

**DIN EN IEC 60076-22-7
(VDE 0532-76-22-7)**
DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 29.180

Einsprüche bis 2019-10-02

Entwurf

**Leistungstransformatoren –
Teil 22-7: Zubehörteile von Leistungstransformatoren und Drosselspulen –
Zubehörteile und Armaturen
(IEC 14/1002/CDV:2019);
Deutsche und Englische Fassung prEN IEC 60076-22-7:2019**

Power transformers –
Part 22-7: Power transformer and reactor fittings –
Accessories and fittings
(IEC 14/1002/CDV:2019);
German and English version prEN IEC 60076-22-7:2019

Transformateurs de puissance –
Partie 22-7: Transformateurs de puissance et bobines d'inductance –
Accessoires et fixations
(IEC 14/1002/CDV:2019);
Version allemande et anglaise prEN IEC 60076-22-7:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-08-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 118 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN IEC 60076-22-7:2019 „Leistungstransformatoren – Teil 22-7: Zubehörteile von Leistungstransformatoren und Drosselspulen – Zubehörteile und Armaturen“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 14/1002/CDV:2019 „Power transformers – Part 22-7: Power transformer and reactor fittings – Accessories and fittings“ unverändert in den Entwurf prEN IEC 60076-22-7:2019 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 14 „Power transformers“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 321 „Transformatoren“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

**Leistungstransformatoren –
Teil 22-7: Zubehörteile von Leistungstransformatoren und Drosselspulen –
Zubehörteile und Armaturen**

Inhalt

Seite

Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Betriebsbedingungen	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Korrosionsschutz	7
4.3 Beständigkeit gegen Umgebungsbedingungen	8
4.4 Eigenschaften der Isolierflüssigkeit	8
5 Allgemeine Anforderungen an Stück- und Typprüfungen	8
6 Zubehörteile und Armaturen	8
6.1 Thermometertaschen	8
6.1.1 Allgemeines	8
6.1.2 Identifizierung und Typenschild	8
6.1.3 Prüfung	9
6.1.4 Maße der Thermometertasche (in Millimeter)	9
6.2 Erdungsklemme	9
6.2.1 Allgemeines	9
6.2.2 Maße von Erdungsklemmen	10
6.3 Ablassstopfen	12
6.3.1 Allgemeines	12
6.3.2 Werkstoffe	12
6.3.3 Maße verschiedener Einrichtungen	12
6.4 Vorrichtung zum Entlüften und Ablassen von Flüssigkeit	14
6.4.1 Allgemeines	14
6.4.2 Werkstoffe	14
6.4.3 Maße verschiedener Vorrichtungen	14
6.5 Rollen und Radbaugruppe	15
6.5.1 Allgemeine Anforderungen	15
6.6 Luftentfeuchter	15
6.6.1 Allgemeines	15
6.6.2 Gemeinsame Anforderungen	16
6.6.3 Zusätzliche Anforderungen für herkömmliche Ausführungen mit Austausch per Hand	16
6.6.4 Zusätzliche Aspekte selbstständig regenerierender Bauarten	19
6.6.5 Prüfungen	22
6.7 Drosselklappen	23

	Seite
6.7.1 Allgemeines	23
6.7.2 Anforderungen und Eigenschaften	23
6.7.3 Bauteile von Drosselklappen	24
6.7.4 Einbauanordnungen und Maße	25
6.7.5 Betriebsverhalten	26
6.7.6 Prüfungen	27
6.7.7 Lieferbedingungen	28
6.8 Verbindungsanschlusskästen	28
6.8.1 Allgemeines	28
6.8.2 Schutzart	28
6.8.3 Funktion des Verbindungsanschlusskastens	28
6.8.4 Allgemeiner Aufbau	28
6.8.5 Gesamtmaße	28
6.8.6 Bevorzugte funktionale und fertigungsbezogene Eigenschaften des Kastens	28
6.8.7 Bevorzugte funktionale und fertigungsbezogene Eigenschaften der Klemmen	29
6.8.8 Betriebsverhalten	29
6.8.9 Prüfungen	29
6.9 Einrichtung zur Probenahme	31
6.9.1 Allgemeines	31
6.9.2 Anforderungen und Eigenschaften	31
6.9.3 Prüfungen	32
Anhang A (informativ) Berechnung der Strombelastbarkeit von Erdungsmatten	33
A.1 Theorie	33
A.2 Anwendung von Erdungsmatten	34
Anhang B (informativ) Rollen und Radbaugruppe	36
B.1 Einführung in die Wahl von Rollen	36
B.2 Theorie des Kontakts	36
B.2.1 Höchstlast	36
B.2.2 Traktionskraft	37
B.3 Rollenmaße und Spurweiten	38
B.3.1 Mittenabstand und Spurweite	38
B.3.2 Rolle ohne Spurkranz	38
B.3.3 Flanschrolle	40
Anhang C (informativ) Größenbestimmung für Luftentfeuchter für herkömmliche Typen	46
C.1 Leitfaden zur Berechnung von Luftentfeuchtergrößen	46
Anhang D (normativ) Typen von Drosselklappen	49
D.1 Drosselklappen der Typen A1, A2 und A3 mit Einbau durch Anschweißen an der Kesselwand	49
D.2 Drosselklappen der Typen B1 und B2 mit Einbau zwischen Kesselwand und Rohrleitung und in einer Rohrleitung	52
D.3 Drosselklappen der Typen C1 und C2 mit Einbau in einer Rohrleitung	54

Anhang E (normativ) Dichtungen und Dichtungssitze.....	57
E.1 Allgemeines.....	57
E.2 Dichtungssitze und Dichtungen für Drosselklappen der Typen A1, A2, A3, C1 und C2	57
E.3 Dichtungssitze und Dichtungen für Drosselklappen der Typen B1 und B2	58
Anhang F (informativ) Anschluss- und Klemmenkästen	59
F.1 Bevorzugte Einbaumaße.....	59
Literaturhinweise	60

Bilder

Bild 1 – Thermometertasche mit Innengewinde (links) und Außengewinde (rechts).....	9
Bild 2 – Erdungsklemme Typ B1	10
Bild 3 – Erdungsklemme Typ B2	10
Bild 4 – Erdungsklemme Typ B3	11
Bild 5 – Erdungsklemme Typ B4	11
Bild 6 – Erdungsklemme Typ B5	11
Bild 7 – Erdungsklemme Typ B6	11
Bild 8 – Erdungsklemme Typ B7	12
Bild 9 – Ablassstopfen Typ C1 (geschraubte Ausführung)	13
Bild 10 – Ablassstopfen Typ C2	13
Bild 11 – Ablassstopfen Typ C3	14
Bild 12 – Entlüftung und Flüssigkeitsablass Typ D1 (M6) und D2 (M12).....	15
Bild 13 – Anschlussflansche von Luftentfeuchtern.....	17
Bild 14 – Außenmaße.....	18
Bild 15 – Gesamtmaße.....	32
Bild B.1 – Kontaktfläche zwischen einer Rolle und einer Ebene.....	36
Bild B.2 – Traktionskraft	37
Bild B.3 – Mittenabstand und Spurweite	38
Bild B.4 – Rollentyp W1 ohne Spurkranz	39
Bild B.5 – Rollentyp W1 Draufsicht der Mittenabstände	39
Bild B.6 – Schienenprofil in Vignolausführung	40
Bild B.7 – Schienenprofil Burbach.....	40
Bild B.8 – Positionen von Rolle und Schiene	41
Bild B.9 – Einzelrolle in Spurkranzausführung W2.....	41
Bild B.10 – Beispiel eines Rollenprofils mit runder Form	42
Bild B.11 – Doppelrolle in Spurkranzausführung W3	42
Bild B.12 – Queraufbau.....	43
Bild B.13 – Einfachspur	44
Bild B.14 – Konzentrisch zweigleisige Anordnung	44
Bild B.15 – Parallele Doppelspuren.....	45
Bild D.1 – Einbauanordnung von Drosselklappen des Typs A1, A2 und A3	49
Bild D.2 – Drosselklappen des Typs A1, A2 und A3	50

Bild D.3 – Einbauanordnung von Drosselklappen des Typs B1 und B2 zwischen Kesselwand und Rohrleitung	51
Bild D.4 – Einbauanordnung von Drosselklappen des Typs B1 und B2 in Rohrleitungen	52
Bild D.5 – Drosselklappen des Typs B1	52
Bild D.6 – Drosselklappen Bauart B2	53
Bild D.7 – Einbauanordnung von Drosselklappen der Typen C1 und C2 in einer Rohrleitung	54
Bild D.8 – Drosselklappen des Typs C1	55
Bild D.9 – Drosselklappen des Typs C2	56
Bild F.1 – Maße von Anschluss- und Klemmenkästen der Größe A, B (links) und C,D (rechts)	59

Tabellen

Tabelle 1 – Vorzugsmaße für Thermometertaschen	9
Tabelle 2 – Höchster Strom für Erdungsklemmen	12
Tabelle 3 – Maße für Ablassstopfen Typ C2	13
Tabelle 4 – Typische Größenklassen von Luftentfeuchtern	18
Tabelle 5 – Schaltvermögen – Selbstständig regenerierende Luftentfeuchter	21
Tabelle 6 – Durchschlagfestigkeit von Schaltern – Netzfrequenz	21
Tabelle 7 – Durchschlagfestigkeit von Schaltern – Impuls	22
Tabelle 8 – Höchstwerte für die zulässige Undichtheit	26
Tabelle A.1 – Werkstoffdaten für die Berechnung der Strombelastbarkeit	34
Tabelle A.2 – Höchster zulässiger Strom für genormte Erdungsmatten, während 0,5 s.	35
Tabelle B.1 – Rollenmaße W1	39
Tabelle B.2 – Mittenabstände Rolle W1	40
Tabelle B.3 – Auflagefläche einer Schiene	41
Tabelle B.4 – Maße von Einzelrollen mit Spurkranz	42
Tabelle B.5 – Maße von Doppelrollen mit Spurkranz	43
Tabelle B.6 – Spurweite für Querspurgleis	43
Tabelle B.7 – Spurweite Einfachspur	44
Tabelle B.8 – Spurweiten für konzentrische Gleise	44
Tabelle B.9 – Spurweiten für parallele Gleise	45
Tabelle C.1 – Masse des in einem Kubikmeter Luft enthaltenen Wassers, in Gramm	47
Tabelle D.1 – Maße von Drosselklappen des Typs A1, A2 und A3	50
Tabelle D.2 – Maße von Drosselklappen des Typs B1	53
Tabelle D.3 – Maße von Drosselklappen Bauart B2	54
Tabelle D.4 – Maße von Drosselklappen des Typs C1	55
Tabelle D.5 – Maße von Drosselklappen des Typs C2	56
Tabelle E.1 – Maße von Dichtungssitzen und Typen und Maße von Dichtungen für Drosselklappen der Typen A1, A2, A3, C1 und C2 – [mm]	57
Tabelle E.2 – Maße von Dichtungssitzen und Typen und Maße von Dichtungen für Drosselklappen der Typen B1 und B2 – [mm]	58
Tabelle F.1	59

Einleitung

Unter dem allgemeinen Titel *Zubehörteile von Leistungstransformatoren und Drosselspulen – Zubehörteile und Armaturen* behandelt die Norm IEC 60076-22-7 eine umfangreiche Auswahl der Zubehörteile und Armaturen, die derzeit bei Leistungstransformatoren und Drosselspulen verwendet werden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60076-22 gilt für eine Auswahl von Zubehörteilen und Armaturen, die an flüssigkeitsgefüllte Leistungstransformatoren nach IEC 60076-1 und an Drosselspulen nach IEC 60076-6 mit oder ohne Ausdehnungsgefäß für die Innenraum- oder Freiluftinstallation montiert werden. Er umreißt die Betriebsbedingungen und die mechanischen Anforderungen, die auf alle Zubehörteile und Armaturen zutreffen.

