

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                               |                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel<br/>in Niederspannungsanlagen</b><br>Teilentladungsprüfungen<br>Anwendungsrichtlinie | <b>VDE 0110</b><br>Teil 20 |
| <p>Diese auch vom Vorstand des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) e.V. genehmigte Norm ist damit zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> im Sinne von VDE 0022. Sie ist unter obenstehender Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.</p> <p>Insulation co-ordination for equipment within low-voltages systems;<br/>partial discharge tests; application guide</p> <p>Zusammenhang mit der von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) herausgegebenen Publikation IEC 270 (1981), siehe Erläuterungen.</p> <p><b>Beginn der Gültigkeit</b><br/>Diese Norm (VDE-Bestimmung) gilt ab 1. August 1990.<br/>Norm-Inhalt war veröffentlicht als Entwurf DIN VDE 0109 Teil 20/10.87.</p> <p>Fortsetzung Seite 2 bis 11</p> <p>Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)</p> |                                                                                                                                               |                            |

## Inhalt

|                                                       | Seite |                                                                                       | Seite |
|-------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>1 Anwendungsbereich</b>                            | 2     | <b>6 Vorbereitung der Prüfung</b>                                                     | 5     |
| <b>2 Zweck</b>                                        | 2     | 6.1 Kalibrieren der Prüfeinrichtung für die Störpegelmessung                          | 5     |
| <b>3 Begriffe</b>                                     | 2     | 6.2 Messung des Störpegels                                                            | 6     |
| 3.1 Teilentladung                                     | 2     | 6.3 Kalibrierung der Prüfeinrichtung für die Teilentladungsprüfung                    | 6     |
| 3.2 Scheinbare Ladung $q$                             | 2     | <b>7 Durchführung der Teilentladungsprüfung</b>                                       | 7     |
| 3.3 Festgelegte Teilentladungsstärke                  | 3     | 7.1 Vorbehandlung des Prüflings                                                       | 7     |
| 3.4 Impulshäufigkeit                                  | 3     | 7.2 Teilentladungsprüfung                                                             | 7     |
| 3.5 Teilentladungs-Einsetzspannung $U_i$              | 3     | 7.3 Teilentladungsprüfung mit Gleichspannung                                          | 7     |
| 3.6 Teilentladungs-Aussetzspannung $U_e$              | 3     | <b>Anhang A Wirkungsweise der Prüfkreise</b>                                          | 8     |
| 3.7 Teilentladungs-Prüfspannung $U_t$                 | 3     | <b>Anhang B Hinweise zur Auswahl der Prüfeinrichtung</b>                              | 9     |
| <b>4 Verfahren zur Messung der scheinbaren Ladung</b> | 3     | B.1 Arten von Meßgeräten                                                              | 9     |
| 4.1 Allgemeines                                       | 3     | B.1.1 Ladungsmeßgeräte                                                                | 9     |
| 4.2 Wahl des Prüfkreises                              | 3     | B.1.2 Funkstör-Meßgeräte                                                              | 9     |
| 4.2.1 Prüfkreis für geerdete Prüflinge                | 3     | B.1.3 Meßimpedanz                                                                     | 9     |
| 4.2.2 Prüfkreis für erdfreie Prüflinge                | 4     | B.1.4 Kopplungskondensator $C_k$                                                      | 9     |
| 4.2.3 Auswahlkriterien                                | 4     | B.1.5 Impedanz (Filter)                                                               | 9     |
| 4.3 Anforderungen an das Teilentladungs-Meßgerät      | 4     | B.1.6 Kalibrierpulsgenerator                                                          | 9     |
| 4.4 Wahl des Prüfverfahrens                           | 4     | B.2 Bandbreite des Prüfkreises                                                        | 9     |
| 4.4.1 Teilentladungs(TE-)Einsetz- und Aussetzspannung | 4     | B.3 Kalibrierung des Meßgerätes                                                       | 10    |
| 4.4.2 Teilentladungsstärke                            | 4     | <b>Anhang C Hinweise zur Verringerung von Störungen</b>                               | 10    |
| <b>5 Vorbedingungen zur Teilentladungsprüfung</b>     | 5     | C.1 Allgemeines                                                                       | 10    |
| 5.1 Allgemeines                                       | 5     | C.2 Störquellen                                                                       | 10    |
| 5.2 Anforderungen an die Prüfspannung                 | 5     | C.2.1 Störungen bei nicht erregtem Prüfkreis (die nicht im Prüfling selbst auftreten) | 10    |
| 5.3 Festzulegende Teilentladungsstärke                | 5     | C.3 Verringerung von Störungen                                                        | 10    |

