

1. Anwendungsbereich und Zweck

Diese Werknorm gilt für alle von Bühler Alzenau konstruierten Baugruppen und Komponenten (z.B. Stromdurchführungen, Kathoden) auf der Atmosphärenseite. In dieser Werknorm sind die Mindest-isolationsstrecken für Luft- und Kriechstrecken in Abhängigkeit verschiedener Spannungen und Verschmutzungsgrade festgelegt.

Durch die Festlegung von Mindestisolationsstrecken sollen Schäden an Baugruppen und Komponenten, und Gefährdungen von Personen verhindert werden. Die Baugruppen und Komponenten sollen außerdem vor Funktionsversagen geschützt werden. Diese Werknorm ist aus der DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1) (u.a.) erarbeitet.

2. Regeln für die Bemessung der Luft- und Kriechstrecken

2.1 Luftstrecken (Abbildungen unter Punkt 3 beachten)

Maßgebend für die Bemessungen der Mindestluftstrecken sind die Bemessungs-Stoßspannungen (Tab. 3) und die Verschmutzungsgrade (Tab. 1).

2.2 Kriechstrecken (Abbildungen unter Punkt 3 beachten)

Maßgebend für die Bemessungen der Mindestkriechstrecken sind die Arbeitsspannungen (Tab. 5), die Verschmutzungsgrade (Tab. 1) und die Isolierstoffgruppen (Tab. 2).

2.3 Vorgehensweise

1. Schritt:

Die Spannungsbelastung der Isolierung wird durch die Elektrokonstruktion ermittelt. Als Ergebnis werden der Mechanik-Konstruktion die anliegende Arbeitsspannung U_a und die notwendige Bemessungs-Stoßspannung U_p genannt, die auch als Prüfspannung herangezogen werden kann.

Fall 1: Direkt mit dem Stromversorgungssystem (Netz) verbundene Stromkreise der Maschine, z.B. Sammelschienen, Verteiler, festangeschlossene Geräte.

In diesem Fall 1 ist die Bemessungs-Stoßspannung U_p der Tabelle 3 zu entnehmen.

Fall 2: Nicht direkt mit dem Stromversorgungssystem (Netz) verbundene Stromkreise, die hinter einem Trenntrafo angeschlossen und/oder gegen Netzüberspannungen durch Überspannungs-ableiter geschützt werden.

In diesem Fall 2 wird die Bemessungs-Stoßspannung U_p berechnet:

$$U_p = U_a \times 2 + 1000V$$

Die Arbeitsspannung U_a ist der höchste betriebsmäßig auftretende Effektivwert der Wechsel- oder Gleichspannung. Leerlauf, zulässiger Überspannungsbereich der Netzeingangsspannung oder andere spannungserhöhende Betriebszustände, z.B. Arcs in Plasmaentladungen, sind zu berücksichtigen.

2. Schritt

Aus der Tabelle 4 ist die Mindestluftstrecke zu entnehmen, die zwischen den spannungsführenden Metallteilen eingehalten werden muss.

3. Schritt

Es ist zu entscheiden, welcher Verschmutzung die Isolation ausgesetzt ist. Dazu ist der erwartete Verschmutzungsgrad entsprechend dem Aufstellungsort der Maschine und dem vorgesehenen Aufwand zur Kapselung gegen Umwelteinflüsse zu berücksichtigen.

Eine weitere Einflussgröße ist das verwendete Isolationsmaterial (Tab. 2).

Mit der im Schritt 1 ermittelten Arbeitsspannung U_a , dem zutreffenden Verschmutzungsgrad und der Isolierstoffgruppe ist der Tabelle 5 die notwendige Kriechstrecke zu entnehmen.

Tabelle 1: Verschmutzungsgrade

Verschmutzungsgrad	Definition	Beispiele
1	Es tritt keine oder nur trockene nichtleitfähige Verschmutzung auf. Die Verschmutzung hat auf die Isolation keinen Einfluss.	Isolierungen in klimatisierter oder sauberer und trockener Luft.
2	Es tritt nur nichtleitfähige Verschmutzung auf. Gelegentlich muss mit vorübergehender Leitfähigkeit durch Betauung gerechnet werden.	Offene, ungeschützte Isolierungen in Wohn-, Verkaufs- und Geschäftsräumen, feinmechanischen Werkstätten, Laboratorien, Prüffeldern und medizinisch genutzten Räumen.
3	Es tritt leitfähige Verschmutzung auf oder trockene, nichtleitfähige Verschmutzung, die durch zu erwartende Betauung leitfähig wird.	Offene, ungeschützte Isolierungen in Räumen von industriellen, gewerblichen Betrieben, HF-Anlagen.
4	Die Verschmutzung führt zu einer beständigen Leitfähigkeit, hervorgerufen durch leitfähigen Staub, Regen oder Schnee.	Offene, ungeschützte Isolierungen in Freiluft- oder Außenanlagen.

