

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Workshop
Betriebs- und
Schutzerdungen
für Anlagen größer
1000V


VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 1




VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Mit sehr freundlicher Unterstützung
der Fa. Dehn und Söhne, Neumarkt


Co-Workshopleiter
Manfred Silberhorn




VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 2



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.




Agenda

- Normative Vorgaben
- Globales Erdungssystem
- Auslegung auf 50 Hz Kurzschluss
- Installation und Materialauswahl
- 50 Hz Strombelastbarkeit Prüfungen/Prüfaufbau
- Klemmen und Verbinder
- Korrosion von Erdungssystemen


VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 3



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Normative Vorgaben

DIN EN 61936-1 2011-11

Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über
1kV


DIN EN 5022 2011-11

Erdung von Starkstromanlagen mit
Nennwechselspannungen über 1kV


VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 4



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.




Normative Vorgaben


DIN VDE 0141 2000-01
Erdungen für spezielle Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1kV

DIN VDE 0151 1986-06
Werkstoffe und Mindestmaße von Erdern bezüglich der Korrosion

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 5



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.




Normative Vorgaben


Einteilung der MS- oder HS-Netze

- Netz mit isoliertem Sternpunkt
- Netz mit Erdschlusskompensation $\left(X_D = \frac{1}{3\omega C_E} \right)$
- Netz mit niederohmiger Sternpunktterdung
- Netz mit vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 6



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Normative Vorgaben


Bemessung im Hinblick auf thermische Beanspruchung der Kurzschlussarten

Typische Erdungen im Mittelspannungsnetz:


- Niederohmige Erdung; typisch für 110kV und Städtetze (10kV, 20kV oder 30kV)
- Isolierter Sternpunkt
- Resonanz – Sternpunktterdung, sog. Gelöschtes Netz

Grundsätzlich sind die Erdungsleiter nach dem Doppelschluss, also dem Erdschluss von 2 Außenleitern gleichzeitig, auszulegen.

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 7



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.




Normative Vorgaben


Begriffe

- **Bezugserde (ferne Erde)**
Teil der Erde, der als elektrisch leitfähig angesehen wird, außerhalb des Einflussbereichs von relevanten Erdungsanlagen liegt und dessen elektrisches Potential durch Vereinbarung gleich null gesetzt wird
- **Erder**
leitfähiges Teil, das in ein bestimmtes leitfähiges Medium, zum Beispiel Beton oder Koks, eingebettet sein kann und in elektrischem Kontakt mit Erde steht
- **Erdungsleiter**
Leiter, der einen Strompfad oder einen Teil des Strompfads zwischen einem gegebenen Punkt in einem Netz, in einer Anlage oder in einem Betriebsmittel und einem Erder herstellt

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 8



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Normative Vorgaben


Begriffe

Potentialausgleich
Elektrisch leitende Verbindung zwischen leitfähigen Teilen zur Beseitigung von Potentialunterschieden zwischen diesen Teilen


Potentialsteuerung
Veränderung des Erdoberflächenpotentials - insbesondere an der Erdoberfläche - mit Hilfe von Erdern

- Potentialverschleppung**
Verschleppung des Potentials einer Erdungsanlage durch einen mit dieser verbundenen Leiter (z. B. Kabelschirm, PEN-Leiter, Rohrleitung, Gleise) in Gebiete mit geringer oder keiner Potentialanhebung gegenüber der Bezugserde, so dass an diesem Leiter ein Potentialunterschied gegen die Umgebung abgreifbar ist

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 9

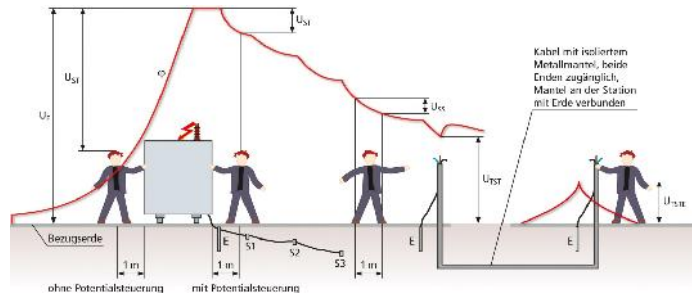


VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Normative Vorgaben

Verlauf des Erdoberflächenpotentials und Spannung bei stromdurchflossenen Leitern




E Erder
S1, S2, S3 Potentialsteuererder
U_E Erdungsspannung
U_{SS} Leerlauf-Schrittspannung
U_{ST} Leerlauf-Berührspannung

U_{TST} verschleppte Berührspannung (Mantel am entfernten Ende nicht geerdet)
U_{TSTE} verschleppte Berührspannung (Mantel am entfernten Ende geerdet)
φ Erdoberflächenpotential

Lit.: DIN VDE 0101 (VDE 0101):2000-01.


