

Optoelektronische Koppellemente für sichere elektrische Trennung

Anforderungen Prüfungen

DIN
VDE 0884

Diese auch vom Vorstand des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) e.V. genehmigte Norm ist damit zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist unter obenstehender Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.

Optocoupler for protective separation against electric shock,
requirements, tests

Photocoupleurs pour la séparation électrique assurée,
exigences, essais

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm (VDE-Bestimmung) gilt ab 1. August 1987.

Entwurf war veröffentlicht als DIN VDE 0884/04.85.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	2
2 Begriffe	2
3 Anforderungen	3
4 Prüfverfahren	3
5 Prüfprogramm	8
6 Kennzeichnung, Aufschriften, Datenblattangaben	14
Zitierte Normen	15
Erläuterungen	16

Fortsetzung Seite 2 bis 18

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Norm gilt für optoelektronische Koppellemente, die für die sichere elektrische Trennung von Stromkreisen mit Nenn-Netz-Spannungen bis 1000 V (nach VDE 0109) geeignet sind.

2 Begriffe

2.1 Optoelektronisches Koppellement

Ein optoelektronisches Koppellement ist ein Bauelement, das in einem Gehäuse einen oder mehrere Sender und einen oder mehrere Empfänger und gegebenenfalls zugehörige Ansteuer- oder Ausgangselektronik enthält.

Die Information zwischen Sender und Empfänger wird durch Strahlung im optischen Spektralbereich übertragen. Ein optoelektronisches Koppellement wird im folgenden kurz als Koppellement bezeichnet (aus: DIN VDE 0883/06.80).

Anmerkung: Hierunter werden z. B. auch Baugruppen verstanden, bei denen die sichere elektrische Trennung zwischen Eingang und Ausgang durch eine optische Übertragungsstrecke bewirkt wird.

2.2 Sichere elektrische Trennung

Sichere elektrische Trennung ist eine Trennung, die den Übertritt der Spannung eines Stromkreises in einen anderen verhindert. „Sichere elektrische Trennung“ fordert auch im Fehlerfall noch eine Basisisolierung der Stromkreise.

2.2.1 Fehlerfall

Fehlerfall ist der die Sicherheit beeinträchtigende Ausfall des Koppellementes und/oder von Bauteilen oder Funktionen in der umgebenden Schaltung.

2.2.2 Basisisolierung

Basisisolierung ist die Isolierung unter Spannung stehender Teile zum grundlegenden Schutz gegen elektrischen Schlag (aus: DIN VDE 0106 Teil 1/05.82).

Anmerkung: Die Basisisolierung ist nicht ohne weiteres mit der Betriebsisolierung gleichzusetzen.

2.2.3 Zusätzliche Isolierung

Zusätzliche Isolierung ist eine unabhängige Isolierung zusätzlich zur Basisisolierung, die den Schutz gegen elektrischen Schlag im Fall eines Versagens der Basisisolierung sicherstellt (aus: DIN VDE 0106 Teil 1/05.82).

2.2.4 Doppelte Isolierung

Doppelte Isolierung ist eine Isolierung, die aus der Basisisolierung und zusätzlicher Isolierung besteht (aus: DIN VDE 0106 Teil 1/05.82).

2.2.5 Verstärkte Isolierung

Verstärkte Isolierung ist eine einzige Isolierung unter Spannung stehender Teile, die unter den in den einschlägigen Normen genannten Bedingungen den gleichen Schutz gegen elektrischen Schlag wie eine doppelte Isolierung bietet (aus: DIN VDE 0106 Teil 1/05.82).

Anmerkung: Das besagt nicht, daß die Isolierung homogen sein muß. Sie darf aus mehreren Lagen bestehen, die nicht einzeln als zusätzliche Isolierung oder Basisisolierung geprüft werden können.

2.2.6 Teilentladung

Eine Teilentladung TE ist eine elektrische Entladung,

welche die Isolierung zwischen zwei Elektroden nur teilweise überbrückt (aus: DIN VDE 0434/05.83).

2.3 Grenzwerte

2.3.1 Funktionsgrenzwerte

Funktionsgrenzwerte geben an, in welchen elektrischen, thermischen und mechanischen Grenzen das Koppellement betrieben werden kann, ohne daß Funktion und Sicherheit beeinträchtigt wird.

