9
3 Teilkurzschlußströme über Erde bei unsymmetrischen Kurzschlüssen	9
3.1 Berechnungsverfahren	9
3.1.1 Allgemeines	9
3.1.2 Erdkurzschluß innerhalb einer Anlage	9
3.1.3 Erdkurzschluß außerhalb einer Anlage	11
3.1.4 Reduktionsfaktor für Freileitungen und Kabel	12
Anhang A (informativ) Beispiel zur Berechnung eines Doppelerdkurzschlußstromes	14
A.1 Daten	14
A.2 Berechnung	14
Anhang B (informativ) Beispiele zur Berechnung von Teilkurzschlußströmen über Erde	15
B.1 Daten	15
B.2 Fall 1: Berechnung des Erdkurzschlußstromes innerhalb einer Anlage	16
B.3 Fall 2: Berechnung des Erdkurzschlußstromes außerhalb einer Anlage	18

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm beschreibt Verfahren zur Berechnung der zu erwartenden Kurzschlußströme bei unsymmetrischen Kurzschlüssen in Hochspannungs-Drehstromnetzen mit Nennfrequenz 50 Hz oder 60 Hz, und zwar

- a) der Doppelerdkurzschlußströme in Netzen mit isoliertem Sternpunkt oder Erdschlußkompensation,
- b) der Teilkurzschlußströme über Erde bei einpoligen Erdkurzschlüssen in Netzen mit starrer oder niederohmiger Sternpunktterdung.

Die mit diesen Verfahren berechneten Ströme sind zur Bestimmung der induzierten Spannungen, der Berührungs- und der Schrittspannungen sowie des Anstiegs des Erdpotentials in einer Anlage heranzuziehen.

Diese Norm gilt nicht für:

- a) Kurzschlußströme, die unter kontrollierten Bedingungen erzeugt werden, wie sie in Testfeldern herrschen,
- b) Kurzschlußströme in elektrischen Einrichtungen von Schiffen oder Flugzeugen,
- c) Erdkurzschlußströme in Netzen mit isoliertem Sternpunkt oder Erdschlußkompensation.

Ziel dieser Norm ist es, der Berechnung von Doppelerdkurzschlußströmen und Teilkurzschlußströmen über Erde bei elektrischen Anlagen handliche, einfache und ausreichend genaue Verfahren zugrunde zu legen. Zur Bestimmung des Stromes werden dabei an der Kurzschlußstelle eine Ersatzspannungsquelle angelegt und alle anderen Quellen zu Null gesetzt. Dieses Verfahren ist sowohl bei manueller und digitaler Berechnung als auch bei analoger Simulation anwendbar.

Diese Norm ist eine Ergänzung zu IEC 909. Die allgemeinen Begriffe, Formelzeichen und Annahmen zur Berechnung beziehen sich auf diese Publikation. In diesem Dokument sind lediglich Besonderheiten definiert und näher erklärt. Dies schließt nicht den Gebrauch spezieller Verfahren, wie zum Beispiel eines auf besondere Umstände angepaßten Überlagerungsverfahrens aus, wenn mindestens die gleiche Genauigkeit erreicht wird.

Kurzschlußströme und ihre Parameter dürfen, wie in IEC 909 festgelegt, ebenfalls durch Versuche im Netz, durch Messungen mit einem Netzanalysator oder mit Digitalrechnern bestimmt werden.

Die Berechnung der Kurzschlußparameter aus den Bemessungsdaten der elektrischen Betriebsmittel und der Netztopologie hat den Vorteil, daß sie sowohl für bereits existierende Netze als auch für Netze im Planungsstadium durchgeführt werden kann.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgende Norm enthält Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieser Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm war die angegebene Ausgabe gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neueste Ausgabe der im folgenden genannten Norm angewendet werden kann. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

IEC 909:1988	Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems
IEC 909-1:1991	Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems – Part 1: Factors for the calculation of short-circuit currents in three-phase a.c. systems according to IEC 909.
IEC 909-2:1991	Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems – Electrical equipment – Data for short-circuit current calculations in accordance with IEC 909 (1988)

1.3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:*)

1.3.1 Doppelerdkurzschluß (*two separate simultaneous single phase line-to-earth short circuits*)

Gleichzeitig auftretende Erdkurzschlüsse an verschiedenen Stellen in unterschiedlichen Außenleitern eines Drehstromnetzes mit Erdschlußkompensation oder mit isoliertem Sternpunkt.

1.3.2 Anfangs-Kurzschlußwechselstrom bei Doppelerdkurzschluß I''_{kEE} (*initial short-circuit currents during two separate simultaneous single phase line-to earth short circuits*)

Der Effektivwert der an beiden Kurzschlußstellen betragsgleichen Anfangs-Kurzschlußwechselströme beim Doppelerdkurzschluß im Augenblick des Kurzschlußeintrittes.

*) Nationale Fußnote: Die englischsprachigen Begriffe werden in Klammern angegeben.

