

Zu 5 Isolation

Zu 5.1 Allgemeines

Im Abschnitt 5 werden alle Regelungen und Anforderungen angeführt, die im Zusammenhang mit der Isolationskoordination zu sehen sind. Eine weitere Bedeutung ist in den Festlegungen der Mindestabstände zu sehen, die als Basiswerte dienen für die Schutzvorrichtungsabstände, Mindesthöhen, Abstände zu Gebäuden usw. (vgl. Erläuterungen zu Abschnitt 7).

Hinsichtlich der Anforderungen an die Isolationskoordination stützt sich die VDE 0101-1 auf die DIN EN 60071-1 (**VDE 0111-1**) und DIN EN 60071-2 (**VDE 0111-2**) ab.

Die EN 60071 wiederum ist identisch mit der IEC 60071 und beschäftigt sich mit dem Thema der Isolationskoordination und somit dem Schutz von Anlagenteilen vor Überspannungen. Sie gibt ausdrücklich keine Hinweise bezüglich der Personensicherheit. Die IEC 60071, die aktuell aus vier Teilen besteht, enthält die beiden relevanten Teile:

- IEC 60071-1 Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules; deutsche Fassung: DIN EN 60071-1 (**VDE 0111-1**);2010-09
- IEC 60071-2 Insulation co-ordination – Part 2: Application guide; deutsche Fassung: DIN EN 60071-2 (**VDE 0111-2**);1997-09

Der Teil 1 beinhaltet die Definition der Terminologie der Isolationskoordination, das Verfahren zur Bestimmung des Isolationspegels und Anforderungen an die standardisierten Prüfspannungsverfahren sowie die Zuordnung der Bemessungsspannungen zu der höchsten Spannung der Anlage.

Der Teil 2 ist die Anleitung zur Anwendung der in Teil 1 beschriebenen Bemessungsspannungen. Im normativen Anhang A werden die für die Sicherstellung der geforderten Prüfspannungspegel erforderlichen Mindestabstandsmaße für den Fall aufgeführt, dass keine gesonderte Prüfung durchgeführt wird.

Die aktuelle Gliederung der IEC 60071 wurde übernommen:

Spannungsbereich I ($1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$)

Spannungsbereich II ($U_m > 245 \text{ kV}$)

Die Gliederung im Kapitel 5 ist im Wesentlichen erhalten geblieben, jedoch sind in strenger Auslegung der formativen IEC-Vorgaben neue Überschriften für Unterkapitel festgelegt worden sowie bisherige Nummerierungen ohne Überschrift entfallen.

Zu 5.2 Wahl des Isolationspegels

Für die verschiedenen genormten Werte der höchsten Spannung der Anlage (U_m) stehen mehrere (zwei bis fünf) Isolationspegel zur Auswahl.

Die bisherige Angabe der Nennspannung (U_n) ist ersatzlos entfallen, da sie nicht einheitlich verwendet wird und nur die höchste Spannung der Anlage (U_m) dimensionierend für die Auslegung ist.

Die Auswahl des zutreffenden Isolationspegels ist entscheidend für die geforderte Betriebssicherheit und hängt von der Sternpunktbehandlung des Netzes sowie von den Kenndaten und Anordnungen der Überspannungs-Schutzeinrichtungen ab. Die Festlegung wird daher in der Regel vom Netzbetreiber getroffen bzw. muss in enger Abstimmung mit dem Betreiber erfolgen. Im Fall von galvanisch verbundenen Netzen verschiedener Betreiber ist eine übergreifende Koordination erforderlich.

Im Spannungsbereich ≤ 245 kV erfolgt die Zuordnung des Isolationspegels auf der Basis der zugehörigen Bemessungs-Kurzzeitwechselfspannung und Bemessungs-Blitzstoßspannung (Tabelle 1), für den Bereich > 245 kV auf der Basis der Bemessungs-Schaltstoßspannung (Tabelle 2).

Die VDE 0101-1 enthält im Anhang A in den Tabellen A.1 bis A.3 Bemessungsisolationspegel, die in Deutschland nicht zur Anwendung kommen. Sie werden daher in diesen Erläuterungen nicht behandelt.

Zu 5.3 Nachweis der Spannungsfestigkeit

Der Nachweis der Spannungsfestigkeit durch geeignete dielektrische Prüfungen mit den in den Tabellen 1 und 2 angegebenen Stehspannungswerten wird in aller Regel nicht zu erbringen sein. Der Grund liegt in dem hohen Aufwand, eine fertige Anlage – ggf. auch in Teilabschnitten – mit den erforderlichen Prüfspannungen zu beaufschlagen.

Daher wird in den meisten Fällen von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, durch Einhaltung der in den Tabellen 1 und 2 festgelegten Mindestabstände in Luft auf eine dielektrische Prüfung zu verzichten.