2.3.2 Sicherheitsgrenzwerte

Sicherheitsgrenzwerte geben an, in welchen elektrischen, thermischen und mechanischen Grenzen ein Koppellement betrieben werden kann, ohne daß die sichere elektrische Trennung weiter als bis zur Basisisolierung absinkt. Die übrigen Funktionen des Koppellementes dürfen in diesem Bereich beeinträchtigt oder gestört sein. Sicherheitsgrenzwerte sind: Strom I_{si} , Spannung U_{si} , Leistung P_{si} und Temperatur T_{si} .

2.4 Spannungen

2.4.1 Isolationsspannung U_{IORM} oder U_{IO}

Ist die maximal am Bauelement dauernd zulässige Spannung. Dies kann eine periodische Spitzenspannung (auch ein Scheitelwert einer Wechselspannung) (U_{IORM}) oder eine Gleichspannung (U_{IO}) sein.

2.4.2 Prüfspannung U_{pr}

Die Prüfspannung ist die an das Koppellement zum Nachweis des Isoliervermögens angelegte Spannung.

Man unterscheidet:

Prüfwechselspannung – Prüfstoßspannung

Alle nachfolgend aufgeführten Prüfwechselspannungen sind Scheitelwerte!

2.4.3 Transiente Überspannung U_{TR}

Transiente Überspannungen können sein:

2.4.3.1 Schalt-Überspannung

Die transiente Überspannung an einer bestimmten Stelle einer Anlage aufgrund einer bestimmten Schaltfunktion oder eines Fehlers (aus: DIN VDE 0109/12.83).

2.4.3.2 Blitz-Überspannung

Die transiente Überspannung an einer bestimmten Stelle einer Anlage aufgrund einer bestimmten Blitzentladung. (Siehe auch DIN VDE 0432 Teil 1 und Teil 2 „Hochspannungs-Prüftechnik“ und DIN VDE 0111 Teil 1 „Isolationskoordination für Betriebsmittel in Drehstromnetzen über 1 kV: Isolation Leiter gegen Erde“.) Aus: DIN VDE 0109/12.83.

2.4.3.3 Funktions-Überspannung

Absichtlich aufgeschaltete Überspannungen, die zur Funktion eines Betriebsmittels notwendig sind (aus: DIN VDE 0109/12.83).

2.4.4 Nenn-Steh-Stoßspannung

Die Nenn-Steh-Stoßspannung ist größer/gleich der maximal auftretenden transienten Überspannung für die jeweilige Einsatzklasse. Sie ist die Bezugsspannung für die Festlegung der Luftstrecken.

2.4.5 TE-Prüfspannung $U_{INITIAL}$

$U_{INITIAL}$ ist die für die TE-Prüfung maximale Prüfspannung. Sie ist eine Prüfwechselspannung.

$$U_{INITIAL} = U_{TR}$$

2.4.6 Teilentladungs-Aussetzspannung U_e

Die Teilentladungs-Aussetzspannung U_e ist die niedrigste Spannung, bei der im Prüfkreis noch Teilentladung beobachtet wird, wenn die Prüfspannung von einem über der Einsetzspannung liegenden Wert ausgehend allmählich gesenkt wird.

In der Praxis ist U_e der niedrigste Spannungswert, bei dem die Teilentladungsstärke gleich oder kleiner einem festgelegten kleinen Wert wird.

2.5 Isolationswiderstand R_{is}

Der Isolationwiderstand ist der Widerstand zwischen den kurzgeschlossenen Eingangs- und Ausgangsklemmen bei anzugebenden klimatischen Bedingungen und anzugebender Prüfspannung (aus: DIN VDE 0883/06.80).

2.6 Luftstrecke

Die Luftstrecke ist die kürzeste Entfernung in der Luft zwischen zwei leitenden Teilen (aus: DIN VDE 0109/12.83).

2.7 Kriechstrecke

Die Kriechstrecke ist die kürzeste Entfernung entlang der Oberfläche eines Isolierstoffes zwischen zwei leitenden Teilen (aus: DIN VDE 0109/12.83).

2.8 Kriechstromfestigkeit

Die Kriechstromfestigkeit ist die Widerstandsfähigkeit eines Isolierstoffes gegen Kriechspurbildung als die sichtbare Folge einer örtlichen thermischen Zersetzung des Isolierstoffes unter Einwirkung eines Kriechstromes (siehe auch DIN IEC 112/VDE 0303 Teil 1).

