

	DIN IEC/TR 62271-312 (VDE 0671-312)	DIN
	Dies ist zugleich eine VDE-Leitlinie im Sinne von VDE 0022. Sie ist unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

ICS 29.130.10

Einsprüche bis 2019-12-04

Entwurf

**Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen –
Teil 312: Leitfaden für die Übertragbarkeit von Typprüfungen von
fabrikfertigen Stationen für Hochspannung/Niederspannung
(IEC 17C/707/CD:2019);
Text Deutsch und Englisch**

High-voltage switchgear and controlgear –
Part 312: Guidance for the transferability of type tests of high-voltage/low-voltage prefabricated substations
(IEC 17C/707/CD:2019);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf für eine VDE-Leitlinie mit Erscheinungsdatum 2019-10-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte VDE-Leitlinie 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 Entwurfs für eine VDE-Leitlinie werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Das vorliegende Dokument wurde nach den Verfahrensregeln einer VDE-Leitlinie erstellt und ist die Übernahme eines Fachberichts der IEC (IEC TR).

Gesamtumfang 107 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieses Dokuments ist ...

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	6
1 Allgemeines	7
1.1 Anwendungsbereich	7
1.2 Verweisungen	7
2 Begriffe	8
3 Gebrauch von Übertragbarkeitskriterien	10
3.1 Allgemeines	10
3.2 Konstruktionsparameter für die Übertragbarkeitskriterien.....	10
3.3 Verwendung von Berechnungen	11
3.3.0 Allgemeines	11
3.3.1 Berechnung der Erwärmung	11
3.3.2 Berechnung des elektrischen Felds	12
3.3.3 Berechnung des elektromagnetischen Felds	12
3.3.4 Berechnung der mechanischen Beanspruchung	12
3.3.5 Berechnung des Kurzschlussstroms	12
3.3.6 Berechnung von Störlichtbögen	12
3.4 Für die Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen benötigte Informationen.....	13
4 Anwendung der Erweiterungskriterien	13
4.0 Allgemeines	13
4.1 Erwärmungsprüfungen	13
4.2 Dielektrische Prüfungen	15
4.3 Prüfung der elektromagnetischen Felder	16
4.4 Mechanische Prüfungen.....	17
4.5 Prüfungen des Kurzschlussstroms.....	19
4.6 Störlichtbogenprüfungen	21
5 Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen	22
5.0 Allgemeines	22
5.1 Übertragbarkeit eines Typprüfberichts auf eine andere fabrikfertige Station (Szenario a)	23
5.2 Validierung einer Stationskonstruktion anhand von vorhandenen Prüfberichten (Szenario b).....	24
5.3 Validierung einer Konstruktionsanpassung (Szenario c)	25
Anhang A (informativ) Begründung der Erweiterungskriterien	26
A.1 Allgemeines	26
A.2 Erwärmung	26
A.2.1 Aufbau und Gehäuse.....	26
A.2.2 Belüftungsöffnungen (Merkmale 2.1, 2.2, 2.3 und 2.4).....	29