Er umreißt außerdem die spezifisch für diese Einrichtungen geltenden Betriebsanforderungen und die für die Austauschbarkeit maßgeblichen Vorzugsmaße sowie die durchzuführenden Typ- und Stückprüfungen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60068-3-3:1993, *Environmental testing – Part 3: Guidance – Seismic test methods for equipment*

IEC 60076-1:2011, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-7, *Power transformers – Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers*

IEC 60529:1993, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60721-3-4:1995, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weather protected locations*

IEC 60296:1982, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

ISO 3601-1, *Fluid power systems – O-rings – Part 1: Inside diameters, cross-sections, tolerances and designation codes*

ISO 7005-1, *Pipe flanges – Part 1: Steel flanges for industrial and general service piping systems*

ISO 12944-6, *Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 6: Laboratory performance test methods*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>.

3.1

Thermometertasche

Einrichtung, die an einem Transformator- oder Drosselspulendeckel, an Rohrleitungen oder einer beliebigen flüssigkeitsgefüllten Kammer montiert ist, und zur Aufnahme eines Thermometers zur Messung der Temperatur der Isolierflüssigkeit vorgesehen ist

3.2

Erdungsklemme

Klemme, welche am Transformator- oder Drosselspulenkessel oder an der Tragstruktur der Kühleinrichtung oder einem beliebigen anderen Teil, angebracht ist, das geerdet werden muss, vorgesehen für den elektrische Verbindung mit dem Erdungssystem

3.3

Ablassverschluss Ablassstopfen

Vorrichtung zum Ablassen der Isolierflüssigkeit aus den flüssigkeitsgefüllten Kammern

3.4

Entlüftung

Vorrichtung zum Entlüften von Luft und Gas, welches innerhalb des Transformatorbessels oder der Rohrleitung eingeschlossen ist

3.5

Rollen und Radbaugruppe

Einrichtung, die zum Bewegen des Transformators in verschiedene Richtungen unter Verwendung von Schienen geeignet ist

3.6

Luftentfeuchter

Einrichtung zur Verbindung des Luftraums im Oberteil des Bessels eines flüssigkeitsgefüllten Transformators mit der Luft außerhalb, um die Luftfeuchte der eingesogenen Luft aufzunehmen

3.7

Drosselklappe

Einrichtung zum Trennen jeglicher Bauteile oder Zubehörteile, die am Flüssigkeitssystem des Transformators angebaut sind

3.8

Verbindungsanschlusskasten

Einrichtung, die zum Herstellen isolierter und flüssigkeitsdichter elektrischer Verbindungen mit niedrigen Spannungen und niedrigen Strömen zwischen dem Inneren und dem Äußeren einer flüssigkeitsgefüllten Kammer ausgelegt ist

3.9

Probenahmeschieber

Vorrichtung zur Entnahme von Proben der Isolierflüssigkeit

4 Betriebsbedingungen

4.1 Allgemeines

Die in IEC 60076-1:2011, 4.2, festgelegten üblichen Betriebsbedingungen bilden den Normalbetrieb der in der vorliegenden Norm festgelegten Zubehörteile und Armaturen ab.

Für alle ungewöhnlichen Betriebsbedingungen, die spezielle Überlegungen in der Auslegung der Einrichtungen und Betriebsmittel erfordern, siehe IEC 60076-1:2011, 5.5. Festlegungen für den Betrieb der Einrichtungen unter derartigen ungewöhnlichen Betriebsbedingungen müssen zwischen Abnehmer und Hersteller vereinbart werden.

4.2 Korrosionsschutz

Die zum Bau der Zubehörteile und Armaturen oder für deren Oberflächenbehandlung verwendeten Werkstoffe müssen gegen die Isolierflüssigkeit beständig sein und den Umweltbedingungen standhalten können. Sofern nichts anderes festgelegt ist, muss die Festigkeit mindestens der Kategorie C4 für mittlere Schutzdauer nach ISO 12944-6 entsprechen.

Teile, die geschweißt werden sollen und Erdungsmatten dürfen nicht mit einem Anstrich versehen werden.

Schrauben, die Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, müssen aus nichtrostendem Stahl gefertigt sein, welcher mindestens der Korrosionsklasse C4 mittlere Schutzdauer entspricht, sofern nichts anderes festgelegt ist.

4.3 Beständigkeit gegen Umgebungsbedingungen

Die zum Bau der Zubehörteile und Armaturen verwendeten Werkstoffe müssen beständig gegen UV-Strahlung sein; Fenster und Schaugläser dürfen während der Lebensdauer des Zubehörteils nicht undurchsichtig werden.

4.4 Eigenschaften der Isolierflüssigkeit

In diesem Abschnitt werden nur solche Zubehörteile und Armaturen behandelt, die mit der Isolierflüssigkeit in Kontakt kommen.

Sofern nichts anderes festgelegt ist, handelt es sich bei der Isolierflüssigkeit um ein Mineralöl nach IEC 60296 und die Betriebstemperatur muss den Festlegungen von IEC 60076-7 entsprechen.

Wenn die Isolierflüssigkeit keine mineralische Flüssigkeit ist, muss der Abnehmer die Betriebstemperatur angeben.

5 Allgemeine Anforderungen an Stück- und Typprüfungen

Sofern nichts anderes festgelegt ist, müssen die Prüfungen bei einer Umgebungstemperatur zwischen 10 °C und 40 °C durchgeführt werden.

Alle für die Prüfungen eingesetzten Messgeräte müssen eine rückverfolgbare Fehlergrenze haben und regelmäßig kalibriert werden.

6 Zubehörteile und Armaturen

6.1 Thermometertaschen

6.1.1 Allgemeines

Die Thermometertasche muss jederzeit eine Trennung zwischen der Isolierflüssigkeit und dem Messwertaufnehmer bieten, dabei muss die Tasche so ausgelegt sein, dass sie den in IEC 60076-1:2018, 11.8, 11.9, 11.10 und 11.11 festgelegten Vakuum- und Druckprüfungen für Transformatorkessel standhält.

Wenn sie nicht im Gebrauch ist, muss die Öffnung verschlossen werden, um eine Verunreinigung durch Feuchtigkeit, Staub und jegliche andere unerwünschten Partikel zu vermeiden.

Die Tasche muss so ausgelegt sein, dass Beschädigungen der Tasche oder der Temperaturmesseinrichtung aufgrund thermischer Ausdehnung des Wärmeübertragungsmediums vermieden werden.

Der Taschenwerkstoff und das Füllmedium müssen eine gute Wärmeübertragung aufweisen.

6.1.2 Identifizierung und Typenschild

Keine Anforderungen.

6.1.3 Prüfung

Die Tasche wird nicht einzeln geprüft sondern als Bauteil des Transformators oder der Drosselspule während Typ- oder Stückprüfungen.

6.1.4 Maße der Thermometertasche (in Millimeter)

In Bild 1 und Tabelle 1 sind die bevorzugten Lösungen für Thermometertaschen angegeben.

Der/die Schutzstopfen oder -kappe wird in der vorliegenden Norm nicht festgelegt.

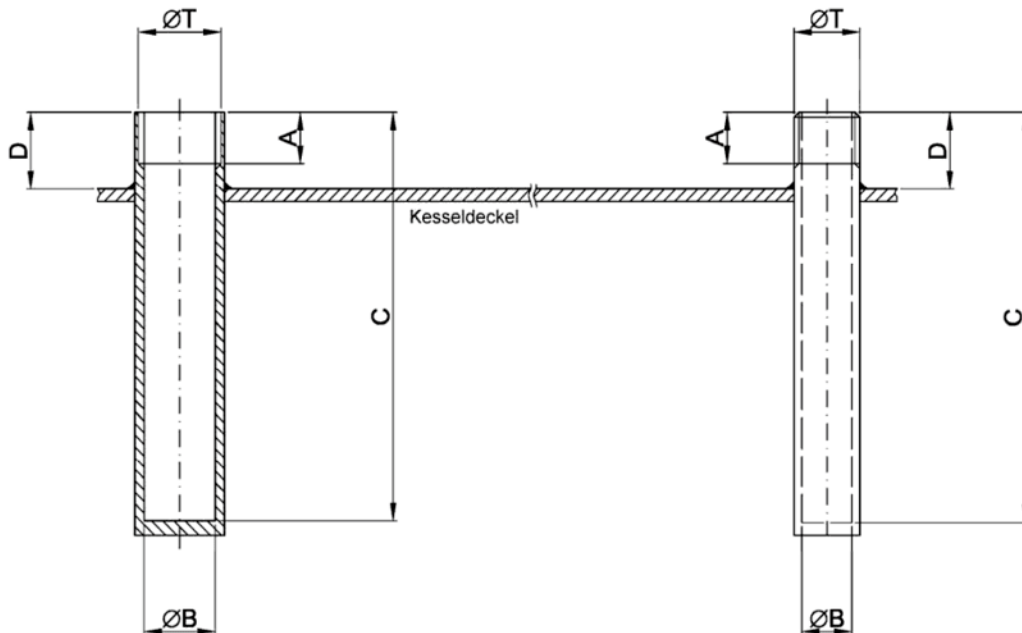


Bild 1 – Thermometertasche mit Innengewinde (links) und Außengewinde (rechts)

Tabelle 1 – Vorzugsmaße für Thermometertaschen

Taschen mit	Typ	A min	B min	B max	C min	D max	Gewinde ØT
Innengewinde	A1	20	20		165	30	G1
	F	17	16		155	30	M22 x 1,5
	U	13	12,4	12,5	166	30	M22 x 1,5
Außengewinde	A2	20	20		120	30	G ¾

6.2 Erdungsklemme

6.2.1 Allgemeines

Erdungsklemmen müssen aus nichtrostendem Stahl mindestens Klasse 304L bestehen und deutlich über Bodenniveau angeordnet werden. Die Matte muss so gewählt werden, dass sie den höchsten erwarteten Erdschlussströmen stand hält. Vor Anschluss an die Erdung muss jegliche nichtleitende Beschichtung an Gewinden, Kontaktstellen und Kontaktflächen entfernt werden.

Die Klemme muss mit dem Buchstaben „E“ entweder an der Klemme selbst oder in ihrer Nähe gekennzeichnet werden.

Für die Berechnung des in [Tabelle 2](#) angegebenen höchsten Stroms der Erdungsmatten wurde der Querschnitt des Erdungselements verwendet; die Schweißstellen am Kessel wurde mit einem Querschnitt gleich dem Abschnitt der Matte berücksichtigt. Für B7-Erdungsklemmen wurde eine Schweißnaht von 5 mm entlang des gesamten Umfangs berücksichtigt. Für die Ausführung des Erdungselements als Erdungsbolzen wurde das Innengewinde verwendet.

Die Klemme muss elektrischen Durchgang zum Transformatorkessel sicherstellen.

Der Schweißwerkstoff und das Verfahren zum Verbinden der Matten mit dem Kessel muss dafür geeignet sein, den höchsten in [Tabelle A.2](#) angegebenen Temperaturen für jede Mattenausführung ohne Beschädigungen standzuhalten.

Die höchsten in [Tabelle 2](#) angegebenen Stromwerte beziehen sich nur auf die Erdungsmatte und ihre Verbindung zum Kessel; Erdungsverbindungen sollten zweckmäßig bemessen sein, um zu diesen Werten zu passen.

In [Tabelle 2](#) ist der Kurzschluss-Strombelastbarkeit der Erdungsklemmen angegeben. Die Tabelle beruht auf einer Anfangstemperatur von 40 °C und einer Endtemperatur von 300 °C und auf einer Kurzschlussdauer von 0,5 s, wobei ein Auslösen des Stroms durch den Transformator früher als bei diesem Wert berücksichtigt wird.

Die Werte in [Tabelle 2](#) wurden unter Berücksichtigung der Werkstoffeigenschaften entsprechend von Angaben in der Literatur und einer adiabatischen Temperaturerhöhung ermittelt.

Für weitere Informationen siehe [Anhang A](#).