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt zur Vereinheitlichung der Verfahren von Teilentladungsprüfungen mit Wechselspannung für elektrische Betriebsmittel, die zum Anschluß an eine Nennversorgungsspannung von nicht mehr als 1000 V Wechselspannung oder 1500 V Gleichspannung bestimmt sind; z. B. für Geräte, Baugruppen oder Bauelemente mit festen Isolierungen, die durch Teilentladungen geschädigt werden können.

Die Festlegungen dieser Norm gelten sinngemäß auch für die Messung von Teilentladungen mit Gleichspannung, wenn das Prüfverfahren entsprechend angepaßt wird.

Diese Norm soll bei der Erstellung oder Überarbeitung von Normen für Betriebsmittel und Bauelemente beachtet werden. Für diese Norm wurde die Pilotfunktion beantragt.

Diese Norm behandelt nicht die Prüfung von niederfrequenten Oberflächenentladungen bei Fremdschichten (Kriechströme).

## 2 Zweck

Zweck dieser Norm ist die Festlegung:

- geeigneter Begriffe,
- entsprechender Meßgrößen,
- geeigneter Prüfschaltungen,
- entsprechender Anforderungen an Meßgeräte,
- geeigneter Verfahren zum Kalibrieren,
- geeigneter Prüfverfahren.

## 3 Begriffe

Die nachfolgend wiedergegebenen Begriffe stimmen im Wortlaut mit denen in [DIN VDE 0434/05.83](#) bis auf die mit seitlichem Strich gekennzeichneten abweichenden Aussagen überein.

### 3.1 Teilentladung

Teilentladung (TE) im Sinne dieser Norm ist eine örtliche elektrische Entladung in Isolierungen, welche die Isolierung zwischen den Elektroden nur teilweise überbrückt.

Anmerkung: TE kann in Hohlräumen von Feststoffisolierungen oder zwischen Isolierschichten, in Gasblasen von flüssigen Isolierungen und an scharfen Kanten oder Spitzen von metallischen Oberflächen auftreten. TE tritt meistens in der Form von Einzelimpulsen auf, die als elektrische Impulse im äußeren, an den Prüfling angeschlossenen Stromkreis festgestellt werden können.

(siehe auch [DIN VDE 0434](#))

### 3.2 Scheinbare Ladung $q$

Die scheinbare Ladung  $q$  einer Teilentladung ist die Ladung, die kurzzeitig zwischen den Klemmen des Prüflings eingespeist, die Spannung zwischen diesen Klemmen vorübergehend um den gleichen Wert ändert wie die Teilentladungen selbst. Die scheinbare Ladung wird in Picocoulomb ausgedrückt.

Anmerkung 1: Die scheinbare Ladung ist nicht gleich der Ladung, die tatsächlich an der Entladungsstelle auftritt.

Anmerkung 2: Die von der Teilentladung an den Klemmen des Prüfling hervorgerufene Impulsform der Spannung kann in der Praxis von der durch den Kalibrierimpuls erzeugten abweichen. Die scheinbare Ladung  $q$  wird als die Ladung angesehen, die bei Einspeisung in die Klemmen des Prüflings die gleiche Anzeige am Meßgerät wie die Teilentladung selbst ergibt.

