


Technische Richtlinie

Grundlagen – Hochspannung


Isolationskoordination und Bemessungswerte für Anlagen und Geräte im 110-kV-Netz

Geltungsbereich	Netze BW GmbH
Dokumentennummer	NETZ-RL-TTG 3501
Version	02
Klassifizierungsstufe	Zur Weitergabe an Externe
Inkrafttreten	31.03.2015
Letzte Aktualisierung	14.01.2015
Fachlich zuständige Stelle	NETZ TE05
Beschlossen durch	NETZ TE Johannes Aichner
Beschlossen am	10.03.2015
Ansprechpartner	NETZ TE05 Uwe Obenland

 Netze BW	Technische Richtlinie Grundlagen - Hochspannung Isolationskoordination und Bemessungswerte für Anlagen und Geräte im 110-kV-Netz	Nr.: TTG 3501 Rev.: 02 Seite: I Stand: 03/2015
Strom		


Änderungshistorie

Version	Aktualisierungsdatum	FZS / Autor	Kurzbeschreibung / Anlass der Änderung
01	06.10.2010	Hr. Obenland	Aktualisierung
02	14.01.2015	Hr. Obenland	Anpassung an geänderte Gesellschaftsstruktur, Aktualisierung und Ergänzung

 Netze BW	Technische Richtlinie Grundlagen - Hochspannung Isolationskoordination und Bemessungswerte für Anlagen und Geräte im 110-kV-Netz	Nr.: TTG 3501 Rev.: 02 Seite: II Stand: 03/2015
Strom		

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	1
2	Geltungsbereich.....	1
3	Normen und Richtlinien der Isolation von Anlagen und Betriebsmitteln	1
4	Elektrische Bemessungswerte der Isolation von Anlagen und Betriebsmitteln	2
4.1	Elektrische Bemessungswerte für die Isolation von Transformatoren in kV	2
4.2	Elektrische Bemessungswerte für die Isolation von luftisolierten Schaltanlagen.....	2
4.3	Elektrische Bemessungswerte von Wandlern in luftisolierten Schaltanlagen	2
4.4	Elektrische Bemessungswerte für die Isolation von SF ₆ -Schaltanlagen.....	2
4.5	Elektrische Bemessungswerte für die Isolation von Freileitungen	3
5	Elektrische Kenndaten von Überspannungsableitern	3
6	Einbau von Ableitern	3
6.1	Einbauorte.....	3
6.2	Montage	4
7	Verschmutzungsgrad und Kriechweg	6
7.1	Verschmutzungsgrad.....	6
7.1.1	Verschmutzungsgrad 2: MITTEL.....	6
7.1.2	Sonderfälle.....	6
7.2	Bemessungsspannungen und Kriechweglängen	6
7.2.1	Bemessungsspannungen	6
7.2.2	Kriechweglängen für Leitungsisolatoren	6
7.2.3	Kriechweglängen für die Schaltanlagenisolation.....	6
8	Schutzfunkenstrecken	7

 Netze BW	Technische Richtlinie Grundlagen - Hochspannung Isolationskoordination und Bemessungswerte für Anlagen und Geräte im 110-kV-Netz		Nr.: TTG 3501
			Rev.: 02
Strom			Seite: 1
			Stand: 03/2015

1 Zielsetzung


Die vorliegende Technische Richtlinie gibt einen Überblick über die gebräuchlichen Bemessungswerte der Isolation für Anlagen und Betriebsmitteln im 110-kV-Netz und dem dabei erforderlichen Überspannungsschutz durch Überspannungsableiter.

2 Geltungsbereich

Die elektrischen Daten der Ableiter gelten nur für Standardfälle. Bei abweichenden Netzparametern und Einbauvarianten muss die Typenauswahl im Einzelfall getroffen werden.