6.2.2 Maße von Erdungsklemmen

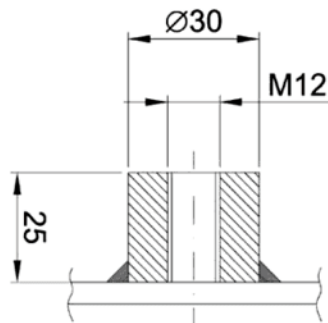


Bild 2 – Erdungsklemme Typ B1

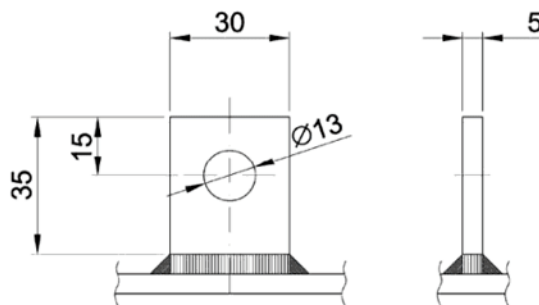


Bild 3 – Erdungsklemme Typ B2

— Entwurf —

E DIN EN IEC 60076-22-7 (VDE 0532-76-22-7):2019-09
prEN IEC 60076-22-7:2019

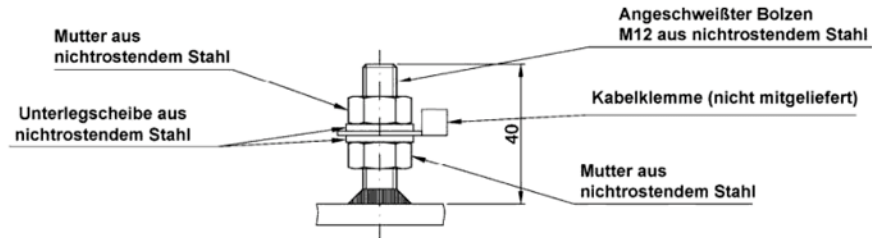


Bild 4 – Erdungsklemme Typ B3

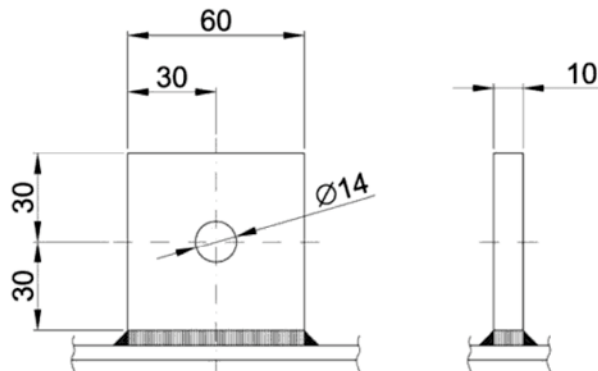


Bild 5 – Erdungsklemme Typ B4

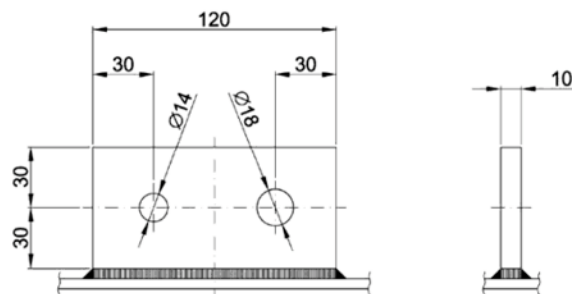


Bild 6 – Erdungsklemme Typ B5

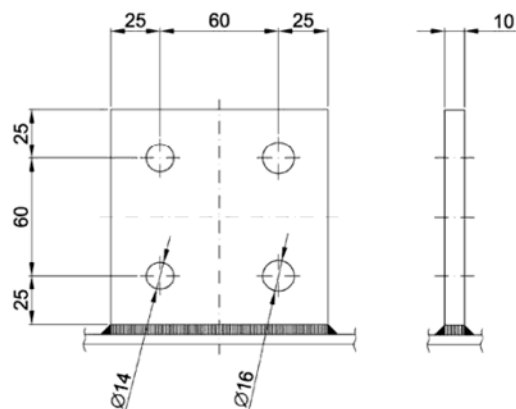


Bild 7 – Erdungsklemme Typ B6

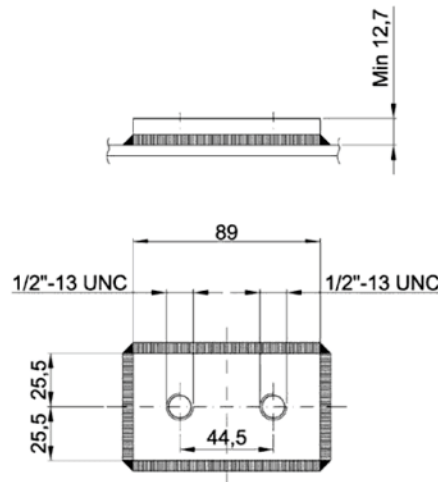


Bild 8 – Erdungsklemme Typ B7

Tabelle 2 – Höchster Strom für Erdungsklemmen

Typ der Erdungsklemme		Querschnitt S mm ²	Kurzschlussfestigkeit kA
B1	Φ 30 M12	594	31,5
B2	5 x 30 mm	150	8,0
B3	M12	76	4,0
B4	60 x 10 mm	600	31,5
B5	120 x 10 mm	1 200	63,0
B6	110 x 10 mm	1 100	58,0
B7	51 x 89 mm	1 400	74,0

6.3 Ablassstopfen

6.3.1 Allgemeines

Ablassstopfen werden bei allen Isolierflüssigkeitskammern verwendet, um die im Inneren enthaltene Flüssigkeit vollständig abzulassen.

Sie müssen an der untersten Stelle der Kammer angeordnet sein.

Sie dürfen im Betrieb keine Leckage aufweisen.

6.3.2 Werkstoffe

Die geschweißten Teile müssen aus Kohlenstoffstahl gefertigt sein, Schrauben und geschraubte Teile müssen aus Messing oder nichtrostendem Stahl gefertigt sein und Schutzkappen müssen aus Metall sein.

6.3.3 Maße verschiedener Einrichtungen

Im Folgenden sind in [Bild 9](#) bis [Bild 11](#) die bevorzugten Lösungen dargestellt, die für das Ablassen des Flüssigkeitsvolumens zu wählen sind.

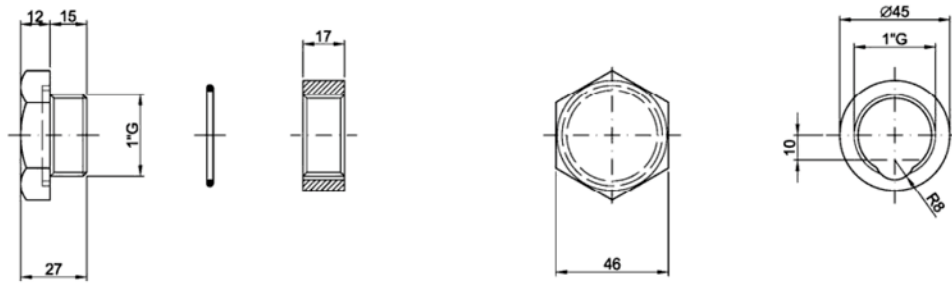


Bild 9 – Ablassstopfen Typ C1 (geschraubte Ausführung)

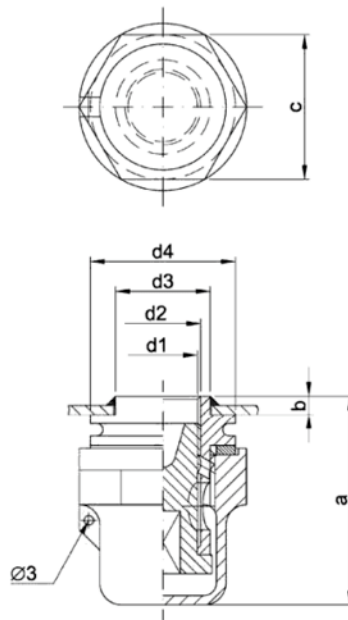


Bild 10 – Ablassstopfen Typ C2

Tabelle 3 – Maße für Ablassstopfen Typ C2

Größe	d1	a mm	b mm	d2	d3 mm	d4 mm	c mm
C2-A	22	67	6	M24 x 1,5	30	46	46
C2-B	31	93	10	M33 x 1,5	40	65	65
C2-C	40	115	10	M42 x 1,5	52	80	80

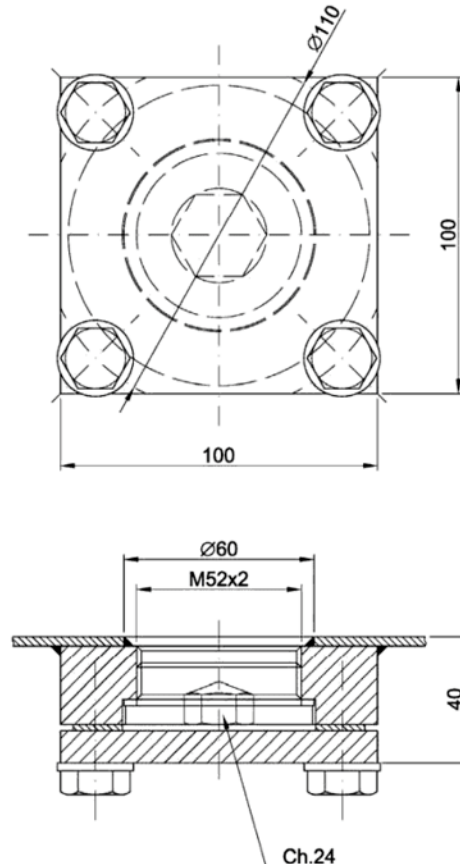


Bild 11 – Ablassstopfen Typ C3

6.4 Vorrichtung zum Entlüften und Ablassen von Flüssigkeit

6.4.1 Allgemeines

Entlüftungen werden an Isolierflüssigkeitskammern verwendet, um die/das im Inneren enthaltene Luft oder Gas zu entlüften. Wenn sie als Entlüftung verwendet werden, müssen sie sich an der höchsten Stelle der Kammer befinden.

Ablassvorrichtungen werden an Isolierflüssigkeitskammern verwendet, um geringe Flüssigkeitsmengen abzulassen. Wenn sie als Ablassstopfen verwendet werden, müssen sie sich an der untersten Stelle der Kammer befinden.

Sie dürfen im Betrieb keine Leckage aufweisen.

6.4.2 Werkstoffe

Die geschweißten Teile müssen aus Kohlenstoffstahl gefertigt sein, Schrauben und geschraubte Teile müssen aus Messing oder nichtrostendem Stahl gefertigt sein und Schutzkappen müssen aus Metall sein.

6.4.3 Maße verschiedener Vorrichtungen

In Bild 12 sind die bevorzugten Lösungen dargestellt, die für das Ablassen das Entlüften des Gasvolumens oder das Ablassen des Ölvolumens zu wählen sind.