Tabelle 2: Isolierstoffgruppen

Isolierstoffgruppe	Vergleichszahl in CTI *	Beispiele
I	600 < CTI	Glas, Keramik
II	400 < CTI < 600	Teflon, Polyäthylen, Polystyrol
IIIa	175 < CTI < 400	PVC, Hartpapier

* CTI = Comparative Tracking Index = Der Zahlenwert der höchsten Spannung in Volt, bei der ein Werkstoff 50 Auftropfungen ohne Kriechwegbildung widersteht.

Tabelle 3: Bemessungs-Stoßspannung für direkt am Netz eingesetzte Isolierungen

Nennspannung des Stromversorgungssystems U _a in V		Bemessungs-Stoßspannung U _p in kV
Dreiphasige Systeme	Einphasige Systeme	
	120 bis 240	2,5
230 /400 277/480		4
400/690		6

Isolierung ist Bestandteil der festen Installation (Überspannungskategorie III)
z.B. in Verteilungen, an Sammelschienen, stationäre Motore, Geräte für industriellen Einsatz.

Normung E-Technik	Bearbeitet: Roese	Ausgabe			
	Geprüft: Meßenzahl	Okt. 13			090214.docx

Tabelle 4: Mindestluftstrecken

Bemessungs-Stoßspannung Up in kV (genormte Spannungswerte)	Mindestluftstrecke in mm
2,5	1,5
4,0	3,0
6,0	5,5
8,0	8,0
12,0	14,0
20,0	25,0
40,0	60,0
60,0	90,0
75,0	130,0
95,0	170,0

**Tabelle 5: Mindestkriechstrecken für Betriebsmittel mit langzeitiger
Spannungsbeanspruchung**

Arbeits- Spannung (Effektiv- wert) Ua in V	Kriechstrecken									
	Verschmutzungsgrad									
	1	2			3			4		
		Isolierstoffgruppe			Isolierstoffgruppe			Isolierstoffgruppe		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
100	0,25	0,71	1	1,4	1,8	2	2,2	2,4	3	3,8
125	0,28	0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4	2,5	3,2	4
160	0,32	0,8	1,1	1,6	2	2,2	2,5	3,2	4	5
200	0,42	1	1,4	2	2,5	2,8	3,2	4	5	6,3
250	0,56	1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4	5	6,3	8
320	0,75	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5	6,3	8	10
400	1	2	2,8	4	5	5,6	6,3	8	10	12,5
500	1,3	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8	10	12,5	16
630	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10	12,5	16	20
800	2,4	4	5,6	8	10	11	12,5	16	20	25
1000	3,2	5	7,1	10	12,5	14	16	20	25	32
1250	4,2	6,3	9	12,5	16	18	20	25	32	40
1600	5,6	8	11	16	20	22	25	32	40	50
2000	7,5	10	14	20	25	28	32	40	50	63
2500	10	12,5	18	25	32	36	40	50	63	80
3200	12,5	16	22	32	40	45	50	63	80	100
4000	16	20	28	40	50	56	63	80	100	125
5000	20	25	36	50	63	71	80	100	125	160
6300	25	32	45	63	80	90	100	125	160	200
8000	32	40	56	80	100	110	125	160	200	250
10000	40	50	71	100	125	140	160	200	250	320

3. Messung der Luft- und Kriechstrecken

3.1 Grundregeln

Die Breite X der Nuten in den Beispielen 1 bis 11 gilt generell für alle Beispiele mit folgender Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad:

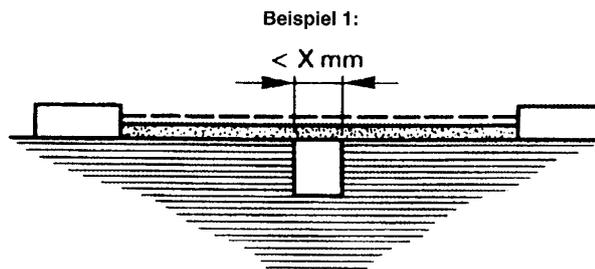
Verschmutzungsgrad	Kleinste Breite X von Nuten
1	0,25 mm
2	1,0 mm
3	1,5 mm
4	2,5 mm

Beispiele:

Zeichenerklärung:

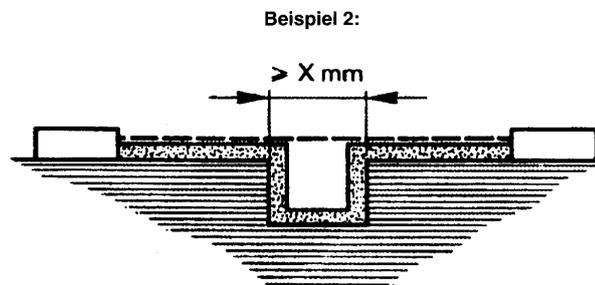
Luftstrecke: - - - - -

Kriechstrecke:



Bedingung: Der betrachtete Weg schließt eine Nut mit parallelen oder konvergierenden Seiten von beliebiger T mit einer Breite kleiner als X mm ein.