2.9 Verschmutzungsgrad nach DIN VDE 0109

2.10 Temperaturen (siehe auch DIN IEC 747 Teil 1)

2.10.1 Betriebstemperaturbereich T_{amb}

Der Betriebstemperaturbereich eines Koppel-elementes ist der Bereich zwischen der unteren und oberen Grenztemperatur, in dem das Koppel-element betrieben werden darf (aus: DIN VDE 0883/06.80).

2.10.2 Lagerungstemperaturbereich T_{stg}

Der Lagerungstemperaturbereich eines Koppel-elementes ist der Bereich zwischen der unteren und oberen Grenztemperatur, in dem das Koppel-element gelagert werden darf (aus: DIN VDE 0883/06.80).

2.10.3 Sicherheitsgrenztemperatur T_{si}

Die Sicherheitsgrenztemperatur T_{si} ist die höchste im Fehlerfall zulässige Gehäusetemperatur.

2.11 Prüfarten (siehe DIN 40080)

2.11.1 Zerstörungsfreie Prüfung

Die zerstörungsfreie Prüfung ist eine Prüfung, bei der das Koppel-element bei positivem Ergebnis der Prüfung mechanisch und elektrisch einwandfrei bleibt (aus: DIN VDE 0883/06.80).

2.11.2 Nichtzerstörungsfreie Prüfung

Die nichtzerstörungsfreie Prüfung ist eine Prüfung, bei der das Koppel-element auch bei positivem Ergebnis der Prüfung mechanisch oder elektrisch so beansprucht werden kann, daß es nicht weiter verwendet werden kann, oder daß die normalerweise zu erwartende Le-

bensdauer des Koppel-elementes verkürzt wird (aus: DIN VDE 0883/06.80).

2.11.3 Bauartprüfung (Typprüfung)

Die Bauartprüfung (Typprüfung) ist die vollständige Reihe von Prüfungen, die an einer bestimmten Anzahl von Koppel-elementen einer Bauart durchgeführt wird. Sie ist nicht zerstörungsfrei (aus: DIN VDE 0883/06.80).

Anmerkung: Die Bauartprüfung (Typprüfung) dient der Feststellung, ob das untersuchte Koppel-element als Ganzes in allen seinen Eigenschaften den gesetzten Forderungen entspricht. Sie wird in der Regel an Erzeugnissen aus fabrikmäßiger Fertigung durchgeführt.

2.11.4 Stichprobenprüfung

Die Stichprobenprüfung ist eine Prüfung, die an wenigen, beliebig auszuwählenden Koppel-elementen einer einheitlichen Menge der normalen Fertigung durchgeführt wird. Sie kann zerstörungsfrei oder nicht zerstörungsfrei sein (aus: DIN VDE 0883/06.80).

2.11.5 Stückprüfung

Die Stückprüfung ist eine Prüfung, die an jedem Koppel-element durchgeführt wird. Sie ist zerstörungsfrei (aus: DIN VDE 0883/06.80).

3 Anforderungen

Optoelektronische Koppel-elemente müssen so gebaut sein, daß bei ihrem Einsatz innerhalb ihrer Funktions- und Sicherheitsgrenzwerte die in den Datenblättern nach Tabelle 1 anzugebenden Isolationseigenschaften für die Isolation zwischen Eingang und Ausgang sicher eingehalten werden.

Anmerkung: Zusätzlich muß der Anwender des Koppel-elementes sicherstellen, daß auch im Fehlerfall die Sicherheitsgrenzwerte des Koppel-elementes für Strom, Spannung und Temperatur eingehalten werden.

4 Prüfverfahren

Dieser Abschnitt enthält die elektrischen Prüfverfahren, die im Rahmen des Prüfprogramms nach Abschnitt 5 durchzuführen sind. Alle Prüfungen sollen bei folgendem Klima durchgeführt werden (wenn nicht anders angegeben):

15 bis 35 °C

45 bis 75 % relative Luftfeuchte

860 bis 1060 h Pascal

(Entspricht dem Klima nach DIN IEC 68 Teil 1.)

Bei Schiedsmessungen ist folgendes Klima anzuwenden:

(23 ± 1) °C (50 ± 2) % relative Luftfeuchte.