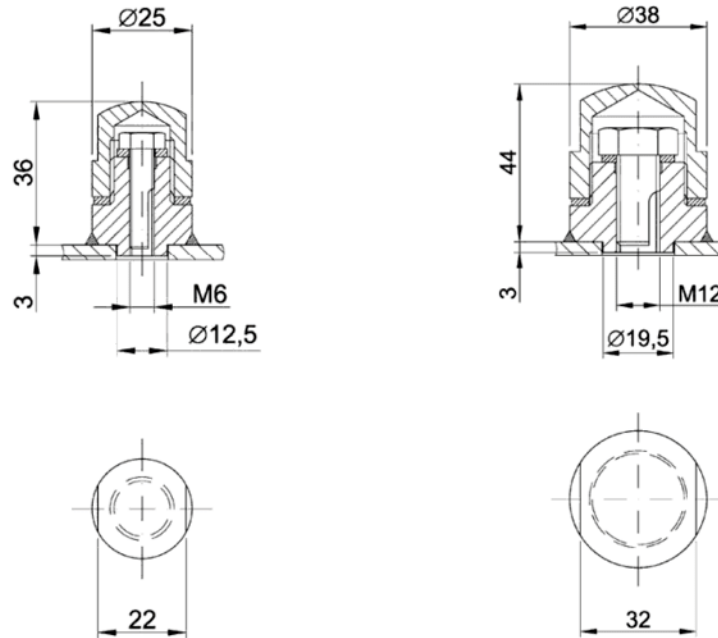


Bild 12 – Entlüftung und Flüssigkeitsablass Typ D1 (M6) und D2 (M12)

6.5 Rollen und Radbaugruppe

6.5.1 Allgemeine Anforderungen

Jede Radbaugruppe muss für Bewegungen in mindestens zwei senkrecht zueinander verlaufenden Richtungen geeignet sein und in der gewählten Position gesichert werden können.

Jede Radbaugruppe muss so ausgelegt sein, dass eine Vorrichtung zum Sperren der Rollen (Fahrrollen) mittels Unterlegkeil angewendet werden kann.

Jede Radbaugruppe muss zum Tragen von 120 % der Höchstlast in der Lage sein, mit welcher sie belastet wird, wenn der Transformator vollständig mit Flüssigkeit befüllt und ortsfest ist.

Über die erwartete Lebensdauer des Transformators darf die Radbaugruppe keine Anzeichen von Verformungen aufweisen, die eine bestimmungsgemäße Rotation der Rollen verhindern und sie muss sich auch nach einer längeren ortsfesten Periode frei rollen lassen.

Über die erwartete Lebensdauer des Transformators darf die Radbaugruppe keine Verformung der Schienen verursachen, auf welchen sie aufgestellt ist, weder wenn sie ortsfest ist noch beim Rollen auf der Schiene.

Für zusätzliche Informationen siehe [Anhang B](#).

6.6 Luftentfeuchter

6.6.1 Allgemeines

Diese Vorrichtung dient der Aufnahme der Feuchtigkeit aus der Luft, die aufgrund der Wärmekontraktion der Flüssigkeit in das Innere von jeglichen flüssigkeitsgefüllten Kammern von flüssigkeitsgefüllten Transformatoren und Drosselspulen eingesogen wird.

Die vorliegende Norm behandelt nur Luftentfeuchter mit Verwendung von Trocknungsmitteln zur Aufnahme der Feuchtigkeit aus der Luft. Während des Betriebs nimmt das Trocknungsmittel Feuchtigkeit auf, bis es gesättigt ist.

Luftentfeuchter dürfen entweder herkömmlich von Hand ausgetauscht werden oder sich bauartbedingt selbstständig regenerieren.

6.6.2 Gemeinsame Anforderungen

6.6.2.1 Allgemeines

Diese Anforderungen gelten für beide Bauarten von Luftentfeuchtern, herkömmliche mit Austausch von Hand und selbstständig regenerierende.

6.6.2.2 Trocknungsmittel

Das Trocknungsmittel muss frei von Staubpartikeln sein, da diese das Leistungsvermögen des Luftentfeuchters beeinträchtigen könnten.

6.6.2.3 Montageanordnung

Der Luftentfeuchter wird üblicherweise in vertikaler Lage montiert, sodass er für Wartungsmaßnahmen und für den Austausch des Trocknungsmittels, sofern erforderlich, ohne Weiteres von Bodenhöhe aus zugänglich ist.

6.6.3 Zusätzliche Anforderungen für herkömmliche Ausführungen mit Austausch per Hand

6.6.3.1 Trocknungsmittel

Das Trocknungsmittel muss eine visuelle Anzeige des Sättigungszustands des Mittels bereitstellen, und muss eine Korngröße zwischen 2 mm und 7 mm aufweisen.

ANMERKUNG Silicagel (Kieselgel) ist das gebräuchlichste Trocknungsmittel.

6.6.3.2 Auswahlkriterien

Die Wahl der Größe eines Luftentfeuchters ist abhängig vom Volumen der Isolierflüssigkeitskammern des Transformators, vom Ausdehnungskoeffizienten der Flüssigkeit, von den klimatischen Bedingungen (Schwankung von relativer Luftfeuchte und Temperatur) am Standort der Errichtung des Transformators, von den Betriebsbedingungen (Häufigkeit und Geschwindigkeit von Lastwechseln) und vom erwarteten Wartungsintervall.

Die Wahl des Dichtungsschutzes eines Luftentfeuchters muss zwischen Abnehmer und Hersteller vereinbart werden. Der Dichtungsschutz muss unter Berücksichtigung des größten im Betrieb erwarteten Luftstroms gewählt werden.

Siehe [Anhang C](#) für Einzelheiten zu Auswahlkriterien.

6.6.3.3 Komponenten von Luftentfeuchtern

Die Auslegung und der Aufbau müssen ein einfaches Austauschen des Trocknungsmittels ermöglichen. Der Luftentfeuchter besteht üblicherweise aus den folgenden Komponenten:

- Trocknungsmittelbehälter

Der zentrale Bestandteil des Luftentfeuchters, im Weiteren als „Behälter“ bezeichnet, muss eine visuelle Überprüfung des Vorhandenseins von Trocknungsmittel im Inneren und seines Sättigungszustands zulassen. Er darf mit einem äußeren Metallrahmen ausgestattet werden, um einen mechanischen Schutz gegen Stöße und eine zusätzliche Abschirmung gegen direkte Sonneneinstrahlung bereitzustellen, welche möglicherweise die Effizienz des Trocknungsmittels beeinträchtigen.

– Oberer Flanschanschluss

Das Oberteil des Behälters muss mit einem Deckel mit Flanschanschluss versehen werden, der ein Anbringen des Luftentfeuchters im Lufteinlassrohr der mit Flüssigkeit gefüllten Kammer ermöglicht.

– Unterer Becher mit Schutzvorrichtung

Der Luftentfechter muss so ausgelegt sein, dass das Trocknungsmittel nicht der Atmosphäre ausgesetzt ist, wenn keine Luftstrom vorliegt. Deshalb muss das untere Ende des Behälters mit einem unteren Becher ausgestattet werden, der mit einer hydraulischen oder mechanischen Vorrichtung ausgerüstet ist, die einen Luftstrom in beide Richtungen (Einlass und Auslass) zulässt, wenn ein Druckunterschied zwischen dem Inneren der Kammer und dem Äußeren vorliegt. Im Fall eines Einsaugens von Luft darf die Luft nur über die Schutzvorrichtung in den Luftentfechter eintreten;

• Hydraulische Schutzvorrichtung

Der untere Becher muss mit der gleichen Flüssigkeit gefüllt werden wie der Transformator, wobei der Füllstand gekennzeichnet und der Flüssigkeitsstand deutlich erkennbar sein muss.

Die hydraulische Schutzvorrichtung muss so ausgelegt sein, dass ein Absaugen der Flüssigkeit im unteren Becher in den Behälter oder ein Ausstoßen aus der Schutzvorrichtung mit dem Mindestluftstrom nach [Tabelle 4](#) verhindert wird.

• Mechanische Schutzvorrichtung

Sie besteht aus einem bidirektionalen Ventil; wobei die Luft frei in beide Richtungen (Einlass und Auslass) durch das Ventil strömen kann, und somit einen Luftstrom ermöglicht, wenn die Kammer atmet.

Das Ventil muss das Trocknungsmittel schützen, wenn kein Luftstrom vorliegt.

6.6.3.4 Typenschild

Auf dem Typenschild müssen die folgenden Informationen angegeben sein:

- Der Name oder das Logo des Lieferers;
- das Land und der Ort der Herstellung;
- die Nummer dieser Norm;
- die Kennung des Herstellers und/oder die Seriennummer des Herstellers, um ein vollständiges Identifizieren der Einrichtung zu ermöglichen.

6.6.3.5 Anschlussflansche

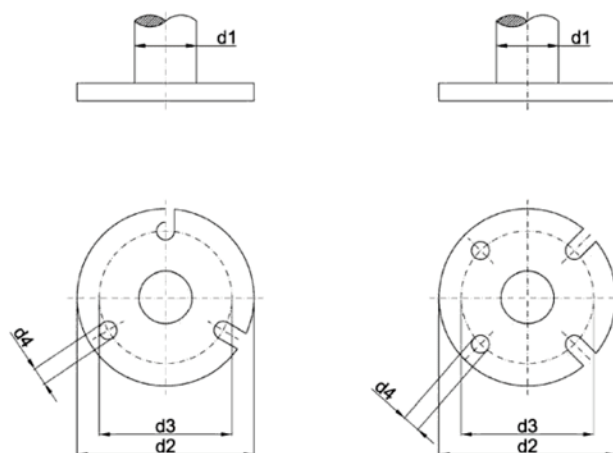


Bild 13 – Anschlussflansche von Luftentfeuchtern

6.6.3.6 Außenmaße

Siehe Tabelle 4 für Maße.

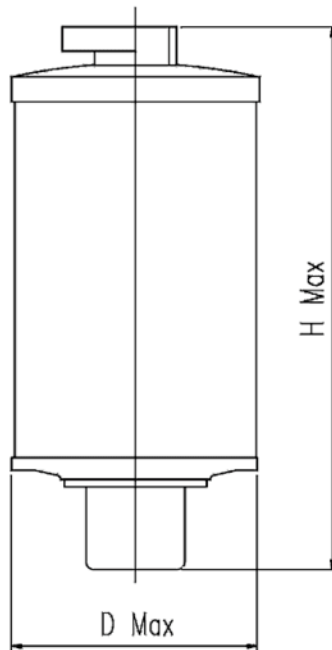


Bild 14 – Außenmaße

Tabelle 4 – Typische Größenklassen von Luftentfeuchtern

Größen- klasse	Trocknungs- mittelmenge kg		Außenmaße mm		Flanschmaße mm								Mindestluftstrom dm³/s Einlass/Auslass	
					Flansch 3H mit 3 Bohrungen				Flansch 4H mit 4 Bohrungen					
			D _{max}	H _{max}	d1 _{max}	d2	d3	d4	d1 _{max}	d2	d3	d4		
A	1 bis 2		250	500	35	150	120	14	35	115	85	12		0,07
B	2 bis 5		250	800					46	130	100	14		0,07
C	5 bis 15		250	1 400					60	140	110	14		0,15
D	> 15		350	1 700										0,15

Beschriftungen:

Größenklasse: Jede Klasse umfasst alle Luftentfeuchter mit einer Trocknungsmittelmenge innerhalb des in der Spalte angegebenen Bereichs.

Trocknungsmittelmenge: Ist die Menge von Trocknungsmittel innerhalb des Luftentfeuchters.

6.6.3.7 Prüfungen

6.6.3.7.1 Liste der Prüfungen

6.6.3.7.1.1 Stückprüfungen

Es ist keine Stückprüfung gefordert.

6.6.3.7.1.2 Typprüfungen

- Prüfung der Durchflussmenge bei hydraulischer Schutzvorrichtung (6.6.3.7.2.1);
- Druckprüfung bei mechanischer Schutzvorrichtung (6.6.3.7.2.2).

6.6.3.7.2 Typprüfung

6.6.3.7.2.1 Prüfung der Durchflussmenge bei hydraulischer Schutzvorrichtung

Der Luftstrom wird innerhalb von 3 Minuten von Null auf den Wert des in [Tabelle 4](#) angegebenen Mindestluftstroms erhöht, der Prüfwert wird für 5 Minuten gehalten und der Luftstrom wird innerhalb von 3 Minuten auf null verringert. Sowohl für Einatmen als auch für Ausatmen (Einsaugen und Ausstoßen). Es darf weder Flüssigkeit in den Behälter gesaugt noch von der Schutzvorrichtung ausgestoßen werden. Die Prüfung muss bei Umgebungstemperatur mit einem Öl nach [IEC 60296](#) und einer niedrigsten Kaltstarttemperatur (LCSET) (en: lowest cold start energizing temperature) von -30°C durchgeführt werden.