3 Normen und Richtlinien der Isolation von Anlagen und Betriebsmitteln

Nr	Dokument	Titel
1	DIN EN 60071-1	Isolationskoordination; Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen; erschienen 09/2010
2	DIN EN 60071-2	Isolationskoordination; Teil 2: Anwendungsrichtlinie; erschienen 09/1997
3	DIN EN 60076-3	Leistungstransformatoren; Teil 3: Isolationspegel, Spannungsprüfungen und äußere Abstände in Luft; erschienen 08/2014
4	DIN IEC 60815-1	Auswahl und Bemessung von Hochspannungsisolatoren für verschmutzte Umgebungen; Teil 1: Begriffe, Definitionen und allgemeine Grundlagen; erschienen 07/2007
5	DIN EN 60099-4	Überspannungsableiter; Teil 4: Metalloxidableiter ohne Funkenstrecken für Wechselspannungsnetze; erschienen 12/2013
6	DIN EN 61936-1 VDE 0101-1	Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV Teil 1: Allgemeine Bestimmungen; erschienen 12/2014
7	Technische Richtlinie Netze BW (TTG 3001)	Grundlagen – Hochspannung Erdung in Anlagen des 110-kV-Netzes
8	DIN VDE 0532-14	Transformatoren und Drosselspulen; Teil 14: Luftseitige Schutzfunkenstrecken an Durchführungen; erschienen 08/2004
9	Technische Spezifikation (TTU 4500)	Umspannung – Hochspannung Spezifikation Überspannungsableiter im 110-kV-Netz

 Netze BW	Technische Richtlinie Grundlagen - Hochspannung Isolationskoordination und Bemessungswerte für Anlagen und Geräte im 110-kV-Netz		Nr.: TTG 3501
			Rev.: 02
Strom			Seite: 2
			Stand: 03/2015

4 Elektrische Bemessungswerte der Isolation von Anlagen und Betriebsmitteln

4.1 Elektrische Bemessungswerte für die Isolation von Transformatoren in kV

		L-E	Mp
10-kV-Isolation	Höchste Betriebsspannung	12	
	Bemessungs-Kurzzeit-Wechselspannung	28	
	Bemessungs-Blitzstoßspannung	75	
	Spezifischer Nennkriechweg in mm/kV	20	
20-kV-Isolation	Höchste Betriebsspannung	24	
	Bemessungs-Kurzzeit-Wechselspannung	50	
	Bemessungs-Blitzstoßspannung	125	
	Spezifischer Nennkriechweg in mm/kV	20	
30-kV-Isolation	Höchste Betriebsspannung	36	
	Bemessungs-Kurzzeit-Wechselspannung	70	
	Bemessungs-Blitzstoßspannung	170	
	Spezifischer Nennkriechweg in mm/kV	20	
110-kV-Isolation	Höchste Betriebsspannung	123	123
	Bemessungs-Kurzzeit-Wechselspannung	230	230
	Bemessungs-Blitzstoßspannung	550	550
	Spezifischer Nennkriechweg in mm/kV	20	20

4.2 Elektrische Bemessungswerte für die Isolation von luftisolierten Schaltanlagen


Höchste Betriebsspannung	123 kV
Bemessungs-Kurzzeit-Wechselspannung	230 kV
Bemessungs-Blitzstoßspannung	550 kV

4.3 Elektrische Bemessungswerte von Wandlern in luftisolierten Schaltanlagen

Die elektrischen Bemessungswerte für die Isolation der Wandler entspricht den Werten unter 4.1.

4.4 Elektrische Bemessungswerte für die Isolation von SF₆-Schaltanlagen

Diese Bemessungswerte entsprechen ebenfalls Kapitel 4.1 mit Ausnahme der Bemessungs-Blitzstoßspannung im 110-kV-Bereich. Der hier genannte Wert von 550 kV gilt nur für SF₆-gasisierte Schaltanlagen und Kabel, die mit einem besonders guten Schutz vor atmosphärischen Überspannungen ausgerüstet sind. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn die Freileitungsabzweige 1 bis 2 km vor der Anlage mit einem doppelten Erdseilschutz versehen sind, Überspannungsableiter direkt am Übergang Freileitung/SF₆-Durchführung bzw. bei direktem Kabelanschluss der SF₆-Schaltanlage am Übergang Freileitung/Kabel installiert sind oder Sammelschienenableiter verwendet werden.

 Netze BW	Technische Richtlinie Grundlagen - Hochspannung Isolationskoordination und Bemessungswerte für Anlagen und Geräte im 110-kV-Netz	Nr.: TTG 3501
Strom		Rev.: 02
		Seite: 3
		Stand: 03/2015

In allen anderen Fällen ist als Bemessungs-Blitzstoßspannung 650 kV zu verwenden.