(siehe auch [DIN VDE 0434](#))

### 3.3 Festgelegte Teilentladungsstärke

Die festgelegte Teilentladungsstärke ist der Grenzwert der scheinbaren Ladung, der in Normen oder Anforderungen für den jeweiligen Prüfling bei einer festgelegten Spannung festgelegt ist.

(siehe auch [DIN VDE 0434](#))

### 3.4 Impulshäufigkeit

Die Impulshäufigkeit von Teilentladungen ist die über eine vorgegebene Zeit gemessene durchschnittliche Anzahl von Teilentladungsimpulsen je Sekunde.

Anmerkung: In der Praxis werden nur Impulse oberhalb einer vorgegebenen Größe oder innerhalb eines vorgegebenen Größenbereichs berücksichtigt.

(siehe auch [DIN VDE 0434](#))

### 3.5 Teilentladungs-Einsatzspannung $U_i$ <sup>1)</sup>

Die Teilentladungs-Einsatzspannung  $U_i$  ist die niedrigste Spannung, bei der im Prüfkreis Teilentladungen größer als die festgelegte Teilentladungsstärke gemessen werden, wenn die an den Prüfling angelegte Spannung von einem niedrigeren Wert ausgehend, bei dem keine derartigen Entladungen beobachtet werden, gesteigert wird.

Die Teilentladungs-Einsatzspannung wird mit ihrem durch  $\sqrt{2}$  geteilten Scheitelwert angegeben.

(siehe auch [DIN VDE 0434](#))

<sup>1)</sup>  $U_i$  - inception voltage

<sup>2)</sup>  $U_e$  - extinction voltage

### 3.6 Teilentladungs-Aussetzspannung $U_e$ <sup>2)</sup>

Die Teilentladungs-Aussetzspannung  $U_e$  ist die niedrigste Spannung, bei der im Prüfkreis noch Teilentladungen größer als die festgelegte Teilentladungsstärke gemessen werden, wenn die Prüfspannung von einem über der Einsatzspannung liegendem Wert ausgehend gesenkt wird.

Die Teilentladungs-Aussetzspannung wird mit ihrem durch  $\sqrt{2}$  geteilten Scheitelwert angegeben.

(siehe auch [DIN VDE 0434](#))

### 3.7 Teilentladungs-Prüfspannung $U_t$

Die Teilentladungs-Prüfspannung  $U_t$  ist der Spannungswert der Prüfspannung  $U$ , bei dem die festgelegte Teilentladungsstärke nicht überschritten werden darf.

Die Teilentladungs-Prüfspannung wird mit ihrem durch  $\sqrt{2}$  geteilten Scheitelwert angegeben.

(siehe auch [DIN VDE 0434](#))

## 4 Verfahren zur Messung der scheinbaren Ladung

### 4.1 Allgemeines

Für die Messung der scheinbaren Ladung muß abhängig von den Prüflingen von den zuständigen technischen Komitees bestimmt werden:

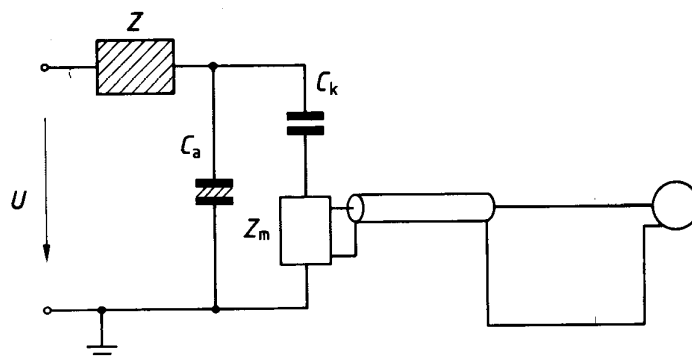
- Wahl des Prüfkreises (siehe Abschnitt 4.2)
- Wahl des Teilentladungsmeßgerätes (siehe [Abschnitt 4.3](#) und [Anhang B](#))
- Wahl der Meßfrequenz (siehe [Abschnitt 4.3](#))
- Wahl des Prüfverfahrens (siehe [Abschnitt 4.4](#))

### 4.2 Wahl des Prüfkreises

In den Prüfkreisen für Teilentladungsmessungen ist die Meßimpedanz entweder in Reihe mit dem Prüfling gegen Erde oder über einen Kopplungskondensator parallel zum Prüfling geschaltet.