Die Möglichkeit, kleinere Mindestabstände zu wählen, ist zulässig, wenn dies durch Prüfungen oder durch Betriebserfahrungen bei kleineren Überspannungen bestätigt wird.

Eine Kombination von beiden Nachweismethoden ist möglich, d. h., in einem Teilbereich einer Anlage, in dem die Mindestabstände in Luft nicht eingehalten werden

können, kann – und muss – der erforderliche Nachweis der Spannungsfestigkeit durch eine dielektrische Prüfung in diesem Teilbereich erbracht werden. Dies kann auch erfolgen, wenn die Mindestabstände in mehreren Teilbereichen unterschritten werden. Die dielektrischen Prüfungen sind nach IEC 60060-1/DIN EN 60060-1 (VDE 0432-1):2011-10 nachzuweisen. Die Möglichkeit einer Prüfung am Modell 1:1, die auch in der Praxis kaum vorgenommen wurde, ist nicht mehr vorgesehen.

Zu 5.4 Mindestabstände von aktiven Teilen

In den Tabellen 1 und 2 sind die Mindestabstände in Luft bei Freiluft- und Innenraumanlagen aufgeführt.

Zusätzlich sind erstmalig Werte für die höchsten Spannungen der Anlage von 1 100 kV und 1 200 kV angegeben. Es handelt sich hierbei um vorläufige Werte, die noch in abschließender Beratung sind.

Gegenüber den früher gültigen Werten (VDE 0101:1989-05) hatten sich in der VDE 0101:2000-01 einige geringfügige Änderungen ergeben. Diese geänderten Werte sind in der aktuellen VDE 0101-1 erhalten geblieben. Ein Vergleich der in Deutschland gebräuchlichen Werte in den Spannungsbereichen I und II ist in **Tabelle 501** und **Tabelle 502** dargestellt.

Die Tabellen zeigen, dass nur in wenigen Fällen Abweichungen von den früheren Werten vorliegen. Bei den meisten Änderungen sind die geforderten Mindestabstände kleiner, nur bei $U_m = 12$ kV und 24 kV ergeben sich in Abhängigkeit von der angenommenen Bemessungs-Blitzstoßspannung Mindestabstände, die um 5 mm größer sind. Für $U_m = 245$ kV ist bei einer Bemessungs-Blitzstoßspannung von 950 kV ein um 50 mm größerer Mindestabstand einzuhalten.

Höchste Spannung der Anlage U_m	Bemessungs-Blitzstoßspannung 1,2/50 μ s (Scheitelwert)	VDE 0101:2000-01 VDE 0101-1:2011-11 VDE 0101-1:2014-12		VDE 0101:1989-05	
		Mindestabstände (N) Leiter – Erde und Leiter – Leiter		Mindestabstände (N) Leiter – Erde und Leiter – Leiter	
		Innen- raum- Anlagen	Freiluft- Anlagen	Innen- raum- Anlagen	Freiluft- Anlagen
(Effektiv- wert)	(Scheitelwert)				
kV	kV	mm	mm	mm	mm
3,6	20	60	120	60	150
	40	60	120	65	150
7,2	40	60	120	65	150
	60	90	120	90	150
12	60	90	150	90	150
	75	120	150	115	150
24	95	160		160	
	125	220		215	
36	145	270		270	
	170	320		325	
52	250	480		520	
72,5	325	630		700	
123	450	900		950	
	550	1 100		1 100	
170	650	1 300		1 350	
	750	1 500		1 550	
245	950	1 900		1 850	
	1 050	2 100		2 200	

Tabelle 501 Vergleich der Mindestabstände in Luft, Spannungsbereich I ($1 \text{ kV} < U_m < 300 \text{ kV}$)

Legende:

×	Werte größer als in VDE 0101:1989-05,
×	Werte kleiner als in VDE 0101:1989-05

Höchste Spannung der Anlage U_m (Effektivwert)	Bemessungs-Schaltstoßspannung 250/2 500 μs	Mindestabstände Leiter – Erde		Mindestabstände Leiter – Leiter	
		Leiter/ Konstruk- tion	Stab/ Konstruk- tion (N)	Leiter/ Konstruk- tion	Stab/ Konstruktion
kV	kV	mm	mm	mm	mm

VDE 0101:2000-01 VDE 0101-1:2011-11 VDE 0101-1:2014-12					
420	950	2 200	2 900		
	1 425			3 100	3 600

VDE 0101:1989-05					
420	950	2 900			
	1 425			3 100	

Tabelle 502 Vergleich der Mindestabstände in Luft,
Spannungsbereich II ($U_m \geq 300$ kV)

Die Veränderungen müssen beachtet werden, stellen aber bei den üblichen Anlagenbauformen auch bei Erweiterung von bestehenden Anlagen keine signifikanten Erschwernisse dar.