6.6.3.7.2.2 Druckprüfung bei mechanischer Schutzvorrichtung

Die Baugruppe der mechanischen Schutzvorrichtung muss einer Druckprüfung in beide Richtungen unterzogen werden, wobei geeignete Mittel für eine Sichtprüfung verwendet werden, um das Öffnen der mechanischen Schutzvorrichtung zu erkennen. Der Luftdruck wird langsam von Null erhöht, bis das Auslösen der mechanischen Schutzvorrichtung erkannt wird.

6.6.4 Zusätzliche Aspekte selbstständig regenerierender Bauarten

6.6.4.1 Funktionale Anforderungen

Für die festgelegte Lebensdauer des Trocknungsmittels muss der selbstständig regenerierende Luftentfeuchter die Kammer mit trockener Luft versorgen. Während des Betriebs muss der selbstständig regenerierende Luftentfeuchter zulassen, dass die Kammer wie erforderlich einatmet (Luft einsaugt) und ausatmet (Luft ausstößt).

Es muss mindestens ein Meldeschalter für Systemausfall bereitgestellt werden.

6.6.4.2 Regenerationsvorgang

Derzeit wird der Regenerationsvorgang mittels zwei verschiedener Prinzipien ausgelöst: zustands- oder zeitorientiert.

- Zeitorientierter Regenerationsvorgang

Die Einrichtung löst den Regenerationsvorgang des Trocknungsmittels automatisch in einstellbaren Zeitintervallen oder durch eine intelligente Steuerung der Einrichtung aus, welche das Zeitintervall je nach angewendeter Technologie einstellt. Beide Zeitintervalle sind sowohl abhängig von der Größe des Luftentfeuchters, von den Umgebungs- und Betriebsbedingungen der Kammer als auch von der Effizienz des Regenerationsvorgangs.

- Zustandsorientierter Regenerationsvorgang

Die Einrichtung löst den Regenerationsvorgang des Trocknungsmittels aus, wenn das Trocknungsmittel einen bestimmten Sättigungsgrad erreicht oder die Luftfeuchte der getrockneten Luft einen bestimmten Schwellenwert überschreitet. Das Intervall zwischen den Regenerationsvorgängen wird durch die Betriebsbedingungen vorgegeben.

6.6.4.3 Auswahlkriterien

Die Wahl eines Luftentfeuchters ist abhängig vom Flüssigkeitsvolumen der Kammer, vom Ausdehnungskoeffizienten der Flüssigkeit, von den klimatischen Bedingungen (Schwankung von relativer Luftfeuchte und Temperatur) am Standort der Errichtung des Transformators, und von den Betriebsbedingungen (Häufigkeit und Geschwindigkeit von Lastwechseln).

Die Wahl eines Luftentfeuchters ist außerdem abhängig von den geforderten Notlaufeigenschaften, d. h. Entfeuchtungsvermögen bei abgeschalteter Stromversorgung. Die Belastbarkeit bei abgeschalteter Stromversorgung muss auf der Grundlage von Anforderungen des Betreibers gewählt werden.

6.6.4.4 Komponenten von Luftentfeuchtern

Der Luftentfeuchter besteht üblicherweise aus den folgenden Komponenten:

- Trocknungsmittelbehälter;
- oberer Flanschanschluss;
Zur Sicherstellung der Austauschbarkeit sollte der obere Flanschanschluss den in [Tabelle 4](#) im Detail angegebenen Flanschmaßen entsprechen;
- Steuerungssystem zur Steuerung des Betriebs;
- Stromversorgung, Alarmeinrichtungen und Kommunikationsanschlusskasten.

6.6.4.5 Typenschild

Auf dem Typenschild müssen die folgenden Informationen angegeben sein:

- Der Name oder das Logo des Lieferers;
- das Land und der Ort der Herstellung;
- die Nummer dieser Norm;
- die Kennung des Herstellers der Einrichtung;
- Fertigungsnummer des Herstellers;
- Baujahr;
- der Spannungsbereich der Stromversorgung und die Energieaufnahme;
- die Erdbebenfestigkeitsklasse, sofern zutreffend.

6.6.4.6 Schwingungsfestigkeit

Der Luftentfeuchter muss dem Folgenden ohne Verlust seiner Funktionsfähigkeit standhalten:

- Einer nicht-stationären Schwingung mit einem Spektrum vom Typ 1 nach IEC 60721-3-4, die einen vertikalen Schock von 100 m/s^2 verursacht;
- einer stationären sinusförmigen Schwingung der Klasse 4M4 nach IEC 60721-3-4. Auf Vereinbarung zwischen Abnehmer und Lieferer darf auch die Klasse 4M6 festgelegt werden.

6.6.4.7 Anforderungen an die Erdbebensicherheit

Falls das Zubehöriteil oder die Armatur für die Erfüllung von Anforderungen an die Erdbebensicherheit ausgelegt ist, ohne dass bestimmte Beschleunigungswerte angegeben sind, muss der Leistungsgrad in Übereinstimmung mit IEC 60068-3-3 wie folgt ausgewählt werden:

- Klassifizierung: Kriterium 0 (siehe IEC 60068-3-3:1991 4.3)
- Prüfklasse II (siehe IEC 60068-3-3:1991, 7.1, eine Startfrequenz von 2 Hz gilt als annehmbar).

6.6.4.8 Schutzart

Sofern der Abnehmer nichts anderes festgelegt hat, muss der Anschluss- oder Schaltkasten für Freiluftinstallationen mindestens der in [IEC 60529](#) festgelegten Schutzart IP 54 entsprechen.

6.6.4.9 Anschluss- und Klemmenkasten

Für das Anschließen der Stromversorgung, der Schalter und der Kommunikationsanschlüsse der Einrichtung muss ein Anschluss- und Klemmenkasten bereitgestellt werden, der auch eine Schutzleiter- oder Erdungs-

klemme enthalten muss. Die Nummer und die Kennzeichnung der Klemmenleiste müssen dem Schaltplan entsprechen.

Klemmenleisten für Stromversorgung und Schalter müssen so ausgelegt sein, dass Kabel mit einem Querschnitt zwischen 1,5 mm² bis 4 mm² angeschlossen werden können.

Es müssen mindestens zwei Gewindebohrungen für Kabel- und Leitungseinführungen der Größe M20x1 × 5 oder M25x1 × 5 bereitgestellt werden. Lieferer und Abnehmer dürfen andere Gewindemaße oder eine andere Anzahl an Kabeleinführungsöffnungen miteinander vereinbaren. Kabel- und Leitungseinführungen werden auf Verlangen geliefert.

6.6.4.10 Kennwerte der Schalter

6.6.4.10.1 Schaltertyp

Die Schalter müssen potenzialfrei sein. Sofern nichts anderes festgelegt ist, müssen Umschalter verwendet werden.

6.6.4.10.2 Schaltvermögen von Alarmschaltern

Die Schalter müssen mindestens für einen Strom von 2 A (Effektivwert) und einen Kurzzeitstrom von 10 A (Effektivwert) für 30 ms bemessen sein.

Tabelle 5 – Schaltvermögen – Selbstständig regenerierende Luftentfeuchter

Spannung	Umschalter			
	Einschaltvermögen		Ausschaltvermögen	
24 V Gleichspannung bis 220 V Gleichspannung	130 W	L/R < 40 ms	25 W	L/R < 40 ms
230 V Wechselspannung	250 VA	cos φ > 0,5	60 VA	cos φ > 0,5

Abnehmer und Lieferer dürfen andere Werte miteinander vereinbaren.

Die Schalter müssen für eine Lebensdauer von mindestens 1 000 Schaltspielen ausgelegt sein.

6.6.4.10.3 Schaltvermögen anderer Schalter

Das Schaltvermögen anderer Schalter muss zwischen Abnehmer und Lieferer vereinbart werden.

6.6.4.10.4 Durchschlagfestigkeit (nach IEC 60255-27)

Die Minstdurchschlagfestigkeit ist in Tabelle 6 und Tabelle 7 angegeben.

Tabelle 6 – Durchschlagfestigkeit von Schaltern – Netzfrequenz

	Kurzzeitige Netzfrequenz-Stehspannung 1 min kV (Effektivwert)
Zwischen den Stromkreisen und Erde	2
Zwischen Kontakten in offener Stellung	1

Tabelle 7 – Durchschlagfestigkeit von Schaltern – Impuls

	Steh-Blitzstoßspannung kV (Spitzenwert)
Zwischen den Stromkreisen und Erde	4
Zwischen Kontakten in offener Stellung	3

6.6.5 Prüfungen

6.6.5.1 Liste der Prüfungen

6.6.5.1.1 Stückprüfungen

- Isolationsprüfung;
- Funktionsprüfung.

6.6.5.1.2 Typprüfungen

- Prüfung des Betriebsverhaltens;
- Dauerprüfung.

6.6.5.2 Stückprüfungen

6.6.5.2.1 Isolationsprüfung

Der Hersteller muss zwischen allen verbundenen Stromkreisen und Erde eine kurzzeitige (60 s dauernde) Stehspannungsprüfung bei Netzfrequenz durchführen.

Die Prüfspannung ist in [Tabelle 6](#) angegeben.

6.6.5.2.2 Funktionsprüfung

Der Hersteller muss einen Nachweis erbringen, dass die Einrichtung vollständig betriebsfähig ist.

6.6.5.3 Typprüfung

6.6.5.3.1 Prüfung des Betriebsverhaltens

Der Zweck der Prüfung ist der Nachweis des Betriebsverhaltens der Einrichtung.

Die Prüfung muss mit einer Prüfeinrichtung durchgeführt werden, die dazu in der Lage ist, einen spezifischen Luftstrom in die Einrichtung hinein mit einer bestimmten relativen Luftfeuchte zu erzwingen und die relative Luftfeuchte am Auslass der Einrichtung zu messen.

Bei einer relativen Luftfeuchte am Einlass von 50 % bei 20 °C und einem Luftstrom von 0,2 dm³/s bei 20 °C muss die höchste relative Luftfeuchte am Auslass vor Beginn der Regeneration geringer als 20 % sein.

6.6.5.3.2 Dauerprüfung

Der Zweck der Prüfung ist der Nachweis der Fähigkeit der vollständigen Einrichtung mindestens 100 Regenerationszyklen standzuhalten.

Die Prüfung muss mit einer Prüfeinrichtung durchgeführt werden, die dazu in der Lage ist, einen spezifischen Luftstrom in die Einrichtung hinein mit einer bestimmten relativen Luftfeuchte zu erzwingen.

Die relative Luftfeuchte am Einlass und der Luftstromwert werden durch den Hersteller festgelegt. Bei Einrichtungen mit Anwendung eines zustandsorientierten Regenerationsvorgangs muss der Vorgang durch die Einrichtung ausgelöst werden. Bei Einrichtungen mit Anwendung eines zeitorientierten Regenerationsvorgangs muss die Zeitspanne derart eingestellt werden, dass das Trocknungsmittel vor Beginn der Regeneration gesättigt ist.

Nach Abschluss der festgelegten Anzahl von Zyklen muss die Prüfung des Betriebsverhaltens erfolgreich wiederholt werden.

An einem Typ durchgeführte Prüfungen dürfen als gültig für andere Typen der gleichen Bauart angesehen werden.

6.7 Drosselklappen

6.7.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt sind allgemeine Außenmaße und einige funktions- und fertigungsbezogene Eigenschaften von Drosselklappen festgelegt, die in Rohrleitungen verwendet werden, in welchen die Isolierflüssigkeit von Leistungstransformatoren und Drosselspulen fließt, um die Trennung der Komponenten zu ermöglichen ohne die Isolierflüssigkeit vollständig oder zu einem großen Teil aus dem Ausdehnungsgefäß und dem Kessel zu entfernen.