4.1 Teilentladungsmessung

4.1.1 Prüfung (Typprüfung und Stichprobenprüfung)

Mit dieser Prüfung soll festgestellt werden, ab welcher Spannung einmal eingesetzte Teilentladungen in oder an der Isolation zwischen den unterschiedlichen Stromkreisen aussetzen bzw. ob die Teilentladungsaussetzspannung 20 % über der maximal am Bauelement dauernd anliegenden Spannung U_{IORM} liegt.

Zur Prüfung werden die Eingangsanschlüsse (Sender) und ebenfalls die Ausgangsanschlüsse (Empfänger) kurzgeschlossen.

Tabelle 1. Anforderungen an optoelektronische Koppellemente für sichere elektrische Trennung

Anforderungen an die Isolierungen	Werte und Angaben im Datenblatt
1. Klimatische Prüfklasse	Angaben nach DIN IEC 68 Teil 1
2. Spannungsfestigkeit 2.1 Isolationsspannung 2.2 Prüfspannung Eingang/Ausgang	U_{IORM} und U_{IO} in V $1,6 \times U_{IORM}$ (Scheitelwert) in V
3. Teilentladungs-Aussetzspannung Höchste zulässige Überspannung (Transiente Überspannung)	U_c in V (Scheitelwert) U_{TR} in V (Scheitelwert)
4. Umweltbedingungen	Verschmutzungsgrad nach DIN VDE 0109
5. Angaben der Luft- ¹⁾ und Kriechstrecken	Werte nach DIN VDE 0109/12.83, Tabellen 2 und 4, zeichnerische Darstellung
5.1 Angabe der Kriechstromfestigkeit des Isolierstoffes	Angabe der Vergleichszahl der Kriechwegbildung nach DIN IEC 112/VDE 0303 Teil 1; CTI 175, Materialgruppe IIIa nach DIN VDE 0109
5.2 Zulässiger Betriebs- und Lagerungstemperaturbereich	$T_{amb} \text{ min.}, T_{amb} \text{ max.}$ $T_{sig} \text{ min.}, T_{sig} \text{ max.}$
6. Isolationswiderstand Mindestwert bei Anlieferung bei $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ bei $T_{amb} \text{ max.}$ jedoch min. 100°C	$10^{12} \Omega$ bei $U = 500 \text{ V—}$ $10^{11} \Omega$ bei $U = 500 \text{ V—}$
7. Verhalten im Fehlerfall 7.1 Isolationswiderstand	Sicherheitsgrenzwerte für: Strom I_{si} ; Leistung P_{si} ; Temperatur T_{si} Isolationswiderstand $R_{is} \geq 10^9 \Omega$ bei T_{si} (bei 500 V—)
¹⁾ Beim Einbau in eine gedruckte Schaltung kann sich die Kriech- und Luftstrecke unter diesen Wert verringern (z. B. bei einem Rastermaß von 7,5 mm Abstand von Lötauge zu Lötauge). Ist dies nicht zulässig, müssen vom Anwender geeignete Maßnahmen getroffen werden.	

Die Spannung zwischen Eingang und Ausgang des Prüflings ist auf die Initial-Spannung $U_{INITIAL}$ (50 Hz) zu erhöhen (mit min. 100 V/s) und wird dann für 10 s aufrechterhalten. Es darf Teilentladung, aber kein Durchschlag auftreten. Die Spannung ist zu erniedrigen bis auf U_e nach

Datenblatt. Die Teilentladungen müssen bei U_e gleich oder kleiner der festgelegten Teilentladungsstärke sein. $U_{INITIAL}$ ergibt sich als die maximale, im Netz auftretende transiente Überspannung (siehe Tabelle 2) $U_{INITIAL} = U_{TR}$ gemäß Einsatzklasse und Nenn-Netzspannung.

Tabelle 2. Vorzugswerte für Steh-Stoßspannungen, beruhend auf Nennspannungen und der Begrenzung der Überspannungen (aus: DIN VDE 0109/12.83, Tabelle 1)

Spannungen abgeleitet von Nenn-Netzspannungen bis $U_{\sim}$ (hier $U_{eff.}$) oder $U_{—}$	Vorzugswerte Steh-Stoßspannungen für Einsatzklasse			
	I	II	III	IV
50	330	500	800	1 500
100	500	800	1 500	2 500
150	800	1 500	2 500	4 000
300	1 500	2 500	4 000	6 000
600	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000	4 000	6 000	8 000	12 000

Anmerkung: Beschreibung der Einsatzklassen siehe Erläuterung.