Bild: Fa. Dehn, Neumarkt

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 10



28.04.14 / 5505_D_13

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.




Das globale Erdungssystem


Unter dem Begriff „Globales Erdungssystem“ versteht man ein örtlich dicht zusammenhängendes Erdungssystem, welches aus vielen Einzelerdungen besteht und durch die sehr kleinen räumlichen Unterschiede zwischen den Erdungen bewirkt, dass keine oder nur geringe Berührungsspannungen auftreten können. Als zusätzlicher Begriff kann hier „Quasiäquipotentialfläche“ genommen werden. Typisch für eine solche Anordnung sind Stadtzentren oder sonstige enge und polypole Erdungssysteme.

- die Anzahl der vermaschten Erder beträgt mindestens 10 (freie Festlegung / nicht normativ)
- durch die Vielzahl von künstlichen und natürlichen Erdern und deren direkte oder indirekte Verbindung können kaum noch Potentialdifferenzen auftreten (ein großer Spannungstrichter)

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 11

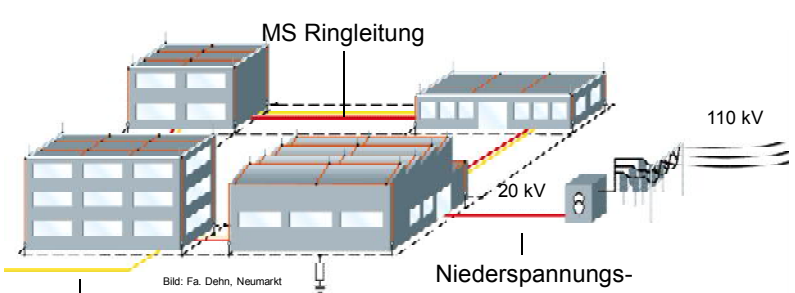


VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Das globale Erdungssystem

Anschluss eines Industrie-Unternehmens an die Energieversorgung



MS Ringleitung

110 kV


20 kV

Niederspannungsversorgungs-System


Informationstechnisches System

Bild: Fa. Dehn, Neumarkt

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 12

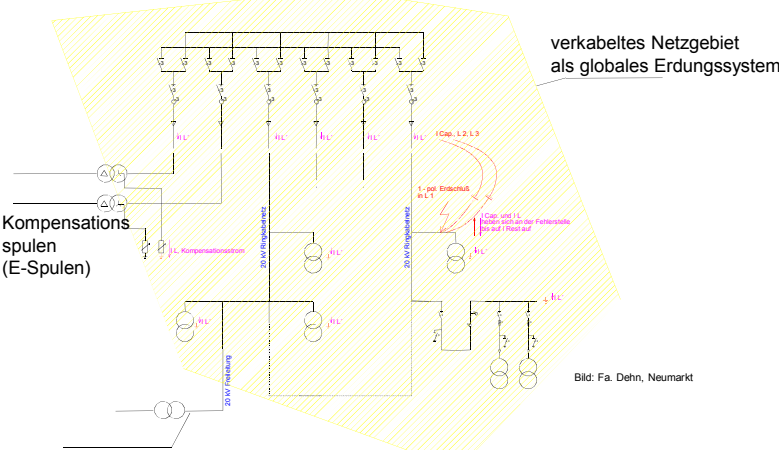


VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Das globale Erdungssystem


Netzbetrieb mit Erdfehler



verkabeltes Netzgebiet als globales Erdungssystem

Kompensations spulen (E-Spulen)


VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 13



Freileitungsausläufer
evtl. nicht Bestandteil des globalen Erdungssystems,
Verhältnisse genau prüfen!

Bild: Fa. Dehn, Neumarkt

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.




Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss


Folgende 4 Anforderungen müssen erfüllt sein:

- mechanische Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit
- Beherrschung des höchsten Fehlerstromes aus thermischer Sicht
- keine Beschädigung von Sachen und Betriebsmitteln
- **Sicherheit von Personen im Hinblick auf Spannungen an Erdungsanlagen, auch während des höchsten Erdfehlerstromes**

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 14



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.




Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss


Dimensionierung von Erdungsanlagen hinsichtlich Strombelastbarkeit im Allgemeinen

- Analyse der verschiedenen möglichen Fehlerarten (individuelle Prüfung!) mit Quantifizierung der zu erwartenden Fehlerströme
- getrennte Betrachtung für die Ober- und Unterspannungsseite (MS / NS) zwingend erforderlich
- normative Festlegungen gemäß DIN VDE 0102, DIN VDE 0101, DIN VDE 0100-540

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 15



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.




Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss


Dimensionierung von Erdungsanlagen hinsichtlich Strombelastbarkeit für die Mittelspannungsseite

- 3-pol. Fehler belastet das Erdungssystem abgesehen von Einschwingvorgängen nur unwesentlich
- 1-pol. Erdfehler belastet das Erdungssystem im kompensierten Netz lediglich mit dem Erdschluss-Reststrom, Werte unkritisch, da max. im Bereich einiger 10 A (in Netzen mit niederohmiger Sternpunktterdung genaue Berechnung erforderlich)
- 2-pol. Doppelerdschluss ist als Grundlage zur Dimensionierung heranzuziehen, bei dieser Fehlerart maximale Belastung für den Erdsammelleiter innerhalb der Anlage / Station
 $I''_{KEE} \approx 0,85 \times I''_{k3p}$

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 16



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss

Maßgebende Ströme für die Bemessung von Erdungsanlagen


Art des Hochspannungsnetzes	Maßgebend für die thermische Belastung ^{a,c}		Maßgebend für Erdungs- und Berührungsspannungen
	Erdor	Erdungsleiter	
Netz mit isoliertem Sternpunkt	I''_{kEE}	I''_{kEE}	$I_E = r \cdot I_0$
Netz mit Erdschlußkomponente n	In Anlagen mit E-Spule	I''_{kEE}	$I_E = r \cdot \sqrt{I_L^2 + I_{Res}^2}$
	In Anlage ohne E-Spule	I''_{kEE}	$I_E = r \cdot I_{Res}$

Tabelle: Fa. Dehn, Neumarkt

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 17



a) Stromverteilung im Erdernetz darf berücksichtigt werden,

e) Mindestquerschnitte gemäß Anhang C müssen beachtet werden

c) Erdungsleiter nach dem größten Strom der Spulen

I''_{kEE} : Doppelerdschlussstrom ($I''_{kEE} \approx 0,85 \times I''_{k3p}$)


I_L : Summe Bemessungsströme aller parallelen E-Spulen berechneter kapazitiver Erdschlußstrom

I_{Res} : Erdschlußreststrom ($\approx 10\% \times I_L$)

r : Reduktionsfaktor gem. Anhang I

I_E : Erdungsstrom

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss

Mindestquerschnitte für Erdungs- und Potentialausgleichsleiter

Normative Festlegungen hinsichtlich mechanischer Festigkeit und Korrosion nach DIN VDE 0101 Teil 2, 5.2.2 und 5.2.3

- **Kupfer: 16 mm²**
- **Aluminium: 35 mm²**
- **Stahl: 50 mm²**


Anmerkung:
Der tatsächlich erforderliche Querschnitt ist zu ermitteln unter Beachtung der gegebenen Strombelastung.

Der Querschnitt **von Erdern** ist in VDE 0151 definiert.


VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 18



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.




Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss


Dimensionierung der Erdungsanlage hinsichtlich Strombelastbarkeit für die NS-Seite

- Ein 3-pol. Fehler belastet das Erdungssystem abgesehen von Einschwingvorgängen nur unwesentlich.
- Ein 1-pol. Erdfehler zwischen Trafo und NS-Anlage stellt die höchste Belastung für den angeschlossenen Schutzpotentialausgleichs- und PEN-Leiter dar, zu betrachten ist der sich dabei ergebende Fehlerstromkreis.
- Ein doppelter Erdschluss mit 2 verschiedenen, von einander unabhängigen Fehlern (an verschiedenen Orten), braucht NS-seitig nicht betrachtet zu werden, (s. Grundsatz gem. DIN VDE 0100-410, „Schutz unter Einzelfehlerbedingungen“, Abschaltung beim 1. Fehler).