4.5 Elektrische Bemessungswerte für die Isolation von Freileitungen

Höchste Betriebsspannung	123 kV
Bemessungs-Kurzzeit-Wechselspannung	230 kV
Bemessungs-Blitzstoßspannung	550 kV

Die vorgenannten Bemessungswerte (Leiter-Leiter und Leiter – Erde) gelten für Standardfälle. Die Werte werden auf Grund von Sicherheitsüberlegungen meist deutlich überschritten. Im Besonderen (wenn ein zweites Erdseil fehlt oder der Ableiterschutz in der Schaltanlage nicht ausreichend ist etc.) kann es erforderlich sein die Blitzstoßspannungsfestigkeit der Leitungsisolations im Einführungsbereich der Schaltanlage der Blitzstoßspannungsfestigkeit der Schaltanlage anzupassen bzw. abzusinken. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

5 Elektrische Kenndaten von Überspannungsableitern

Bei der Auslegung der Ableiter wird berücksichtigt, dass die Trafoisolation nur bis 80 % ausgenutzt werden darf [3].

Elektrische Bemessungswerte der Ableiter sind in [9] enthalten.

Zwischen den Leitern (Leiter-Leiter-Ableiter) werden nur in Ausnahmefällen Ableiter eingebaut. Die Bemessungswerte werden im Einzelfall ermittelt.

6 Einbau von Ableitern


In reinen Kabelnetzen kann abweichend von den nachstehenden Regelungen auf Ableiter an den Transformatoren und Kabelendverschlüssen verzichtet werden, wenn der durch Blitzschutzrichtungen aufgespannte Schutzraum [6] direkte Blitzeinschläge in vorhandene luftisolierte Schaltanlagen mit hoher Sicherheit ausschließt und damit kritische Überspannungen nicht zu erwarten sind. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

An Baueinsatzkabel (BEK) werden generell keine Ableiter vorgesehen.

6.1 Einbauorte

Im 110-kV-Netz werden zum Schutz der nicht selbstheilenden Isolation vor inneren und äußeren Überspannungen Ableiter eingebaut. In der Regel an folgenden Stellen:

- An Sternpunkten
 - An allen Transformatorsternpunkten
Ausnahme: Sternpunkte, die direkt und dauerhaft geerdet (ohne Schaltgerät) sind.
- Zwischen Leiter und Erde
 - An allen Leitern (Phasen) von Netz- und Maschinentransformatoren

 Netze BW	Technische Richtlinie Grundlagen - Hochspannung Isolationskoordination und Bemessungswerte für Anlagen und Geräte im 110-kV-Netz	Nr.: TTG 3501 Rev.: 02 Seite: 4 Stand: 03/2015
Strom		

- An Kabelendverschlüssen von Kabeln im Zuge einer Freileitung (sog. Zwischenverkabelung).
- An Kabelendverschlüssen von Kabeleinführungen in Schaltanlagen (sog. Endverkabelung) falls die Länge des Kabels 30 m bis 1000 m beträgt. Bei Längen unter 30 m oder über 1000 m werden Ableiter nur am Übergang Freileitung – Kabel eingebaut.

Der Einbau von Ableitern kann abweichend von der vorstehenden Regel auch in anderen Fällen erforderlich werden. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

Diese können z.B. sein:

- Ableiter in Freileitungsabgängen und in ausgedehnten luftisolierten Schaltanlagen
- zusätzliche Ableiter in Anlagen, bei denen der Blitzschutz der eingeführten Freileitungen nicht optimal ist (z. B. wenn 2. Erdseil fehlt)
- Ableiter im Zuge von räumlich ausgedehnten gekapselten Anlagen
- Ableiter an einseitig geerdeten Kabelmänteln
- Ableiter an HF-Sperren, Ankopplungen usw.
- Ableiter im Zuge von Freileitungen zur Begrenzung von Überspannungen bei rückwärtigen Überschlägen


6.2 Montage

Alle Überspannungsableiter werden generell ohne Kontrollfunkenstrecke (KoFu) ausgerüstet.

Die Ableiter müssen so nah wie möglich an dem zu schützenden Betriebsmittel montiert werden. Richtwerte für die maximalen Anschlusslängen L_{\max} von Ableitern bei Freiluftanlagen gibt die folgende Tabelle 1.