Der Flansch von Drosselklappen muss an beiden Seiten mit Nuten für O-Ring-Dichtungen ausgestattet sein. Diese Auslegung ist geeignet für die Anwendung mit Anschlussflanschen, die eine bearbeitete Oberfläche aufweisen, und die Lackierung darf keine Aufwölbungen aufweisen, die möglicherweise die Anschlussanordnung beeinträchtigen.

Auf Vereinbarung können Drosselklappen mit Planflanschen ausgestattet werden.

6.7.2 Anforderungen und Eigenschaften

6.7.2.1 Beschreibung

Die wesentlichen Bauteile einer Drosselklappe sind:

- Das „Flanschgehäuse“, das eine Montage an der Rohrleitung nach einer der in 6.7.4.2 angegebenen Einbauanordnungen ermöglicht. Die freie Öffnung des Gehäuses entspricht dem Nenndurchmesser der Drosselklappe, der vorzugsweise innerhalb des in den angehängten Maßstabellen angegebenen Bereichs liegen sollte. Abgesehen von wenigen in den Tabellen angegebenen Ausnahmen hat das Flanschgehäuse Befestigungsmaße PN10 nach ISO 7005-1;
- die „Drosselklappe“, welche die Durchlassöffnung öffnet oder schließt;
- die „Einstellvorrichtung“, die ein Öffnen oder Schließen der Drosselklappe und ein Verriegeln in der geöffneten oder geschlossenen Stellung ermöglicht.

6.7.2.2 Betriebseigenschaften

Die Drosselklappen sind für einen Einbau in Rohrleitungen an beliebiger Stelle und in beliebiger Ausrichtung vorgesehen. Sie müssen mechanisch einem Überdruck von 200 kPa entweder am Flanschgehäuse oder an der Klappe in geschlossener Stellung, in beiden Richtungen standhalten, ohne den Betrieb der Klappe zu beeinträchtigen.

Die Dichtung der Klappe sollte keiner Alterung unterliegen, deshalb wird eine Metall-Metall-Ausführung bevorzugt, da sich die Leckrate über die Lebensdauer der Drosselklappe nicht ändert.

Die Betätigung des Öffnens oder Schließens der Klappe darf nur unter Verwendung von Schraubenschlüsseln erfolgen.

Alle Eigenschaften beziehen sich auf Drosselklappen, bei welchen sich die Klappe in vollständig geöffneter oder vollständig geschlossener Stellung befindet.

6.7.3 Bauteile von Drosselklappen

6.7.3.1 Werkstoffe

Alle Bauteile müssen aus einem Werkstoff bestehen, der beständig gegen mechanische Stöße ist.

6.7.3.2 Flanschgehäuse

Das Flanschgehäuse muss aus Metall sein und darf keine Porosität oder Abblätterungen aufweisen, die möglicherweise Undichtheiten verursachen; dabei wird die Verwendung von Gehäusen aus geschmiedetem Stahl bevorzugt, der aus Stahlblech oder Stahlstäben geschnitten wird; Gehäuse aus Gusseisen müssen individuell auf Dichtheit geprüft werden.

Die Dichtungsflächen (Anlageflächen) des Flanschgehäuses, die an den Flanschen der anzuschließenden Rohrleitung oder Komponente anliegen, weisen Dichtungssitze für eine O-Ring-Dichtung auf. Empfohlene Maße für Dichtungen und Dichtungssitze sind in [Anhang E](#) dargestellt.

6.7.3.3 Klappe

Die Klappe muss aus Metall sein und darf keine Porosität oder Abblätterungen aufweisen, um Verunreinigungen durch Metallpartikel zu vermeiden.

6.7.3.4 Einstellvorrichtung

Die Einstellvorrichtung umfasst alle Teile zum Einstellen oder Halten der Klappe, zum Sicherstellen der Dichtheit, einschließlich der Kappe, sofern vorhanden, und zum Anzeigen der Stellung der Klappe.

Die Einstellvorrichtung muss:

- Vollständig innerhalb der Dicke des Flanschgehäuses bis zum Grenzwert des Flanschdurchmessers enthalten sein;
- die mechanische Festigkeit sicherstellen, die zum Standhalten gegenüber dem Prüfdruck an der geschlossenen Klappe erforderlich ist; bei $DN \geq 125$ mm muss die Klappe auch im unteren Bereich geführt werden;
- die Klappenstellung mit genormten Symbolen oder mittels Beschriftung anzeigen;
- die Klappe entgegen dem Uhrzeigersinn öffnen, die Klappe im Uhrzeigersinn schließen;
- eine vollständige Öldichtheit gegenüber dem Äußeren der Rohrleitung aufweisen; wobei die Dichtungen der Einstellvorrichtung, sofern vorhanden, im Fall von Dichtungsdefekten oder -abnutzung ohne Weiteres austauschbar sein müssen;
- dem Vorgang der Oberflächenbehandlung des Transformatorkessels, einschließlich Sandstrahlen und Lackieren, standhalten können; dies ist insbesondere für die angeschweißten Radiator-Drosselklappen wichtig. Die Verwendung von vorübergehenden Schutzvorrichtungen ist während dieses Vorgangs zulässig;
- für ein Sichern in geöffneter oder geschlossener Stellung mittels eines Vorhängeschlosses oder einer Plombe geeignet sein.

6.7.3.5 Schrauben

Alle Schrauben, die der Atmosphäre ausgesetzt sind, müssen aus nichtrostendem Stahl oder aus Messing gefertigt sein.

6.7.4 Einbauanordnungen und Maße

6.7.4.1 Verbindliche Anordnungen und Maße

In [Anhang D](#) sind die Einbauanordnungen und die Einbaumaße dargestellt und in [Anhang E](#) sind die Eigenschaften von Dichtungssitzen und Dichtungen dargestellt.

6.7.4.2 Arten des Einbaus

Die Typen von Drosselklappen unterscheiden sich in der Art ihres Einbaus in die Rohrleitung, entsprechend den folgenden Anordnungen:

- Einbau durch Schweißen:
Einbauanordnung nach [Bild 1](#): die Drosselklappen weisen Bohrungen ohne Gewinde auf; auf Verlangen können Drosselklappen mit Gewindebohrungen M16 geliefert werden.
- Einbau zwischen zwei Flanschen oder zwischen Kesselwand und Flansch – abgesetztes Gehäuse:
Einbauanordnung nach [Bild 2](#): die Drosselklappen weisen Bohrungen ohne Gewinde auf.
- Einbau zwischen zwei Flanschen – durchgehendes Gehäuse:
Einbauanordnung nach [Bild 3](#): die Drosselklappen weisen Bohrungen mit Gewinde auf.

6.7.4.3 Bereich des Nenndurchmessers (DN)

Die Maße von Drosselklappen werden anhand des Nenndurchmessers (DN) eingeordnet. Normnenn-durchmesser sind 25 mm, 50 mm, 80 mm, 100 mm, 125 mm, 150 mm, 175 mm, 200 mm, 250 mm und 300 mm.

6.7.4.4 Maße und Arten von Dichtungen, Maße von Dichtungssitzen

6.7.4.4.1 Allgemeines

Dichtungen müssen als Teile angesehen werden, die einer Alterung unterliegen, und folglich muss ihr Austausch so einfach wie möglich vorgenommen werden können. Der Dichtungswerkstoff liefert darüber hinaus die wichtigste Voraussetzung für die Übereinstimmung mit den zulässigen Betriebsbedingungen.

6.7.4.4.2 Dichtungen und Dichtungswerkstoff

Sofern nichts anderes festgelegt ist, müssen Drosselklappen mit Flanschdichtungsnuten mit einem Satz von genormten O-Ring-Einbaudichtungen aus Nitrilkautschuk (NBR) (en: nitrile rubber) ausgestattet sein, Drosselklappen mit Planflanschen werden ohne Einbaudichtungen geliefert.

Sofern nicht anders festgelegt, bestehen Innendichtungen aus Nitrilkautschuk (NBR).

Andere Dichtungswerkstoffe für Betriebsbedingungen außerhalb des anerkannten Bereichs für Nitrilkautschuk dürfen nach Vereinbarung zwischen Lieferer und Abnehmer geliefert werden.

Zur Vermeidung von Verwechslungen müssen Dichtungen mit einem Farbcode entsprechend dem Werkstoff versehen werden.

6.7.4.4.3 Auslegungskriterien für Dichtungssitze – Wahl von Flanschdichtungen

Die folgenden Kriterien müssen bei der Wahl von O-Ring-Dichtungen und bei der Auslegung von Dichtungssitzen angewendet werden:

- Die O-Ring-Dichtungen müssen ISO 3601-1 entsprechen;

- der Dichtungssitz muss für eine Anwendung bei hydraulischer, axialer Abdichtung mit Innendruck ausgelegt sein;
- der Dichtungssitz muss die Verwendung von genormten Aufsteckflanschen (Slip-on-Flansche) nach ISO 7005-1, Reihe PN, an der Rohrleitung zulassen;
- aufgrund des niedrigen Betriebsdrucks und geringer Ebenheit der Flansche, die üblicherweise bei der Fertigung von Transformatoren verwendet werden, haben sich die folgenden Kriterien im Einsatz als gültig erwiesen:
 - die radiale Pressung der Dichtung muss $(33 \pm 2) \%$ des Zerreißdurchmessers betragen;
 - der Querschnitt und das Volumen des Dichtungssitzes müssen zwischen 12 % und 17 % größer sein als der Querschnitt und das Volumen der Dichtung.

In [Anhang E](#) sind Einzelheiten zu den Normmaßen von Dichtungssitzen und Verweisungen auf O-Ringe angegeben; andere Verweisungen auf Dichtungen und Dichtungssitzmaße können zwischen Hersteller und Abnehmer vereinbart werden.

6.7.5 Betriebsverhalten

6.7.5.1 Dichtheit der eingebauten Drosselklappe

Die unter Bedingungen des Normalbetriebs entweder in geöffneter oder geschlossener Stellung in die Rohrleitung eingebauten Drosselklappen dürfen unter Druck keinerlei Undichtheit zur äußeren Umgebung aufweisen.

Während des Schließens oder Öffnens der Drosselklappe sind geringe Undichtheiten an der Welle zulässig.

Die Drosselklappe muss in offener Stellung in der Lage sein, der allgemeinen Vakuumprüfung standzuhalten, die an Transformatoren mit Radiatoren (Kühlern) angewendet wird.

6.7.5.2 Dichtheit der Klappe (Metall-Metall-Ausführung)

Undichtheit ist bei geschlossener Klappe zulässig; in der folgenden Tabelle 8 ist die zulässige Undichtheit entsprechend dem Nenndurchmesser angegeben. Die Werte von Tabelle 8 gelten für Öl bei 20 °C, 100 kPa und einer Viskosität von 30,5 cSt.

Tabelle 8 – Höchstwerte für die zulässige Undichtheit

Nenndurchmesser der Klappe in mm	≤ 100	> 100 bis ≤ 175	> 175
Zulässige Undichtheit in dm ³ /h, gemessen innerhalb einer Stunde	≤ 0,5	≤ 1,0	≤ 2,0

6.7.5.3 Betätigungsdrehmoment

Die folgenden Drehmomentwerte müssen vom Hersteller bereitgestellt werden, und in das Betriebshandbuch oder das technische Datenblatt aufgenommen werden.

- Schließdrehmoment – Drehmoment, das zum vollständigen Schließen der Klappe aus ihrer offenen Stellung notwendig ist;
- Öffnungsdrehmoment – größtes Anfangsdrehmoment, das zum Öffnen der Klappe nach ihrem vollständigen Schließen notwendig ist.

6.7.6 Prüfungen

6.7.6.1 Liste der Prüfungen

6.7.6.1.1 Stückprüfungen

- Dichtheit der Klappe und Betätigungsdruckmomente.

6.7.6.1.2 Typprüfungen

Die folgende Liste von Prüfungen enthält keine besondere Reihenfolge.