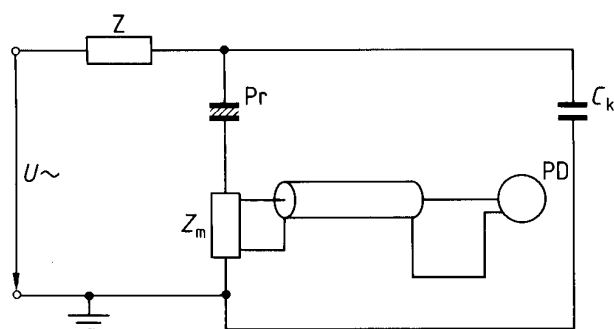
U_e errechnet sich wie folgt:

$$U_e = k \cdot U_{IORM}$$

$$k = 1,2 \text{ für verstärkte Isolierung nach Umweltprüfungen}$$

$$= 1,0 \text{ für Basisisolierung.}$$

4.1.2 Meßanordnung (nach DIN VDE 0434/05.83, Bild 1b)



- $U\sim$ = Versorgungsspannung
 Z = Filter
 Z_m = Meßimpedanz
 PD = Teilentladungsmeßgerät
 C_k = Kopplungskondensator
 Pr = Prüfling, der als Kondensator angesehen werden kann.

Bild 1. Meßanordnung
Das Bild zeigt die Meßanordnung zur Messung der Teilentladungsaussetzspannung

4.1.3 Beschreibung der Prüfschaltung und Meßgeräte

4.1.3.1 Prüfschaltung

Die Prüfschaltung besteht hauptsächlich aus:

- Pr – dem Prüfling, der als Kondensator angesehen werden kann;
- C_k – dem Kopplungskondensator;
- Z_m – dem Meßkreis, der aus der Meßimpedanz, der Verbindungsleitung und dem Meßinstrument besteht;
- PD – dem Teilentladungsmeßinstrument;
- Z – eventuell einer Impedanz oder einem Filter, um einen Nebenschluß der Entladungsimpulse über die Hochspannungsversorgung zu vermeiden und von der Spannungsquelle herrührende Störungen zu verringern.

Wenn keine Impedanz oder Filter Z verwendet wird, kann die Kapazität der Hochspannungsquelle den Koppelkondensator ersetzen.

Teilentladungen im Prüfling verursachen einen Ladungsausgleich im Prüfkreis und bewirken das Entstehen von Stromimpulsen durch die Meßimpedanz. Diese Meßimpedanz bestimmt in Verbindung mit dem Prüfling und dem Kopplungskondensator die Dauer und die Form der gemessenen Spannungsimpulse. Die Impulse werden in der Meßeinrichtung so verarbeitet, daß man am Meßgerät eine der scheinbaren Ladung proportionale Anzeige erhält.

4.1.3.2 Eigenschaften des Meßkreises

Abhängig von dem Frequenzbereich der Messung können relevante Meßkreise in zwei Gruppen eingeteilt werden: breitbandig und schmalbandig.

Der schmalbandige Meßkreis wird hier angewendet, um den Störpegel niedrig zu halten.

Schmalbandig ist wie folgt festgelegt:

$$\Delta f \leq 15 \text{ kHz.}$$

Die Mittenfrequenz des Teilentladungsdetektors muß zwischen 150 kHz und 5 MHz liegen.

Es ist darauf zu achten, daß keine Messungen bei der Resonanzfrequenz des Meßkreises durchgeführt werden.

4.1.3.3 Maßstabsfaktor k des Meßkreises

Der Maßstabsfaktor k ist der Faktor, mit dem der Ableswert des Meßgerätes multipliziert werden muß, um die

Größe der gemessenen Teilentladungsstärke in pC zu erhalten. Der Maßstabsfaktor hängt von der Eigenschaft des Meßkreises mit dem Meßgerät ab. Es ist daher obligatorisch, daß bei jedem neuen Typ eines Prüflings kalibriert wird. Größere Variationen der Kapazität des Prüflings machen eine neue Kalibrierung nötig.