Spannungsbereich	max. Anschlusslänge L_{\max} (s. Abbildung 1)
I (1 bis 245 kV)	25 m

Tabelle 1

 Netze BW	Technische Richtlinie Grundlagen - Hochspannung	Nr.: TTG 3501 Rev.: 02
Strom	Isolationskoordination und Bemessungswerte für Anlagen und Geräte im 110-kV-Netz	Seite: 5 Stand: 03/2015

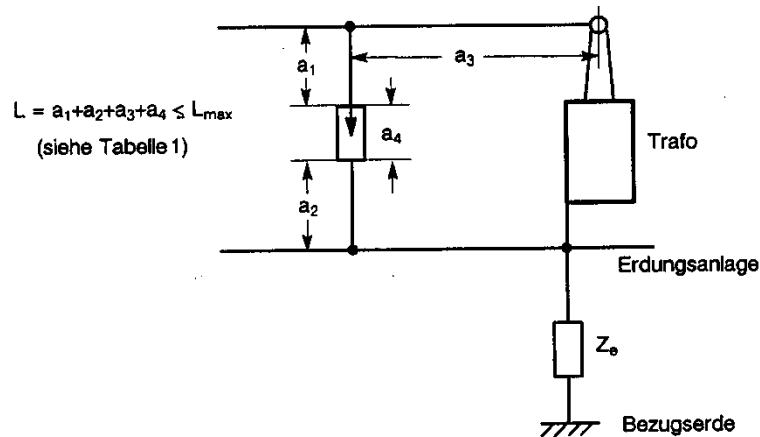


Abbildung 1: Schematische Darstellung für den Anschluss von Ableitern bei luftisolierten Schaltanlagen

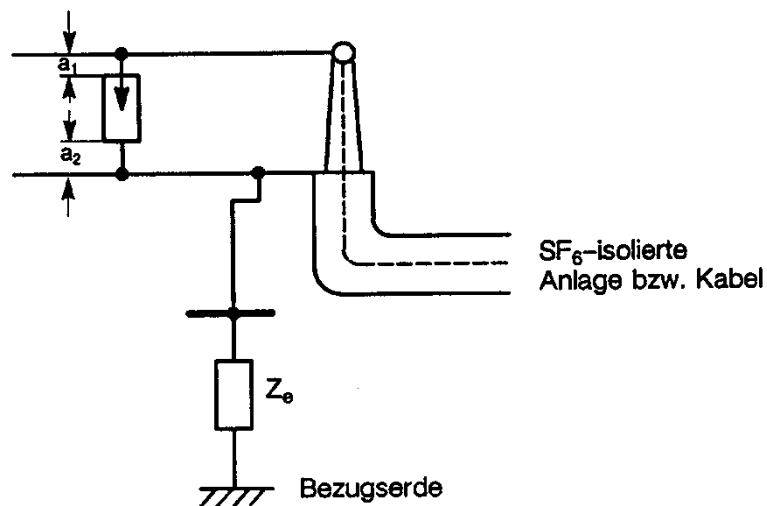



Abbildung 2: Schematische Darstellung für den Anschluss von Ableitern bei Kabeln und SF₆-isolierten Anlagen

Beim Schutz von SF₆-gasisolierten Anlagen und Kabeln sind die freileitungsseitigen Ableiter möglichst nahe an den Endverschlüssen zu installieren. Darüber hinaus ist anzustreben, die Erdungsleitung a_2 direkt an der Metallkapselung bzw. am Erdungspunkt des Kabelmantels anzuschließen (siehe Abbildung 2).

 Netze BW	Technische Richtlinie Grundlagen - Hochspannung Isolationskoordination und Bemessungswerte für Anlagen und Geräte im 110-kV-Netz	Nr.: TTG 3501 Rev.: 02 Seite: 6 Stand: 03/2015
Strom		

7 Verschmutzungsgrad und Kriechweg

7.1 Verschmutzungsgrad

Die Verschmutzung der äußeren Isolation wird nach [2] in 4 Verschmutzungsklassen eingestuft. Für das Versorgungsgebiet der NetzeBW gilt im Allgemeinen der Verschmutzungsgrad 2 für mittlere Verschmutzung.