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser:
Fabian Studtmann
Folie Nr. 19



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss


1-poliger Kurzschluss-Strom I_{k1p}

$$I_{k1p} = c \cdot U_n / (\sqrt{3} \cdot Z_s)$$

- in Abhängigkeit von treibender Spannung und Schleifenimpedanz
- Schleifenimpedanz nur messtechnisch ermittelbar
- exaktes praxisgerechtes Berechnungsverfahren nicht gegeben

Eine quantitative Abschätzung ist nur näherungsweise möglich.
Diese erfolgt über die Berechnung I_{k3p}

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser:
Fabian Studtmann
Folie Nr. 20



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss

Mittelspannungstransformator



Niederspannungs-Schaltanlage
230/400 V


Erdungs-sammelleiter

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 21



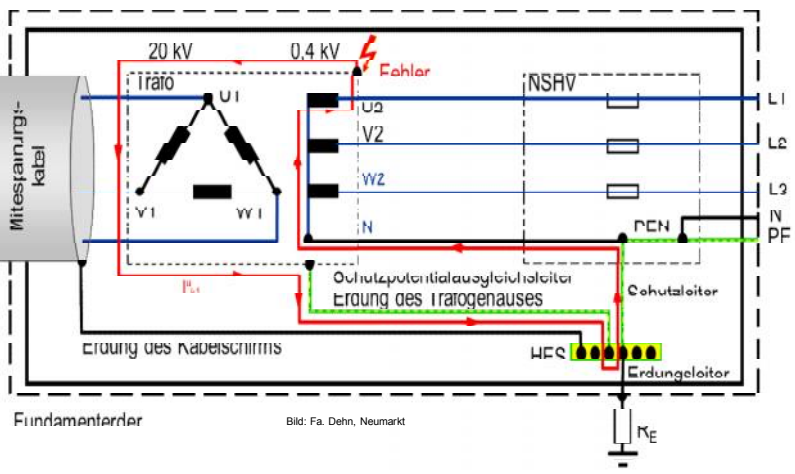
Bilder: Fa. Dehn, Neumarkt

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss

Trafostation mit integrierter Niederspannungshauptverteilung



20 kV 0,4 kV Fehler

Mittelspannungskabel

U1 U2 V1 V2 W1 W2 N

NSRV

L1 L2 L3 N PE

PCN

Schutzpotentialausgleichsleiter

Erdung des Trafogehäuses

Schutzleiter

Erdungsleiter


Fundamentarleiter

KES

PE

Bild: Fa. Dehn, Neumarkt

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 22



30.04.14 / 2321_D_2

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.

VDB **Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss**

Doppelerdschluss auf MS-Seite an Stromwandler 24 kV mit vorangegangenem 1-pol. Erdschluss in Phase L3



VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 23



Quelle: Ingenieurbüro Biebl

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.

VDB **Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss**

Gießharztrafo 630 kVA, 24 / 0.4 kV
Durchschlag US Wicklung gegen Erde



VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 24



Quelle: Ingenieurbüro Biebl

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss

Trafo Mittelspannung 20 / 0,4 kV; Ansicht und tech. Daten




Typ/SUC	630/440	Nr:	521000	Baujahr	1989/90	VDE 0532
Nennleistung	630	kVA	Art	LT	Frequenz	50 Hz
St.	20/0,4	V	Betrieb	Dauer	Schaltgruppe	Dyn 5
Nennspannung	20/0,4	V	Reihe	24/12	Kühlungsart	ONAN
Nennstrom	909,3	A	Gesamtgewicht	1,7	t	
Kurzschl. Spannung	6,05	%	Übergewicht	0,35	t	
Kurzschl. Strom	10,0	kA	Herstellbarer Teil	0,85	t	
Disorte:	FRANKE 3000		Kurzschlußdauer max.	3	s	

Nennleistung

630 kVA

Kurzschl. Spannung

6,05 %

Nennstrom


909,3 A (s)

Bilder: Fa. Dehn, Neumarkt

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
 Verfasser: Fabian Studtmann
 Folie Nr. 25



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss

1-pol. Erdkurzschluss im Transformator (US-seitig) Ermittlung der Abschaltzeit

- Für den 3-pol. Kurzschlussstrom gilt am Trafo $I''_{k3p} = S_N / (\sqrt{3} \cdot U_N \cdot u_k)$

Beispiel: Trafo 630 kVA
 $U_k = 4 \%$
 $U_N = 20 / 0.4 \text{ kV}$
 Übersetzung $\dot{U} = 50$


- $\rightarrow I''_{k3p} = 22,7 \text{ kA}$
- $\rightarrow I''_{k3p}$ übertragen auf OS-seite = 22,7 kA / $\dot{U} = 22,7 \text{ kA} / 50 = 450 \text{ A}$

Oberspannungsseitige Absicherung mittels HH-Sicherungen, Nennstrom 31.5 ... 50 A , gemäß Kennlinienfeld allpolige Auslösung 450 A nach ca. 35 ms.