#### 4.2.1 Prüfkreis für geerdete Prüflinge

In der Schaltung nach Bild 1 befindet sich die Meßimpedanz auf der Erdseite des Kopplungskondensators. Diese Anordnung muß für Prüflinge verwendet werden, bei denen eine Anschlußklemme fest geerdet ist.



Hierin bedeuten:

$U$  Prüfspannung

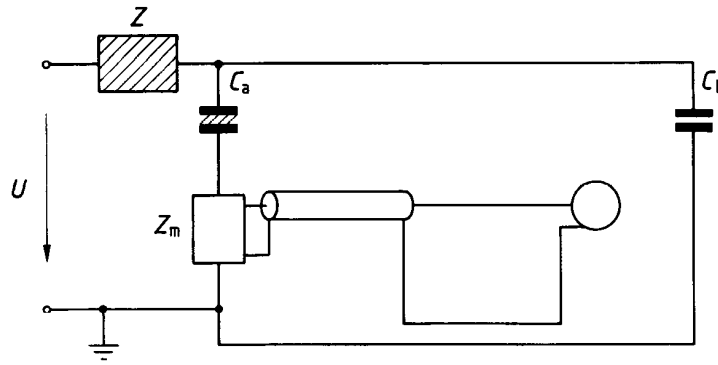
$Z$  Impedanz (Filter)

$C_a$  Prüfling (mit seiner Kapazität)

$C_k$  Kopplungskondensator

$Z_m$  Meßimpedanz

Bild 1. Meßimpedanz  $Z_m$  in Reihe mit dem Kopplungskondensator  $C_k$

Bild 2. Meßimpedanz  $Z_m$  in Reihe mit dem Prüfling  $C_a$ 

#### 4.2.2 Prüfkreise für erdfreie Prüflinge

In der Schaltung nach Bild 2 befindet sich die Meßimpedanz auf der Erdseite des Prüflings. Beide Anschlußklemmen des Prüflings müssen gegen Erde isoliert sein.

#### 4.2.3 Auswahlkriterien

Grundsätzlich sind die Schaltungen nach den Bildern 1 und 2 gleichwertig. Die Streukapazitäten beider Klemmen des Prüflings gegen Erde wirken sich jedoch in unterschiedlicher Weise auf die erzielbare Empfindlichkeit aus. Die Kapazität der Hochspannungsklemme gegen Erde erniedrigt die Meßempfindlichkeit in der Schaltung nach Bild 1 und erhöht sie in der Schaltung nach Bild 2. Zur Erzielung einer ausreichenden Empfindlichkeit bei der Bemessung der Prüfkreis-komponenten gibt Anhang A Hinweise.

#### 4.3 Anforderungen an das Teilentladungs-Meßgerät

Breit- und schmalbandige Ladungsmeßgeräte sind geeignet. Auswahlkriterien sind Anhang C.3, Abschnitt 3 zu entnehmen. Funkstörmeßgeräte dürfen nur unter Beachtung von Abschnitt B.1.2 verwendet werden.

Die untere Grenze der Meßfrequenz sind durch die Frequenz der Prüfspannung  $f_t$  und die Eigenschaften der Meßimpedanz gegeben. Sie soll  $\geq 10 \times f_t$  betragen (siehe Anhang B.1.3).

Die obere Grenze der Meßfrequenz ergibt sich aus dem Zeitverlauf der Teilentladungsimpulse und sollte nicht über 2 MHz liegen. Bei schmalbandigen Teilentladungsmeßgeräten sollte die Meßfrequenz möglichst niedrig gewählt werden, wobei schmalbandige Störquellen zu beachten sind.