4.1.3.4 Meßimpedanz

Die Meßimpedanz wirkt gewöhnlich als Vierpol mit einem Frequenzgang, der so gewählt ist, daß die prüffrequente Spannung vom Meßgerät ferngehalten wird. Dies kann bei einer rein ohmschen Impedanz durch Parallelschalten einer Induktivität zu dem Widerstand oder durch Reihenschaltung eines Kondensators zwischen Widerstand und Meßleitung erreicht werden. Die Meßimpedanz kann aus einem Widerstand, einer Parallelschaltung aus Widerstand und Kapazität, einem abgestimmten Kreis oder einer noch komplexeren Filteranordnung bestehen. Häufig wird eine Abstimmung der Meßimpedanz auf die Meßfrequenz des Meßgerätes vorgenommen.

4.1.3.5 Kopplungskondensator

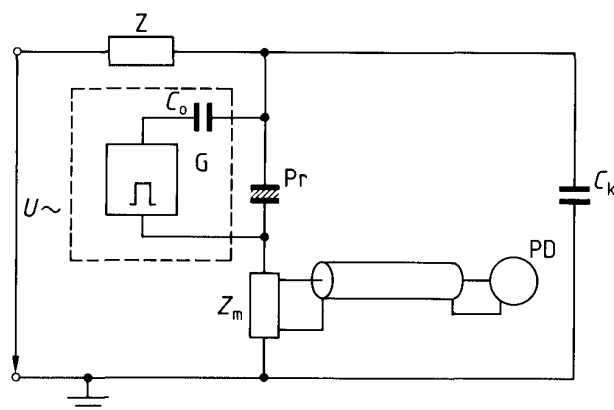
Der Kopplungskondensator darf nur eine geringe Induktivität aufweisen, und seine Resonanzfrequenz darf nicht kleiner als das 3fache der gewählten Mittenfrequenz sein.

4.1.3.6 Meßgerät zur Messung der scheinbaren Ladung q

Die Stromimpulse, die durch die Teilentladungen verursacht werden, rufen ein Signal an den Klemmen der Meßimpedanz hervor. Für kurze Impulse ist das Signal ein Spannungsimpuls, dessen Scheitelwert proportional der scheinbaren Ladung q des Prüflings ist. Die Einzelimpulse können auf einem Elektronenstrahl-Oszilloskop abgebildet und die Größe der scheinbaren Ladung durch Kalibrierung bestimmt werden. Die Impulse können über einer linearen Zeitbasis abgebildet werden, die z. B. durch den Entladungsimpuls selbst oder durch die Prüfspannung getriggert wird.

Das Oszillogramm hilft bei der Unterscheidung zwischen den verschiedenen Teilentladungsarten sowie zwischen Entladungen, die gemessen werden sollen, und äußeren Störungen. Die Größe der scheinbaren Ladung, die während einer wirklichen Prüfung gemessen wird, ergibt sich im allgemeinen aus dem größten wiederholt auftretenden Impuls.

4.1.4 Kalibrieranordnung (nach DIN VDE 0434/05.83, Bild 4b)



- $U\sim$ = Hochspannungsversorgung
 Z = Filter
 C_0 = Kapazität des Pulsgenerators
 G = Pulsgenerator
 Z_m = Meßimpedanz
 PD = Teilentladungsmeßgerät
 C_k = Kopplungskondensator
 Pr = Prüfling, der als Kondensator angesehen werden kann.

Bild 2. Schaltung zur Kalibrierung der vollständigen Prüfschaltung

4.1.5 Kalibrieren

4.1.5.1 Allgemeines

Der Begriff Kalibrieren beinhaltet zwei grundsätzlich zu unterscheidende Verfahren, nämlich einerseits die umfassende Ermittlung der Eigenschaften des Meßgerätes einschließlich seiner ins einzelne gehenden Kalibrierung, die nach jeder größeren Reparatur, jedoch mindestens einmal im Jahr, durchgeführt werden soll, und andererseits die regelmäßige Kalibrierung des Meßgerätes im vollständigen Prüfkreis, die vor jeder Prüfung oder, wenn viele gleiche Prüflinge geprüft werden, in geeigneten, vom Anwender zu bestimmenden Zeiträumen durchgeführt wird. Die letztere Kalibrierung schließt eine Überprüfung ein, daß das im Prüfkreis verwendete Meßgerät in der Lage ist, den Wert von 1 pC zu messen.