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
 Verfasser: Fabian Studtmann
 Folie Nr. 26



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss

Dimensionierung von Schutzpotentialausgleichs- und PEN-Leiter

- Querschnittsberechnung für Schutzpotentialausgleichsleiter- und PEN-Leiter gem. DIN VDE 0100-540:
- **$S = I / k \cdot \sqrt{t}$**

k Materialbeiwert Kupfer = 143


- t = Abschaltzeit in sec.
- I = Fehlerstrom in A

• Im Beispiel:


- **$S = 22700/143 \cdot \sqrt{0.035} = 29,7 \text{ mm}^2$**

In der Praxis wird z. B. auf 50 mm² aufgerundet!

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 27



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss


Erforderliche Querschnitte für Schutzpotentialausgleichs- und PEN-Leiter

Trafoleistung (kVA)	Übersetzung O8 / U8 (kV)	Uk (%)	I ₀ U8-seitig (kA)	I ₀ O8-seitig (A)	Absicherung I _n HH (A)	Abschaltzeit (ms)	Querschnitt 6FA/PEN (mm ²)
630	10 / 0.4	4	22,73	909	63	20	50*
630	20 / 0.4	4	22,73	455	31,5...40	70	50*
630	10 / 0.4	6	15,15	606	63	80	50*
630	20 / 0.4	6	15,15	303	31,5...40	500	50*
800	10 / 0.4	6	19,25	770	80 ssk	120	50
800	20 / 0.4	6	19,25	385	40...50	300	70
1000	10 / 0.4	6	24,06	962	100 ssk	180	70
1000	20 / 0.4	6	24,06	481	50...63	200	95
1250	10 / 0.4	6	30,07	1203	LSI	~ 200	95
1250	20 / 0.4	6	30,07	601	63	90	95*
1600	10 / 0.4	6	38,49	1540	LSI	~ 200	120
1600	20 / 0.4	6	38,49	770	80	125	95


* = aufgerundet zum nächsthöheren Leiter-Nennquerschnitt, Werte immer mit größerer HI-Sicherung gerechnet

Quelle: Ingenieurbüro Biebl

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 28



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss

Nennleistung von Transformatoren (DIN 42500 Teil 1) und Doppelerdschlussströme


Transformator - Nennleistung in kVA									
250	315	400	500	630	630	800	1000	1250	1600
$u_k - 1\%$					$u_k - 6\%$				
Doppelerdkurzschlussstrom I''_{kEE} in kA für die Sekundärseite 400V									
1,01	9,00	12,23	15,34	19,32	12,00	10,30	20,40	20,00	32,12

Tabelle: Fa. Dehn, Neumarkt

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln


Verfasser: Fabian Studtmann

Folie Nr. 29



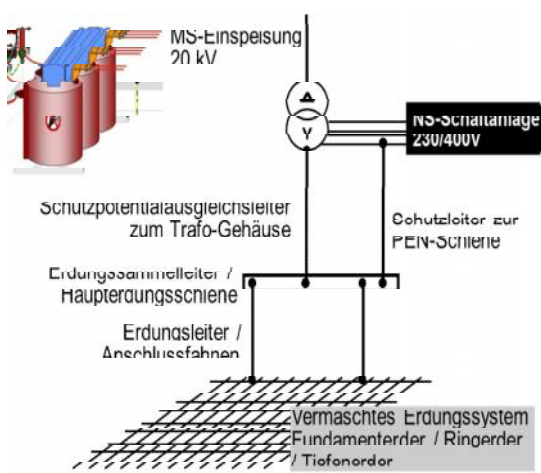
Anmerkung:
 Erdungsleiter und Erder sind nach dem Doppelerdschlussstrom auszulegen.
 Der genormte Wert für die Bemessungs-Kurzschlussdauer beträgt 1s.


VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss

Prinzipschaltbild






Bilder: Fa. Dehn, Neumarkt


VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln

Verfasser: Fabian Studtmann

Folie Nr. 30

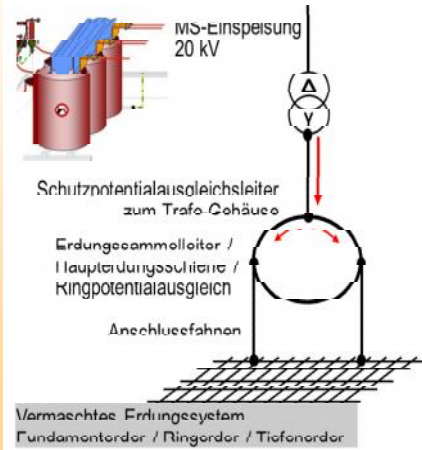


VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss

Prinzipschaltbild



MS-Einspeisung
20 kV

Schutzneutralausgleichsleiter
zum Trafo-Cobäueo

Erdungssammelleiter /
Haupterdungsleiter /
Ringpotentialausgleich

Anschlussfahnen

Viersechtes Erdungssystem
Fundamentortler / Ringortler / Tiefentortler

Berechnung (worst case)

$$I''_{k3\phi} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U \cdot u_k} \text{ [A]}$$

$$I''_{kEF} = 0,05 \cdot I''_{k3\phi} \text{ |A|}$$


$$I''_{kEF} (\text{Zweil}) = 0,05 \cdot I''_{kEF} \text{ [A]}$$

$$I''_{kEE} (\text{Masche}) = 0,05 \cdot I''_{kEE} (\text{Zweil}) \text{ [A]}$$

Blitzschutz Logo

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 31
Bilder: Fa. Dehn, Neumarkt

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss


Gemeinsame Erdungsanlagen für Hoch- und Niederspannungsnetze

Die üblich verwendete Methode ist die Verbindung der Erdungen untereinander. Die Hochspannungs- und Niederspannungserdungen müssen untereinander verbunden sein, wenn das Niederspannungsnetz sich insgesamt im Bereich der Hochspannungserdungsanlage befindet. Im Falle eines Erdschlusses auf der Hochspannungsebene ist der Fehlerstrom von der Fehlerschleifenimpedanz abhängig, d.h. davon, wie der Sternpunkt der Hochspannungsseite geerdet ist. Der Fehlerstrom bewirkt ein Anheben des Potentials der fremden leitfähigen Teile der Transformatorstation in Bezug zur Erde. Bemessungsgrößen sind hier die Höhe des Fehlerstromes und der Widerstand des Erders der Transformatorstation. Die Fehlerspannung kann hierüber mehrere tausend Volt betragen. Es sind die Bedingungen nach DIN VDE 0100 Teil 442 einzuhalten.

Blitzschutz Logo

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 32

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss

Folgerungen und Lösungsansätze für die Praxis

1.) MS-Anlagen > 1 kV und Stationen

Anlage befindet sich im globalen Erdungssystem


oder

- $U_E \leq 2 U_{Tp}$ erfüllt, ist nachzuweisen
- oder
- $U_E \leq 4 U_{Tp}$ erfüllt in Verbindung mit Ersatzmaßnahme M (z. B. Potentialsteuerung)


VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 33



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Auslegung auf 50Hz - Kurzschluss

Folgerungen und Lösungsansätze für die Praxis


2.) NS-Anlagen bis 1 kV

- Zusammenschluss von Schutz- und Betriebserde immer empfohlen, wenn zulässig.
- Trennung der Erdungsanlagen kann bei Netzausläufern zur Vermeidung von Potentialverschleppung nötig werden (individuelle Prüfung!).
- VDE 0100 setzt die maximal zulässige Berührspannung mit $U_{Bzul} = 50 \text{ V}$ niedriger an als VDE 0101 mit $U_{Tp} = 80 \text{ V}$.
- Es ist zu prüfen, welcher Maximalwert für die Netzauslegung herangezogen werden darf.

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 34



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Installation und Materialauswahl

Beispielbilder



VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 35



Bild: Fa. Dehn, Neumarkt

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Installation und Materialauswahl

Beispielbilder



VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 36



Bild: Fa. Dehn, Neumarkt

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Installation und Materialauswahl

Beispielbilder



VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 37



Bild: Fa. Dehn, Neumarkt

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Installation und Materialauswahl

Beispielbilder



VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 38



Bild: Fa. Studtmann, Hemsbünde

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Installation und Materialauswahl

Beispielbilder



VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 39



Bild: Fa. Studtmann, Hemsbünde

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Installation und Materialauswahl

Beispielbilder



VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 40



Bild: Fa. Studtmann, Hemsbünde

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Installation und Materialauswahl