Im Gegensatz zu den Festlegungen der VDE 0101:1989-05 ist in den Tabellen 1 und 2 eine größere Auswahl an möglichen Isolationspegeln angegeben, unter denen eine Auswahl erforderlich ist.

Im Bereich I (Tabelle 1) wird kein Unterschied gemacht zwischen den Mindestabständen Leiter/Erde und Leiter/Leiter. In diesem Bereich sind die Mindestabstände in Beziehung zu den Bemessungs-Blitzstoßspannungen gesetzt. Für die Isolationsbemessung ist die Beherrschung der durch Gewittereinwirkungen hervorgerufenen Überspannungen maßgebend. Bei der Auswahl des Isolationspegels soll neben dem Grad der Gefährdung durch Blitzüberspannungen die Art der Sternpunktbehandlung und gegebenenfalls die Art des Überspannungsschutzes berücksichtigt werden.

Die in diesem Bereich festgelegten Mindestabstände gelten für ungünstige Elektrodenanordnungen mit kleinen Krümmungsradien (z. B. Stab-Konstruktion-Anordnung), wie sie bei Anlagenbauweisen in diesen Spannungsbereichen durchaus üblich sind. Niedrigere Isolationspegel und damit geringere Mindestabstände sind in folgenden Anlagen anzusetzen:

- In Anlagen, die weder direkt noch über Transformatoren mit Freileitungen in Verbindung stehen, kann bei niederohmig geerdetem Sternpunkt in solchen Anlagen auf Überspannungsschutzeinrichtungen, z. B. Überspannungsableiter, verzichtet werden, während in Netzen mit Erdschlusskompensation und in ungeerdeten Netzen ein angemessener Überspannungsschutz vorhanden sein muss.
- In Anlagen, die mit Freileitungen nur über Transformatoren in Verbindung stehen, kann bei niederohmig geerdetem Sternpunkt ein Überspannungsschutz zweckmäßig sein. In Netzen mit Erdschlusskompensation muss auch bei diesen Anlagen ein angemessener Überspannungsschutz vorhanden sein. Es ist auf jeden Fall sicherzustellen, dass induktiv oder kapazitiv übertragene Spannungen keine Gefährdungen darstellen.
- In Anlagen, die direkt oder über Kabel mit Freileitungen in Verbindung stehen, ist unabhängig von der Sternpunktbehandlung durch entsprechende Netzgestaltung oder durch Einbau eines angemessenen Überspannungsschutzes zu gewährleisten, dass keine gefährlichen Überspannungen in der Anlage auftreten.

Höhere Isolationspegel und damit größere Mindestabstände sind anzusetzen:

- in allen nicht vorstehend aufgeführten Anlagen – z. B. in Netzen mit Erdschlusskompensation ohne besonderen Überspannungsschutz – oder dort, wo ein besonders hoher Grad an Sicherheit erforderlich ist.

Im Bereich II (Tabelle 2) sind die Bemessungs-Schaltstoßspannungen für die Auswahl des Isolationspegels und damit für die Größe der Mindestabstände maßgebend. In diesem Bereich wird zwischen den Mindestabständen Leiter/Erde und Leiter/Leiter unterschieden. Die Mindestabstände werden entscheidend von der Elektrodenanordnung beeinflusst.

Der angegebene Abstand Leiter/Erde gilt für die ungünstigste Elektrodenanordnung (z. B. Trennerarm gegen geerdete Portalstütze), während beim Abstand Leiter/Leiter die Elektrodenanordnung geometrisch annähernd symmetrisch ist und daher eine symmetrische Verteilung des elektrischen Feldes hat.

Die festgelegten Mindestabstände dienen dem Nachweis der Spannungsfestigkeit, ohne dass dielektrische Prüfungen durchgeführt werden müssen. Darüber hinaus

beruhen die im Abschnitt 7 angegebenen Sicherheitsabstände auf den mit N bezeichneten Mindestabständen.

Als Besonderheit ist die Situation zu berücksichtigen, wenn Anlagenteile durch einen Trennschalter getrennt werden können (**Bild 501**). Um die Trennschalterbedingungen einzuhalten, müssen in diesem Fall der eingesetzte Trennschalter und die getrennten Anlagenteile gegeneinander mit der Bemessungs-Stoßspannung der Trennstrecke (IEC 62271-1/DIN EN 62271-1 (**VDE 0671-1**):2018-05, Tabellen 1 bis 4) geprüft werden. Da eine solche Prüfung in der Regel nicht möglich ist, gilt in diesem Fall der Nachweis der Mindestabstände der Tabelle 1, bzw. der Leiter/Leiter-Mindestabstände der Tabelle 2 mit einem Zuschlag von 25 % als gleichwertig.