4.1.5.2 Bestimmung der Meßgeräteeigenschaften

Die Bestimmung der Eigenschaften des Meßgerätes und seine Kalibrierung sollen auf allen Meßbereichen nach den in Herstellerangaben festgelegten Bedingungen oder nach anwendbaren Normen durchgeführt werden (z.B. IEC 270 (1981)).

Die Meßimpedanz Z_m und alle Verbindungsleitungen müssen in die Kalibrierung einbezogen werden.

4.1.5.3 Kalibrieren von Meßgeräten für die scheinbare Ladung q

Das Kalibrieren von Meßgeräten für die Messung der scheinbaren Ladung q einzelner Entladungen wird ausgeführt, indem kurze Stromimpulse von einer Ladung $q_0 = 5$ pC durch die Meßimpedanz Z_m geschickt werden.

Der Pulsgenerator soll eine Anstiegszeit von weniger als 50 ns haben. Die Abfallzeit der Rechteckspannung soll in der Größenordnung von 100 bis 1000 μ s liegen.

4.1.5.4 Kalibrieren der Meßeinrichtung im vollständigen Prüfkreis

Das Kalibrieren der Meßeinrichtung im vollständigen Prüfkreis wird durchgeführt, um den Maßstabsfaktor k bei angeschlossenem Prüfling zu bestimmen. Dieser Faktor wird durch die Prüfkreiseigenschaften bestimmt. Das Kalibrieren muß für jeden einzelnen Prüfling wiederholt werden, ausgenommen, die Prüfung wird an einer Serie gleichartiger Prüflinge vorgenommen, deren Kapazitätswerte um nicht mehr als ± 10 % vom Mittelwert abweichen. Dies ist in der Regel bei der Stückprüfung

eines Bauelementes der Fall; hier genügt die mindestens tägliche Kalibrierung vor Prüfbeginn.

Diese Kalibrierung kann zur Überprüfung der kleinsten meßbaren Entladungsstärke verwendet werden. Dieser kleinste Wert wird durch den Grundstörspegel und die Meßkreiseigenschaften bestimmt. Die Kalibrierung braucht nur bei einem oder einigen Werten der Meßgröße durchgeführt zu werden.

Das Kalibrieren der im vollständigen Prüfkreis zur Messung von q eingesetzten Geräte soll durchgeführt werden, indem kurze Stromimpulse in die Klemmen des Prüflings geschickt werden, wie im Bild 2 dargestellt.

Die Kalibrierimpulse erhält man auf die gleiche Weise, und sie müssen die gleichen Anforderungen erfüllen, wie in Abschnitt 4.1.5.2 festgelegt.

Das Kalibrieren des vollständigen Prüfkreises findet ohne Hochspannung am Prüfling statt.

Ehe die Hochspannung an die Meßeinrichtung angelegt wird, muß der Pulsgenerator entfernt werden.

4.1.6 Prüfungsdurchführung

4.1.6.1 Allgemeine Anforderungen

Um bei Teilentladungsmessungen reproduzierbare Meßergebnisse zu erhalten, ist eine sorgfältige Kontrolle aller in Frage kommenden Faktoren notwendig. Die folgenden Abschnitte enthalten die Anforderungen an den Prüfling und die Prüfspannung.

4.1.6.2 Ermittlung der Teilentladungsstärke bei einer festgelegten Prüfspannung

4.1.6.2.1 Verfahren a) für Typprüfung und Stichprobenprüfung

Eine Spannung weit unter der Teilentladungs-Einsatzspannung wird an den Prüfling gelegt und langsam gesteigert, bis zu einem festgelegten Wert. Die Prüfspannung bei diesem festgelegten Wert ist die Initialspannung U_{INITIAL} . Bei dieser Initialspannung kann Teilentladung auftreten. Die Initialspannung wird für eine vorgeschriebene Zeit t_{ini} konstant gehalten und anschließend langsam auf den Wert der Teilentladungs-Prüfspannung U_{pr} abgesenkt.

Auf dieser Spannungshöhe wird die Spannung für eine festgelegte Prüfzeit t_b konstant gehalten, und während dieser Zeit wird in einem vorgeschriebenen Zeitintervall t_p die Teilentladungsstärke gemessen.