1.3.3 Erdersummenstrom I_{Etot} an der Kurzschlußstelle (total earth current at the short-circuit location)

Der Effektivwert des Summenstroms, der über das Erdungssystem einer Anlage (Kraftwerk, Umspannwerk oder Schaltanlage) oder die Erdungsimpedanz eines Freileitungsmastes und über geerdete Leiter nach Erde fließt. Solche geerdeten Leiter können Erdseile von Freileitungen oder Mäntel, Abschirmungen und Bewehrungen von Kabeln sein.

1.3.4 Teilkurzschlußstrom über Erde $r_3 I_{(0)}$ (partial short-circuit current through earth)

Der Betrag des Anteils am Gesamtstrom, der dort über Erde fließt, wo die Aufteilung des Gesamtstromes zwischen geerdetem Leiter und Erde nahezu konstant ist, d. h. in großer Entfernung von der Kurzschlußstelle und dem Erdungssystem einer Anlage. Sein Betrag hängt vom Reduktionsfaktor r ab.

1.3.5 Reduktionsfaktor einer Leitung r (reduction factor of line)

Der Faktor, der den Teil des Nullstromes bestimmt, der in größerer Entfernung von der Kurzschlußstelle und dem Erdungssystem einer Anlage über Erde fließt.

1.3.6 Eingangserdimpedanz Z_p (driving point impedance)

Bei einer Freileitung wird die Eingangserdimpedanz aus der Erdseilimpedanz Z_W zwischen zwei Masten mit Erdrückleitung und dem Mastausbreitungswiderstand R_T ermittelt. Die Eingangserdimpedanz für eine Richtung ist definiert durch:

$$Z_p = \frac{Z_W}{2} + \sqrt{\left[\frac{Z_W}{2}\right]^2 + Z_W R_T} = \frac{Z_W}{2} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4 R_T}{Z_W}} \right] \quad (1)$$

mit $Z_W = Z'_W d_T$

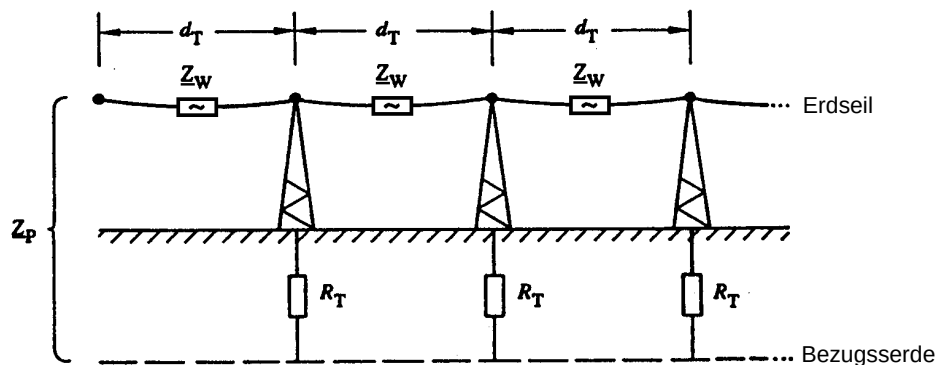


Bild 1: Unbegrenzte Kette von Freileitungsmasten mit gleichem Abstand d_T , bestehend aus der Erdseilimpedanz Z_W und dem Mastausbreitungswiderstand R_T

ANMERKUNG: In einer Entfernung von der Kurzschlußstelle F , die größer als der Anlagenfernabstand D_F nach Gleichung (16) ist, kann die Eingangserdimpedanz Z_p als konstant angenommen werden.

Für ein Starkstromkabel kann bei Berücksichtigung der speziellen Gegebenheiten eine ähnliche Näherungsberechnung durchgeführt werden.

1.4 Formelzeichen

Alle Gleichungen sind Größengleichungen, wobei die Formelzeichen physikalische Größen repräsentieren, die aus Zahlenwert mal Einheit bestehen. Die Formelzeichen für komplexe Größen sind unterstrichen.

c	Spannungsfaktor nach IEC 909, Tabelle I
$c U_n / \sqrt{3}$	Ersatzspannungsquelle an der Kurzschlußstelle nach IEC 909 (Effektivwert)
D_F	Anlagenfernabstand
d_T	Mastabstand nach Bild 1
I_{bEE}	Ausschaltwechselstrom bei Doppelerdkurzschluß (Effektivwert)
I_{Etot}	Erdersummenstrom an der Kurzschlußstelle (Effektivwert)
I''_{k1}	Anfangs-Kurzschlußwechselstrom bei einpoligem Erdkurzschluß (Effektivwert)
I''_{kEE}	Anfangs-Kurzschlußwechselstrom bei Doppelerdkurzschluß (Effektivwert)
I''_{kE2E}	Anfangs-Kurzschlußwechselstrom, der bei einem zweipoligen Kurzschluß mit Erdberührung über Erde fließt (Effektivwert), siehe IEC 909