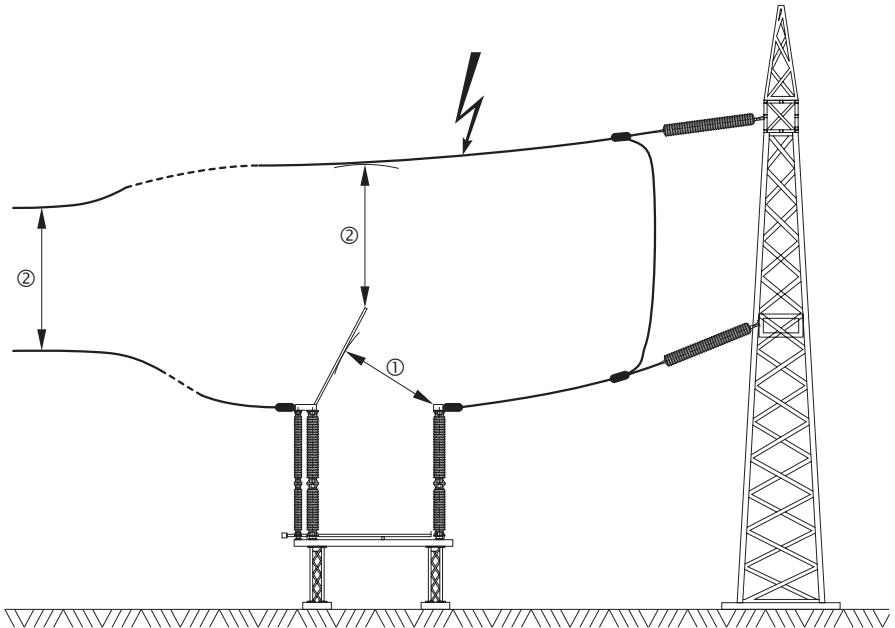


Bild 501 Anlagenteile durch luftisolierten Trennschalter voneinander getrennt
Legende: ① Trennstrecke, geprüft nach DIN EN 62271-1 (**VDE 0671-1**),
② Mindestabstand nach Tabellen 1 und 2 mit 25 % Zuschlag

Die gleiche Situation ist auch bei gekapselten Anlagen zu berücksichtigen (**Bild 502**).

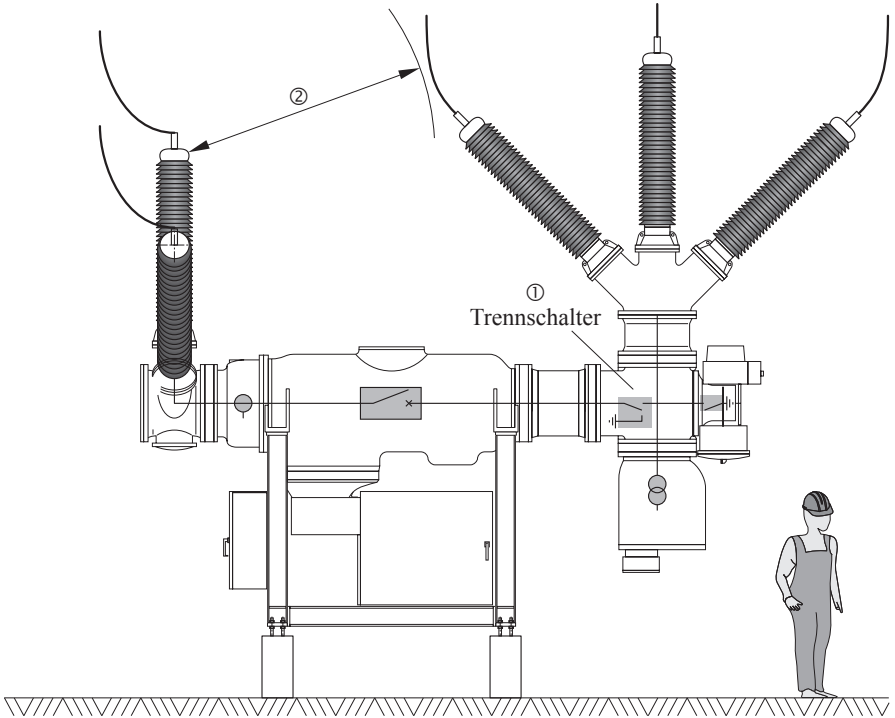


Bild 502 Anlagenteile durch gekapselten Trennschalter voneinander getrennt

Legende: ① Trennschalter, geprüft nach DIN EN 62271-203 (**VDE 0671-203**),

② Mindestabstand nach Tabelle 1 und 2 mit 25 % Zuschlag

Durch die Einhaltung dieser Regelung wird sichergestellt, dass bei geöffnetem Trennschalter der abgetrennte Anlagenteil spannungslos ist und ein Spannungüberschlag sowohl am Trennschalter als auch an anderer Stelle der Anlage verhindert wird.