- Dichtheit der eingebauten Drosselklappe;
- Höchster Arbeitsüberdruck bei offener und geschlossener Stellung der Drosselklappe.

6.7.6.2 Dichtheit der Klappe und Betätigungsdruckmomente

Diese Prüfung muss durchgeführt werden, indem eine Probenahme an jedem Fertigungslos vorgenommen wird; die Anzahl von Proben ist vom Hersteller zu entscheiden und anzugeben.

Die Drosselklappe muss aus ihrer offenen Stellung mittels eines Drehmomentschlüssels geschlossen werden, wobei die vom Hersteller im Datenblatt angegebenen Werte verwendet werden. Die Drosselklappe muss dann mit Öl bei 20 °C, 100 kPa und einer Viskosität von 30,5 cSt geprüft werden. Die Undichtheit an der Klappe über eine Dauer von einer Stunde muss geringer sein als der in [Tabelle 8](#) angegebene zulässige Höchstwert.

Nach der Dichtheitsprüfung muss die Klappe geöffnet werden und das höchste Anfangsdruckmoment muss geringer als der vom Hersteller im Datenblatt angegebene Wert sein.

6.7.6.3 Typprüfung

6.7.6.3.1 Dichtheit der eingebauten Drosselklappe

Die Prüfung muss mit einem Luftdruck von 200 kPa an der Drosselklappe durchgeführt werden, die an eine einseitig geflanschte Rohrleitung montiert ist, wobei die andere Seite mit einem Blindflansch versehen ist, und nach dem Eintauchen der gesamten Anordnung in Wasser dürfen keine Luftundichtheiten zu beobachten sein.

Die Dichtheit der montierten Drosselklappe in Bezug auf Überdruck oder Unterdruck muss durch die Drosselklappenauslegung und die verwendeten Werkstoffe und den bei der Herstellung angewendeten Bearbeitungseigenschaften sichergestellt werden.

6.7.6.3.2 Höchster Arbeitsüberdruck bei offener und geschlossener Stellung der Drosselklappe

Die Drosselklappe muss in eine Rohrleitung eingebaut werden, in welcher an beiden Seiten der Klappe ein Öl Druck von 200 kPa erzeugt werden kann.

Nach fünf Öffnen-Schließen-Betätigungen ohne Fehlfunktion in jedem Zustand:

- Druck an beiden Seiten;
- Druck an jeweils einer Seite;

die Drosselklappe muss die Prüfungen in 6.7.6.3.1 und 6.7.6.2 bestehen.

Die Drosselklappe muss dann aus der Rohrleitung ausgebaut und einer Sichtprüfung unterzogen werden, um die Unversehrtheit der Bauteile nachzuweisen; wobei keine Anzeichen von Verformungen vorliegen dürfen.

6.7.7 Lieferbedingungen

Die Drosselklappe muss frei von jeglichem mechanischen Abrieb oder Partikeln sein, und leicht mit Transformatorenöl geölt werden, um Korrosion während Versand und Lagerung zu vermeiden.

6.8 Verbindungsanschlusskästen

6.8.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt sind sowohl die funktions- und fertigungsbezogenen Eigenschaften von Anschlusskästen als auch die allgemeinen Außenmaße festgelegt.

6.8.2 Schutzart

Sofern nichts anderes festgelegt ist, muss die Schutzart der Einrichtung für Innenrauminstallationen mindestens der in IEC 60529 festgelegten Schutzart IP 54 entsprechen.

Die Schutzart gegen äußere mechanische Stöße muss IK 07 entsprechen, mit einer zulässigen Seitenlast von 100 daN.

6.8.3 Funktion des Verbindungsanschlusskastens

Die Stromkreise von ölisierten elektrischen Transformatoren für Messung, Steuerung, Überprüfung und Datenaufzeichnung erfordern, dass niedrige Wechsel- und Gleichspannungs- und -stromsignale nach außerhalb des Kessels übertragen werden. Üblicherweise erfordern Stromwandler diese Art einer Verbindung.

Zusätzlich erfordert die Erdung mechanischer Teile innerhalb des Transformatorkessels öldichte und isolierte elektrische Verbindungen vom Inneren des Kessels nach außen. Üblicherweise erfordert die Erdung des Kerns und des Rahmens eine Verbindung dieser Art.

6.8.4 Allgemeiner Aufbau

Der Verbindungsanschlusskasten besteht aus einem Gehäuse mit Flansch mit einer oder mehreren Kabeleinführungen mit Gewinde und er ist mit einem Deckel abgeschlossen; die Klemmen sind innerhalb des Gehäuses montiert; sie sind öldicht und isoliert gegenüber dem Gehäuse selbst.

Das Gehäuse ist am Kessel in einer Position montiert, die zum Anschließen von Kabeln geeignet ist, die aus dem Tank herausgeführt werden müssen. Ein Ende der Klemme ist innerhalb des Transformatorkessels angeschlossen und das andere Ende ist mittels eines isolierten Leiters innerhalb des Anschlusskastens über Kabeleinführungen mit Gewinde an die Außenseite des Kessels angeschlossen.

Der Verbindungsanschlusskasten muss so ausgelegt sein, dass die Montage in einer beliebigen Position möglich ist. Zur Verringerung des Risikos eines Eindringens von Feuchtigkeit müssen Kabeleinführungen unterhalb des Anschlusskastens oder in horizontaler Lage angeordnet werden.

Wenn das Gehäuse eines Verbindungsanschlusskastens aus Metall besteht, muss ein äußerer Anschlusspunkt für den Potentialausgleich bereitgestellt werden.

6.8.5 Gesamtmaße

Bevorzugte Gesamtmaße sind in [Anhang F](#) angegeben.

6.8.6 Bevorzugte funktionale und fertigungsbezogene Eigenschaften des Kastens

- Das Gehäuse mit Flansch muss vorzugsweise einen abgesenkten Boden zur Vermeidung von Lufteinschlüssen aufweisen, und muss öldicht sein;

- Der Flansch muss einen Dichtungssitz aufweisen, um einen öldichten Anbau am Kessel zu ermöglichen;
- Das Gehäuse muss eine oder mehrere Kabeleinführungen aufweisen und mit einem Deckel abgeschlossen sein;
- Ein Kennzeichnungsschild an der Außenseite des Kastens muss seine Identifizierung ermöglichen.

6.8.7 Bevorzugte funktionale und fertigungsbezogene Eigenschaften der Klemmen

- Die Klemmen müssen einteilige Leiter, vorzugsweise aus Messing oder Kupfer sein, die an beiden Enden Vorrichtungen zum Anschließen von Kabeln aufweisen.
- der Mindestquerschnitt der Klemmen muss an den Anschlussenden vorliegen;
- Klemmen mit einem Gewinde der Größe M6, M10 und M12 sind derzeit in Verwendung;
- M6-Klemmen werden üblicherweise für einen Stromwandleranschluss (CT-Anschluss) verwendet; M10- und M12-Klemmen werden üblicherweise für Kern und Rahmenerdung verwendet;
- die Klemmen müssen gegeneinander und gegenüber dem Gehäuse isoliert sein;
- die Klemmen müssen öldicht sein;
- die Klemmen müssen an beiden Enden durch Nummern, Buchstaben oder Kombinationen dieser beiden gekennzeichnet werden, um eine einfache Identifizierung der Verdrahtung zu ermöglichen;
- ein Kennzeichnungsschild im Deckel oder eine geeignete Kennzeichnung muss bereitgestellt werden, um eine Aufzeichnung der Funktion jeder Klemme zu ermöglichen.
- die Klemmen müssen innerhalb des Kastens derart montiert werden, dass sie nicht in den Kessel fallen können, auch nicht, wenn sich die Klemmmutter unbeabsichtigt löst;
- die Klemmen müssen innerhalb des Kastens derart montiert werden, dass sie sich nicht verdrehen, wenn das Kabelende an- und abgeschraubt wird, und derart, dass kein unbeabsichtigtes Lösen während des Transports, der Handhabung und der Errichtung auftritt.

6.8.8 Betriebsverhalten

- Die Montage des Kastens am Kessel muss den Anforderungen von ISO 7005-1, PN10, entsprechen;
- die Auslegung des Kastens und der Klemmen muss so sein, dass er einem Innendruck von 400 kPa oder einem vollständigen Vakuum ohne mechanischen Zusammenbruch standhält;
- die Isolierung zwischen Klemmen und zwischen Klemmen und Erdung muss mindestens 2,5 kV Wechselstrom für 60 s standhalten;
- beim Anschließen an Stromwandler mit einem Kniepunkt über 2 kV muss die Isolationsprüfung bei 4 kV Wechselstrom für 60 s durchgeführt werden;
- für Klemmen, die für Kern- und Rahmenerdung verwendet werden, sind möglicherweise höhere Isolationspegel gefordert;
- der Anschlusskasten und die Klemmen müssen mit der Isolierflüssigkeit verträglich sein;
- der höchste zulässige Dauerstrom an der Klemme muss vom Hersteller angegeben werden. Übliche Werte des Bemessungsstroms sind 40 A für Klemmen zur Verwendung für die Stromwandler (CT) und 250 A für die Klemmen zur Verwendung für Kern- und Rahmenerdung.

6.8.9 Prüfungen

6.8.9.1 Liste der Prüfungen

6.8.9.1.1 Stückprüfungen

Die folgende Liste von Prüfungen enthält keine besondere Reihenfolge.

- Isolierung zwischen Klemmen und Erde;
- Prüfung auf Flüssigkeitsleckage.

6.8.9.1.2 Typprüfungen

Die folgende Liste von Prüfungen enthält keine besondere Reihenfolge.

- Isolationsprüfung zwischen Klemmen;
- Vakuumfestigkeitsprüfung;
- Druckfestigkeitsprüfung;
- Höchste zulässige Temperatur der Klemmen.

6.8.9.2 Stückprüfungen

6.8.9.2.1 Isolationsprüfung zwischen Klemmen und Erde

Der Hersteller muss zwischen allen verbundenen Stromkreisen und Erde eine kurzzeitige (60 s dauernde) Stehspannungsprüfung bei Netzfrequenz durchführen.

Die Prüfspannung muss 2,5 kV betragen.

6.8.9.2.2 Prüfung auf Flüssigkeitsleckage

Der Hersteller muss eine Prüfung durchführen, um nachzuweisen, dass die Einrichtung im Betrieb keine Leckage aufweist. Die Beschreibung des Prüfverfahrens muss dem Kunden auf Verlangen zur Verfügung gestellt werden.

Die Zuverlässigkeit der vom Hersteller durchgeführten Prüfung muss mindestens gleich der einer Prüfung sein, die darin besteht, dass Luft mit einem Druck von $2,5 \times 10^5$ Pa in die Einrichtung gepumpt und diese dann für eine Dauer von mindestens 5 min in einem Wasserbehälter bei Umgebungstemperatur untergetaucht wird, um zu beobachten, ob Luftblasen entweichen, oder gleich einer Helium-Leckage-Prüfung mit einer Leckage-Rate unter 4×10^{-6} Pa m³/s.

6.8.9.3 Typprüfungen

6.8.9.3.1 Isolationsprüfung zwischen Klemmen

Der Hersteller muss zwischen einer Klemme und jeder benachbarten Klemme eine kurzzeitige (60 s dauernde) Stehspannungsprüfung bei Netzfrequenz durchführen.

Die Prüfspannung muss 2,5 kV betragen.

6.8.9.3.2 Vakuumfestigkeitsprüfung

Diese Prüfung muss am vollständigen, wie im Einsatz am Kessel montierten, Anschlusskasten über eine Dauer von 24 h bei einem absoluten Druck von 2,5 kPa durchgeführt werden.

Nach Beendigung der Prüfung muss der Anschlusskasten einer Sichtprüfung unterzogen werden, um sicherzustellen, dass keine Beschädigungen aufgetreten sind, und die Stückprüfungen müssen erfolgreich wiederholt werden.