#### 4.4 Wahl des Prüfverfahrens

##### 4.4.1 Teilentladungs(TE-)Einsetz- und Aussetzspannung

Die Prüfspannung  $U$  zur Messung der Teilentladungs-Einsetz- und -Aussetzspannung mit einem Wert unterhalb der Teilentladungs-Einsetzspannung wird an den Prüfling gelegt und so lange gesteigert, bis Teilentladung auftritt (Teilentladungs-Einsetzspannung  $U_i$ ). Die Spannung wird dann um weitere 10 % gesteigert (siehe Bild 3) und danach gesenkt, bis die Teilentladungsstärke unter den festgelegten Wert gesunken ist (Teilentladungs-Aussetzspannung  $U_e$ ).

Anmerkung: Es ist zu beachten, daß bei einigen Isolierungen die TE-Aussetzspannung durch die Zeit beeinflusst werden kann, in der die Spannung oberhalb des Einsetzwertes gehalten wird. Im Falle von

wiederholten Messungen der TE-Ein- und -Aussetzspannung können beide Spannungen beeinflusst werden.

Die für die TE-Einsetz- und -Aussetzspannung ermittelten Werte müssen über dem 1,2fachen ( $F_1$ ) der höchsten periodisch auftretenden Spannungsspitzen  $U_p$  liegen.

Anmerkung: Die TE-Aussetzung wird durch Umgebungsbedingungen wie z. B. die Temperatur beeinflusst. Diese Einflüsse werden durch einen Sicherheitsfaktor  $F_1 = 1,2$  berücksichtigt. Die TE-Aussetzspannung muß daher für Basisisolierung und auch für zusätzliche Isolierung gleich oder größer  $1,2 \times U_p$  sein.

Für verstärkte Isolierung ist die Abschätzung eines höheren Risikos notwendig. Die TE-Aussetzspannung muß deshalb um einen zusätzlichen Sicherheitsfaktor  $F_3 = 1,25$  höher liegen.

$(F_1 \times F_3 \times U = 1,2 \times 1,25 \times U = 1,5 \times U)$ .

Anmerkung: Der in DIN VDE 0106 Teil 101 für doppelte und verstärkte Isolierungen festgelegte Faktor von 1,25 entspricht dem zuvor genannten Sicherheitsfaktor  $F_3$ .

Dieses Verfahren ist für Grundsatzuntersuchungen und Entwicklungsarbeiten (Typprüfungen) zu empfehlen.

##### 4.4.2 Teilentladungsstärke

Die Teilentladungs-Prüfspannung  $U_t$  zur Messung der Teilentladungsstärke (TE-Stärke) beträgt das 1,2fache ( $F_1$ ) der höchsten periodisch auftretenden Spannungsspitzen  $U_p$ .

Anmerkung: Die TE-Aussetzspannung wird durch Umgebungsbedingungen wie z. B. die Temperatur beeinflusst. Diese Einflüsse werden durch den Sicherheitsfaktor  $F_1 = 1,2$  berücksichtigt. Die TE-Aussetzspannung muß daher für Basisisolierung und auch für zusätzliche Isolierung gleich oder größer  $1,2 \times U_p$  sein.

Die Prüfspannung  $U$  wird bis zum 1,25fachen Wert ( $F_2$ ) der Teilentladungsspannung  $U_t$  ( $U = 1,2 \times 1,25 \times U_p = 1,5 \times U_p$ ) gesteigert oder mit vollem Wert zugeschaltet. Hierbei ist auf Überspringen zu achten. Dann wird die Spannung für eine festzulegende Zeit  $t_1$  konstant gehalten und anschließend auf die Teilentladungs-Prüfspannung  $U_t$  abgesenkt und für eine weitere festzulegende Zeit  $t_2$  konstant gehalten. Am Ende dieser Zeit wird die Teilentladungsstärke gemessen. Sie darf nicht über dem festgelegten Wert liegen.

Anmerkung 1: Zwischen der TE-Einsetzspannung  $U_i$  und der TE-Aussetzspannung  $U_e$  besteht eine Hysterese. Aus praktischen Erfahrungen ergibt sich ein