7.1.1 Verschmutzungsgrad 2: MITTEL

Gebiete mit Industrie, die keine besonders verschmutzenden Abgase erzeugt und/oder mit einer durchschnittlichen Dichte von Häusern mit Heizungsanlagen, Gebiete mit hoher Dichte von Häusern und/oder Industrien, die aber häufig Winden und/oder Regen ausgesetzt sind.

7.1.2 Sonderfälle

Lokal begrenzte Bereiche (größer oder kleiner Verschmutzungsgrad 2) wie Industrieanlagen, Kühlturmnähe, Randstreifen stark befahrener Straßen mit häufiger Streusalzanwendung, Zementwerke oder Gebiete ohne Industrie, bergige Gebiete u. ä. werden nicht pauschal klassifiziert, sondern im Einzelfall untersucht.

7.2 Bemessungsspannungen und Kriechweglängen

7.2.1 Bemessungsspannungen

Für die Bemessung des Kriechweges der Leiter-Erde-Isolation ist unabhängig von der Sternpunktbehandlung im 110-kV-Netz eine Bemessungsspannung von $71 \text{ kV}_{\text{eff}}$ anzusetzen. Für die Bemessung des Kriechweges der Leiter-Leiter-Isolation ist im 110-kV-Netz eine Bemessungsspannung von $123 \text{ kV}_{\text{eff}}$ anzusetzen.

7.2.2 Kriechweglängen für Leitungsisolatoren

Für Verschmutzungsgrad 2 ist ein spezifischer Nennkriechweg von mindestens 20 mm/kV bezogen auf die höchste Spannung für Betriebsmittel (Leiter gegen Leiter) vorzusehen [2]. Bezogen auf die Spannung Leiter gegen Erde (Faktor $\sqrt{3}$) ergibt sich daraus die vereinheitlichte Kriechweglänge von $34,64 \text{ mm/kV}$.


Für andere Betriebsmittel im Zuge einer Freileitung wie Ankoppelkondensatoren oder Ableiter sind ca. 10 % hinzu zu rechnen.

Geringfügige Abweichungen der tatsächlich vorhandenen Kriechweglängen vom Nennkriechweg z. B. bei Keramikisolatoren wegen Fertigungstoleranzen sind zulässig.

7.2.3 Kriechweglängen für die Schaltanlagenisolation

Bei Schaltanlagen ist mindestens Verschmutzungsgrad 2 mit einem spezifischen Nennkriechweg von mindestens 20 mm/kV bezogen auf die höchste Spannung für Betriebsmittel (Leiter gegen Leiter) anzusetzen [2]. Bezogen auf die Spannung Leiter gegen Erde (Faktor $\sqrt{3}$) ergibt sich daraus die vereinheitlichte Kriechweglänge von $34,64 \text{ mm/kV}$.

Für ungünstige Bauformen wie konische oder abgesetzte Bauweise oder sehr

 Netze BW	Technische Richtlinie Grundlagen - Hochspannung Isolationskoordination und Bemessungswerte für Anlagen und Geräte im 110-kV-Netz	Nr.: TTG 3501 Rev.: 02 Seite: 7 Stand: 03/2015
Strom		

große Durchmesser (50 cm) sind die vorgenannten spezifischen Kriechwege um ca. 20 % zu erhöhen.

Geringfügige Abweichungen der tatsächlich vorhandenen Kriechweglängen vom Nennkriechweg z. B. bei Keramikisolatoren wegen Fertigungstoleranzen sind zulässig.

Isolatoren mit größeren Kriechweglängen als die hier angegeben können verwendet werden, wenn die Wirtschaftlichkeit angezeigt ist z. B. große Liefermengen.

8 Schutzfunkenstrecken

Schutzfunkenstrecken an Endverschlüssen von Hoch- und Höchstspannungskabel und an Durchführungen von Transformatoren mit $U_M \geq 52 \text{ kV}$ werden bei Neuanlagen generell nicht mehr verwendet, da sie neben einem indifferenten Ansprech- und Löschverhalten bei jedem Ansprechen zur Abschaltung des Trafos führen.

Vorhandene Schutzfunkenstrecken an Trafodurchführungen, an Endverschlüssen von Hoch- und Höchstspannungskabel in Trafefeldern und an E-Spulen sind – auch ohne dem Vorhandensein von Überspannungsableitern – auszubauen [8].