6.8.9.3.3 Druckfestigkeitsprüfung

Diese Prüfung muss am vollständigen, wie im Einsatz am Kessel montierten, Anschlusskasten mit Öl bei einem Druck von 400 kPa für eine Dauer von 2 min und einer Temperatur von 70 °C durchgeführt werden.

Nach Beendigung der Prüfung muss der Anschlusskasten einer Sichtprüfung unterzogen werden, um sicherzustellen, dass keine Beschädigungen aufgetreten sind, und die Stückprüfungen müssen erfolgreich wiederholt werden.

6.8.9.3.4 Höchste zulässige Temperatur der Klemmen

Diese Prüfung muss am vollständigen, wie im Einsatz am Kessel montierten, Anschlusskasten mit Öl bei einer Temperatur von 70 °C durchgeführt werden.

Bei Stromwandler-Anschlusskästen muss ein Strom von 40 A dauerhaft für 2 Stunden eingespeist werden; wobei die Temperatur der Klemmen am Ende der Prüfung 100 °C nicht überschreiten darf. Der Anschlusskasten muss außerdem einer Sichtprüfung unterzogen werden, um sicherzustellen, dass keine Beschädigungen aufgetreten sind, und die Stückprüfungen müssen erfolgreich wiederholt werden.

Bei Anschlusskästen für Erdung von Kern und Rahmen muss ein Strom von 250 A dauerhaft für 2 Stunden eingespeist werden; wobei die Temperatur der Klemmen am Ende der Prüfung 100 °C nicht überschreiten darf. Der Anschlusskasten muss außerdem einer Sichtprüfung unterzogen werden, um sicherzustellen, dass keine Beschädigungen aufgetreten sind, und die Stückprüfungen müssen erfolgreich wiederholt werden.

6.9 Einrichtung zur Probenahme

6.9.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt sind einige funktionale und fertigungsbezogene Eigenschaften der Einrichtung zur Probenahme festgelegt, die an Transformatoren verwendet wird, um eine Probenahme der Isolierflüssigkeit zu ermöglichen.

Die Einrichtung zur Probenahme bildet immer einen Endpunkt, darf jedoch mit einer Rohrleitung oder einem Endpunktschieber oder einem Ablassschieber für Ölaufarbeitung kombiniert werden.

6.9.2 Anforderungen und Eigenschaften

6.9.2.1 Anforderungen

Die Einrichtung zur Probenahme muss:

- Eine Schutzkappe aufweisen, um die Verschmutzung der Probenahmeöffnung zu verhindern, wenn diese nicht im Gebrauch ist;
- im offenen Zustand mit angebrachter Schutzkappe vollkommen flüssigkeitsdicht sein;
- im geschlossenen Zustand auch mit nicht angebrachter Schutzkappe vollkommen flüssigkeitsdicht sein;
- eine Dichtung der Metall-Metall-Ausführung aufweisen, wobei die Dichtung der Schutzkappe eine flüssigkeitsbeständige Dichtung aufweisen darf;
- ein Mittel zur Regelung des Flüssigkeitsstroms aufweisen;
- flüssigkeits- und korrosionsbeständig sein und widerstandsfähig gegenüber mechanischen Stößen; derzeit werden Bronze, Messing oder nichtrostender Stahl verwendet;
- im geschlossenen Zustand widerstandsfähig gegenüber einem Überdruck von 400 kPa sein.

6.9.2.2 Beispiele verschiedener Einrichtungen

In [Bild 15](#) sind typische Beispiele eines Schiebers zur Probenahme (französische Ausführung mit Guillemin-Anschluss und DIN-Ausführung) dargestellt.

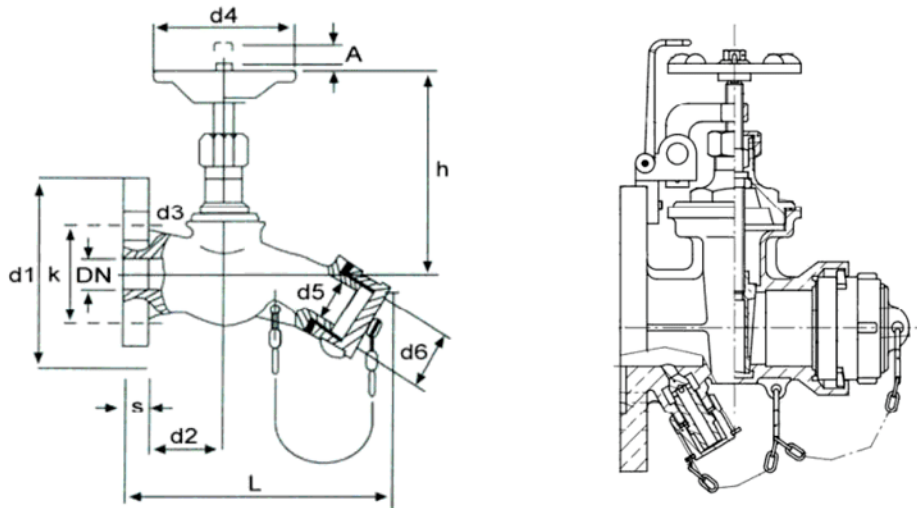


Bild 15 – Gesamtmaße

6.9.3 Prüfungen

6.9.3.1 Liste der Prüfungen

6.9.3.1.1 Stückprüfungen

- Dichtheit der Einrichtung zur Probenahme.

6.9.3.1.2 Typprüfungen

- Höchster Arbeitsüberdruck.

6.9.3.2 Stückprüfungen

6.9.3.2.1 Dichtheit der Probenahme

Diese Prüfung muss durchgeführt werden, indem eine Probenahme an jedem Fertigungslos vorgenommen wird; die Anzahl von Proben ist vom Hersteller zu entscheiden und anzugeben.

Die Einrichtung muss geschlossen werden. Die Einrichtung muss dann mit Öl bei 20 °C, 100 kPa und einer Viskosität von 30,5 cSt geprüft werden. Über eine Dauer von 1 Stunde darf keine Leckage auftreten.

6.9.3.3 Typprüfung

6.9.3.3.1 Höchster Arbeitsüberdruck bei geschlossener Stellung der Einrichtung

Die Einrichtung muss an eine Rohrleitung angebaut werden, in welcher auf der Flüssigkeitsseite der Einrichtung ein Öldruck von 400 kPa erzeugt werden kann.

Nach fünf Öffnen-Schließen-Betätigungen ohne Fehlfunktion muss die Einrichtung die Prüfung nach 6.9.3.2.1 bestehen.

Die Einrichtung muss dann von der Rohrleitung abgebaut und einer Sichtprüfung unterzogen werden, um die Unversehrtheit der Bauteile nachzuweisen; wobei keine Anzeichen für Verformungen vorliegen dürfen.

Anhang A (informativ)

Berechnung der Strombelastbarkeit von Erdungsmatten

A.1 Theorie

Es wird angenommen, dass die Leitererwärmung adiabatisch ist. Der Strom I , der durch den Leiter mit einem Widerstand $R_{(\theta)}$ bei einer Temperatur θ während dt fließt, liefert eine Energie:

$$dW = R_{(\theta)} I^2 \cdot dt$$

die zu einer Erwärmung führt, wenn seine Masse m ist und seine massenbezogene Wärmekapazität C_p ist, die wie folgt definiert ist:

$$dW = m \cdot C_p \cdot d\theta.$$

Daraus ergibt sich die Differentialgleichung $m \cdot C_p \cdot d\theta = R_{(\theta)} I^2 \cdot dt$

Unter Berücksichtigung, dass der Widerstand $R_{(\theta)}$ ausgedrückt wird als

$$R_{(\theta)} = \rho_{(\theta)} \frac{L}{S}$$

Dabei ist

$\rho_{(\theta)}$ der Leiterwiderstand

L die Leiterlänge

S der Leiterquerschnitt

$m = \Delta \cdot L \cdot S$ dabei ist Δ die Dichte des Werkstoffs

und dass

$$\rho_{(\theta)} = \rho_{(0)} [1 + \alpha(\theta - \theta_0)]$$

Dabei ist

α der Faktor der Widerstandsänderung

Ergibt es sich, dass $m \cdot C_p \cdot d\theta = R_{(\theta)} I^2 \cdot dt$ ausgedrückt werden kann als

$$\Delta \cdot L \cdot S \cdot C_p \cdot d\theta = \rho_{(0)} [1 + \alpha(\theta - \theta_0)] \frac{L}{S} I^2 \cdot dt$$

das heißt

$$\frac{\Delta \cdot S^2 \cdot C_p \cdot d\theta}{\rho_{(0)} [1 + \alpha(\theta - \theta_0)]} = I^2 \cdot dt$$

Durch Integration ergibt sich

$$\int_0^T I^2 \cdot dt = \frac{\Delta \cdot S^2 \cdot C_p}{\rho_{(0)}} \int_{\theta_i}^{\theta_f} \frac{d\theta}{[1 + \alpha(\theta - \theta_0)]}$$

Dabei ist

T die Dauer des Kurzschlusses
ausgedrückt als

$$I^2 \cdot T = \frac{\Delta \cdot S^2 \cdot C_p}{\rho_{(0)} \cdot \alpha} \cdot \ln \left[\frac{1 + \alpha(\theta_f - \theta_0)}{1 + \alpha(\theta_i - \theta_0)} \right]$$

Dabei ist θ_f die Endtemperatur und θ_i die Anfangstemperatur.

Diese Gleichung drückt die Beziehung zwischen Temperatur, Strom und Dauer der Anwendung und Eigenschaften des Leiterwerkstoffs aus. Sie ermöglicht die Bestimmung des höchsten zulässigen Stroms für einen bestimmten Werkstoff bei Halten der Endtemperatur unterhalb eines bestimmten Schwellenwertes.

Die Gleichung ergibt sich dann als:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta \cdot S^2 \cdot C_p}{T \rho_{(0)} \cdot \alpha} \cdot \ln \left[\frac{1 + \alpha(\theta_f - \theta_0)}{1 + \alpha(\theta_i - \theta_0)} \right]}$$

A.2 Anwendung von Erdungsmatten

Für die Berechnung von Erdungsmatten ist der im vorliegenden Dokument erhaltene Querschnitt der Querschnitt des Erdungselements, unter Berücksichtigung, dass die Schweißung am Kessel mindestens so groß ist wie der Abschnitt der Matte. Für Erdungselemente in Bolzenausführung, wurde der Mindestquerschnitt des Gewindes ermittelt.

Die Schweißwerkstoffe und -verfahren zum Verbinden der Matten mit dem Kessel müssen dafür geeignet sein, den höchsten in Tabelle A.1 angegebenen Temperaturen für jede Mattenausführung ohne Beschädigungen standzuhalten.

Die höchsten in [Tabelle A.2](#) angegebenen Stromwerte beziehen sich nur auf die Erdungsmatte und ihre Verbindung zum Kessel; Erdungsverbindungen sollten zweckmäßig bemessen sein, um zu diesen Werten zu passen.

In Tabelle A.1 sind die Werkstoffeigenschaften zusammengefasst, die für die Berechnung verwendet wurden.

Tabelle A.1 – Werkstoffdaten für die Berechnung der Strombelastbarkeit

			Kupfer	Stahl	Nicht-rostender Stahl 304L	Nicht-rostender Stahl 316L	Messing	Aluminium
Endtemperatur	θ_f	°C	250	300	300	300	250	200
Spezifisches Gewicht	Δ	kg.m-3	8 900	7 800	7 900	7 900	8 500	2 700
Widerstand bei Referenztemperatur	ρ_0	Ωm	2,10E-08	1,30E-07	7,30E-07	7,50E-07	7,10E-08	2,78E-08
Referenztemperatur	θ_0	°C	75	20	20	20	20	20
Koeffizient der Widerstandsänderung	α	K-1	0,003 93	0,006 6	0,000 016	0,000 017	0,001 5	0,003 9
Wärmekapazität	C_p	J.Kg-1.K-1	394	515	502	502	385	879