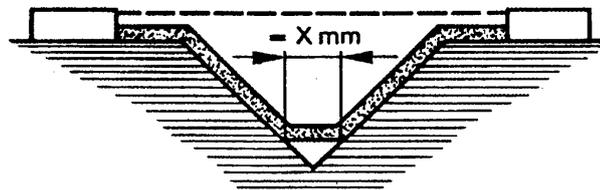
Regel: Luft- und Kriechstrecke werden, wie gezeichnet, direkt über die Nut gemessen.



Bedingung: Der betrachtete Weg schließt eine Nut mit parallelen Seiten von beliebiger Tiefe mit einer Breite gleich oder größer als X mm ein.

Regel: Luftstrecke ist der Abstand der „Sichtlinie“. Der Kriechweg folgt der Kontur der Nut.

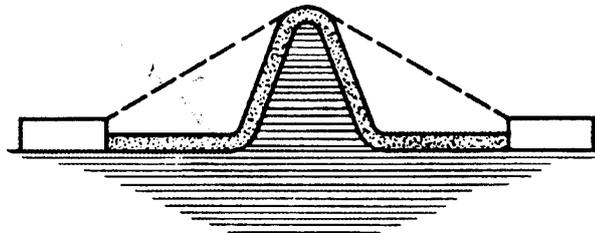
Beispiel 3:



Bedingung: Der betrachtete Weg schließt eine V-förmige Nut mit einer Breite gleich oder größer als X mm ein.

Regel: Luftstrecke ist der Abstand der „Sichtlinie“. Der Kriechweg folgt der Kontur der Nut, aber „überbrückt“ den Boden der Nut mit einer Verbindung von X mm.

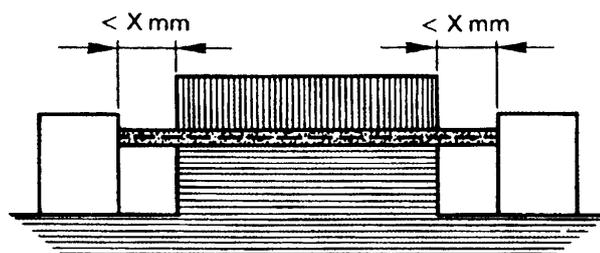
Beispiel 4:



Bedingung: Der betrachtete Weg schließt eine Rippe ein.

Regel: Luftstrecke ist der kürzeste Weg durch die Luft über die Spitze der Rippe. Der Kriechweg folgt der Kontur der Rippe.

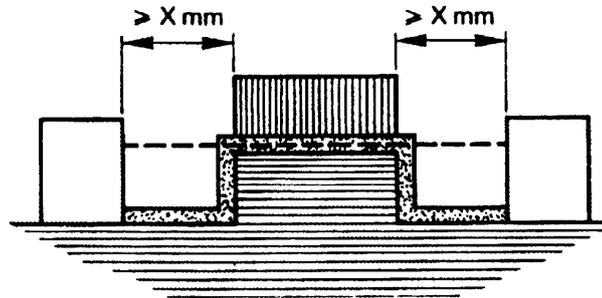
Beispiel 5:



Bedingung: Der betrachtete Weg schließt eine unverklebte Fuge mit Nuten kleiner als X mm Breite an jeder Seite ein.

Regel: Luft- und Kriechstrecke ist der gezeichnete Abstand der „Sichtlinie“.

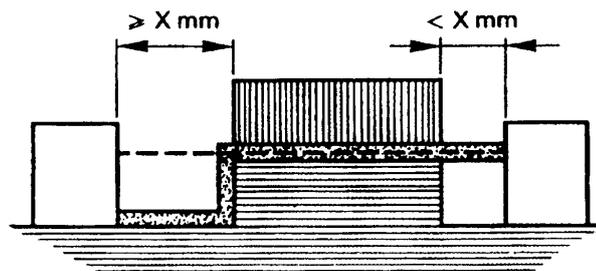
Beispiel 6:



Bedingung: Der betrachtete Weg schließt eine unverklebte Fuge mit Nuten gleich oder größer als X mm Breite an jeder Seite ein.