Beispielbilder



VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 41



Bild: Fa. Studtmann, Hemsbünde

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Installation und Materialauswahl

Beispielbilder



VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln


Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 42



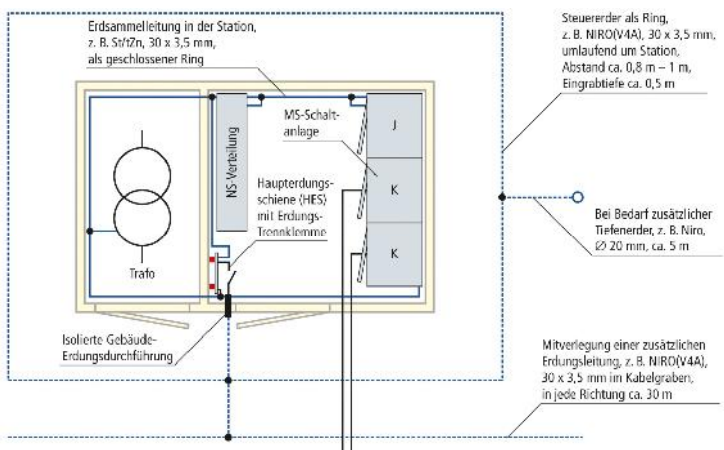
Bild: Fa. Mauermann, Paderborn

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Installation und Materialauswahl

Beispiel der Erdungsmaßnahmen an einer Netzstation



Erdsammelleitung in der Station, z. B. St/2n, 30 x 3,5 mm, als geschlossener Ring

Steuererderring als Ring, z. B. NIRO(V4A), 30 x 3,5 mm, umlaufend um Station, Abstand ca. 0,8 m – 1 m, Eingrabtiefe ca. 0,5 m

Bei Bedarf zusätzlicher Tiefenerdungsstab, z. B. NIRO, Ø 20 mm, ca. 5 m

Mitverlegung einer zusätzlichen Erdungsleitung, z. B. NIRO(V4A), 30 x 3,5 mm im Kabelgraben, in jede Richtung ca. 30 m

Isolierte Gebäude-Erdungsdurchführung

NS-Verteilung

MS-Schaltanlage

Haupterdungsschiene (HES) mit Erdungstronkklammer

Trafo

J

K


K

Lit.: VDE Verlag Band 6, „Erdungsanlagen“, S. 107 ff.


VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln

Verfasser: Fabian Studtmann

Folie Nr. 43



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Installation und Materialauswahl


Auszuwählendes Material muss berechnet werden, hergestellte Verbindungen müssen geprüft sein!

- Bänder
- Drähte
- Erdungsfestpunkte
- Erder- und Wanddurchführungen
- Klemmen
- Verbinder
- Funkenstrecken
- Tiefenerdungsstäbe
- etc.

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln

Verfasser: Fabian Studtmann

Folie Nr. 44



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Strombelastbarkeit Prüfungen

Strombelastbarkeit 50 Hz
Prüfaufbau für Erdungsfestpunkt



Prüfung mit Temperaturfühlern

VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln


Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 45



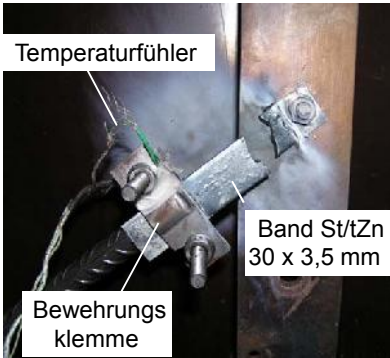
Bild: Fa. Dehn, Neumarkt

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Strombelastbarkeit Prüfungen

Abbrandversuch mit 50 Hz Kurzschlussstrom



Prüfstrom 14,7 kA, $t = 1$ s

Temperatur der Klemme
nach der Beanspruchung:
108°C

Nennbelastung
Band St/tZn 30 x 3,5 mm:
7,35 kA

Bewertung:
Schwachstelle ist das
Erdungsband !

VDB Forum am
4. und 5. November
2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 46


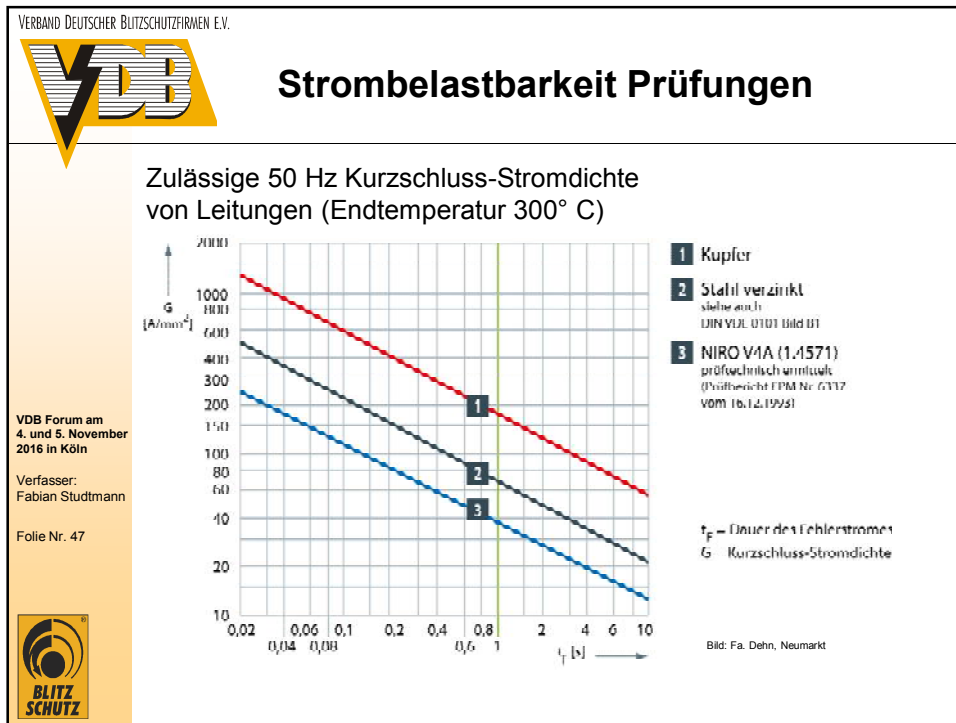


Bild: Fa. Dehn, Neumarkt



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Strombelastbarkeit Prüfungen

Zulässige 50 Hz Kurzschluss-Stromdichte von Leitungen (Endtemperatur 300° C)

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln

Verfasser:
Fabian Studtmann

Folie Nr. 48



Zeit	St/Zn	Kupfer	NIRO (V4A)
0,3 s	129 A/mm ²	355 A/mm ²	70 A/mm ²
0,5 s	100 A/mm ²	275 A/mm ²	55 A/mm ²
1 s	70 A/mm ²	195 A/mm ²	37 A/mm ²
3 s	41 A/mm ²	112 A/mm ²	21 A/mm ²
5 s	31 A/mm ²	87 A/mm ²	17 A/mm ²

Tabelle: Fa. Dehn, Neumarkt

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Korrosion von Erdungssystemen

Vergleich VA zu verzinkt, Einbauzeit 2,5 Jahre



VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 49



Bild: Fa. Dehn, Neumarkt

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Korrosion von Erdungssystemen

Montagebeispiel Erder Typ A
Vertikalerder (Tiefenerder) und Verbindungen




- Stellen mit erhöhter Korrosionsgefahr, wie Einführungen in den Beton oder ins Erdreich, werden korrosionsgeschützt ausgeführt. An **Verbindungsstellen in der Erde** wird zum Korrosionsschutz eine **geeignete Beschichtung** aufgebracht.

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 50



Bilder: Fa. Dehn, Neumarkt

VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.




Korrosion von Erdungssystemen

Anmerkungen zum Korrosionsverhalten von Erdungsanlagen

- Erdungsanlagen stellen ein wichtiges und teures Investitionsgut dar, die geforderte Lebensdauer liegt bei über 40 Jahren.
- Die örtlichen Gegebenheiten sind hinsichtlich des zu erwartenden Korrosionsverhaltens genau zu prüfen.
- Eine Beschleunigung der Korrosionsvorgänge ist durch die Verbindung von Stationserdungen mit Fundamenterdungsanlagen zu erwarten (→ Konzentrationselement).
- Der Einsatz von höherwertigen Erdermaterialien (z. B. Edelstahl – NIRO (V4A) z.B. 1.4571, 1.4404 ...) ist zu bevorzugen

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 51



VERBAND DEUTSCHER BLITZSCHUTZFIRMEN E.V.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

VDB Forum am 4. und 5. November 2016 in Köln
Verfasser: Fabian Studtmann
Folie Nr. 52