Regel: Luftstrecke ist der Abstand der „Sichtlinie“. Der Kriechweg folgt der Kontur der Nuten.

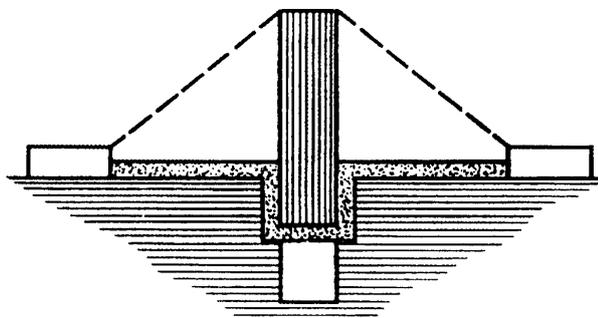
Beispiel 7:



Bedingung: Der betrachtete Weg schließt eine unverklebte Fuge mit einer Nut kleiner als X mm Breite auf der einen Seite und einer Nut gleich oder größer als X mm Breite auf der anderen Seite ein.

Regel: Luft- und Kriechstrecke sind wie gezeichnet.

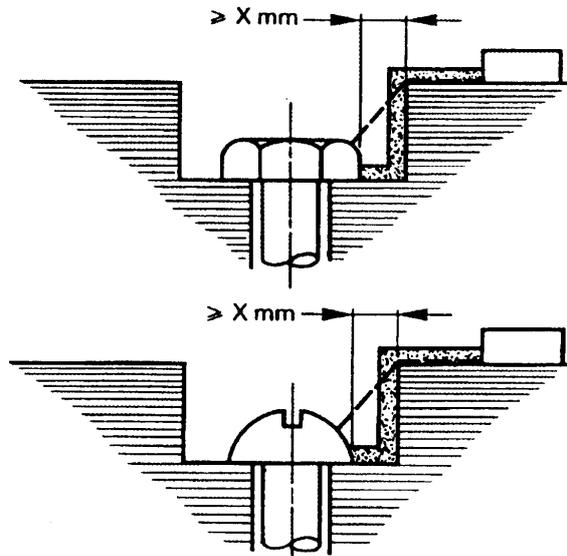
Beispiel 8:



Bedingung: Kriechstrecke durch eine unverklebte Fuge kleiner als die Kriechstrecke über einen Isoliersteg.

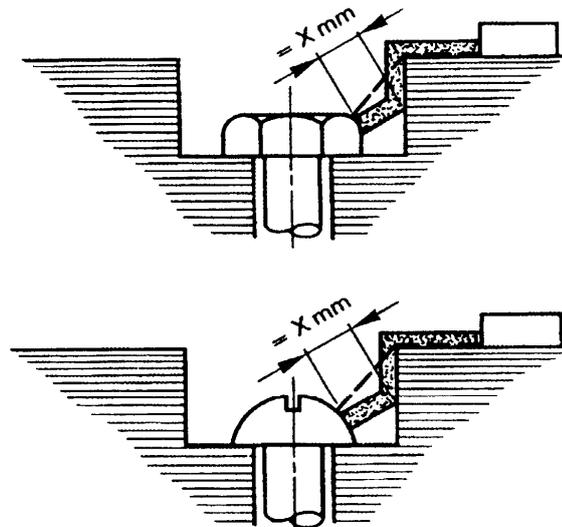
Regel: Luftstrecke ist der kürzeste Weg durch die Luft über die Spitze des Steges.

Beispiel 9:



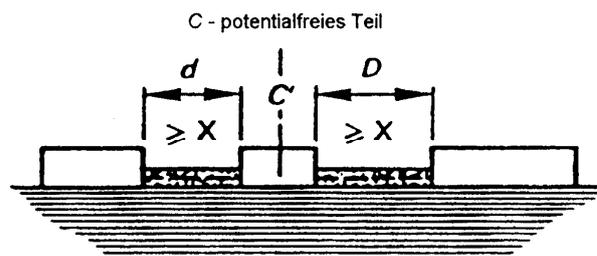
Spalt zwischen Schraubenkopf und Trennwand ist weit genug, um in Betracht gezogen zu werden.

Beispiel 10:



Spalt zwischen Schraubenkopf und Trennwand ist zu klein, um in Betracht gezogen zu werden.
Die Messung der Kriechstrecke muß von der Schraube bis zur Wand erfolgen, wenn der Abstand gleich X ist.

Beispiel 11:



Luftstrecke ist der Abstand $d + D$, Kriechstrecke ist ebenfalls $d + D$