A.2.3	Höhenunterschied zwischen den Mittelpunkten der Lufteinlass- und Luftauslass-Belüftungsöffnungen (Merkmal 3).....	29
A.2.4	Schlagweite zwischen Niederspannungs-Schaltanlage und Leistungstransformator (Merkmal 4).....	30
A.2.5	Höhenunterschied zwischen dem Mittelpunkt des Kessels eines ölgefüllten Transformators bzw. dem Mittelpunkt der Wicklung eines Trockentransformators zum Mittelpunkt der zugehörigen Luftauslass-Belüftungsöffnung (Merkmal 5).....	30
A.2.6	Isoliertyp des Leistungstransformators (Merkmal 6).....	31
A.2.7	Gesamtverlust der Leistungstransformatoren (Merkmal 7)	31
A.2.8	Bemessungsstrom der Niederspannungs-Schaltgerätekombination (Merkmal 8)	31
A.3	Dielektrische Eigenschaften.....	31
A.3.1	Allgemeines.....	31
A.3.2	Schlagweiten (Merkmale 2 und 3)	32
A.3.3	Isolierträger und Werkstoff (Merkmale 4 und 5).....	32
A.3.4	Aktive Teile (Merkmale 6 und 7)	32
A.4	Elektromagnetisches Feld.....	32
A.4.1	Allgemeines.....	32
A.4.2	Aufbau der Station und Abstand der Bauteile zu den äußeren Gehäuseoberflächen (Merkmale 1 und 2).....	33
A.4.3	Bemessungsspannungen (Merkmal 3)	34
A.4.4	Bemessungs-Betriebsströme (Merkmal 4).....	34
A.4.5	Bemessungsfrequenz (Merkmal 5)	34
A.4.6	Gehäusewerkstoff(e) (Merkmal 6)	35
A.4.7	Verbindungen (Merkmale 7, 8 und 9)	35
A.4.8	Art der Isolierung der Leistungstransformatoren (Merkmal 10)	36
A.4.9	Niederspannungs-Schaltanlagen (Merkmale 11 und 12)	36
A.5	Mechanische Beanspruchung.....	37
A.5.1	Allgemeines.....	37
A.5.2	Gemeinsame Konstruktionsparameter für die Bewertung der Hauptbauteile	37
A.5.3	Hinweise zu verschiedenen Gehäusewerkstoffen, Befestigungen und Verstärkungen (Merkmale 1, 2, 3 und 4).....	39
A.6	Kurzzeitstrom- und Stoßstromprüfungen	39
A.6.1	Allgemeines.....	39
A.6.2	Bemessungs-Kurzzeitstrom und -Stoßstrom (Merkmale 1 und 2).....	39
A.6.3	Bemessungs-Kurzschlussdauer (Merkmal 3)	40
A.6.4	Mittenabstand zwischen Phasenleitern (Merkmal 4)	40
A.6.5	Leiter (Merkmale 5, 9 und 11).....	40
A.6.6	Isolierende Leiterhaltevorrichtungen (Merkmale 6, 7 und 8)	40
A.6.7	Art der Steckverbinder der Hochspannungs- und der Niederspannungsverbindung (Merkmal 10)	40
A.6.8	Temperaturklasse des Isolierstoffs, der mit den Leitern in Berührung kommt (Merkmal 12).....	41

A.7	Störlichtbögen.....	41
A.7.1	Allgemeines	41
A.7.2	Bemessungs-Störlichtbogenstrom, Störlichtbogen-Stoßstrom und Störlichtbogendauer (Merkmale 1 und 2)	41
A.7.3	Familie von Hochspannungs-Schaltanlagen (Merkmal 3)	41
A.7.4	Aufbau der fabrikfertigen Station (Merkmal 4)	42
A.7.5	Ausdehnungsräume (Merkmale 5, 6 und 7).....	43
A.7.6	Querschnitt der Belüftungsöffnungen (Merkmal 8)	47
A.7.7	Konstruktion, Position und Querschnittsfläche der Gasstrom-Kühleinrichtung(en) (Merkmal 9)	47
A.7.8	Abstände zwischen Hochspannungs-Schaltanlage und dem Gehäuse der fabrikfertigen Station (Merkmal 10)	49
A.7.9	Mechanische Festigkeit und Druckfestigkeit des Gehäuses (Merkmal 11)	50
A.7.10	Die kürzeste Länge des Strömungspfad es heißer Gase zur nächstgelegenen Belüftungsöffnung vor dem Austritt aus der Station (Merkmal 12)	50
A.7.11	Art und Schutz der Hochspannungsverbindung (Merkmale 13 and14)	50
A.7.12	Mindestabstand zwischen nicht isolierten Hochspannungsverbindungen und Türen, Abdeckungen und Belüftungsöffnungen (Merkmal 15).....	51
Anhang B (informativ)	Konstruktionsparameter, die zur Bewertung der Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen in den Typprüfbericht aufzunehmen sind	52
B.1	Allgemeines	52
B.2	Für die Bewertung der Erwärmungsprüfung benötigte Informationen	52
B.3	Für die Bewertung der dielektrischen Prüfung benötigte Informationen	53
B.4	Für die Bewertung der Prüfung elektromagnetischer Felder benötigte Informationen	54
B.5	Für die Bewertung der Prüfung der mechanischen Beanspruchung benötigte Informationen	55
B.6	Für die Bewertung der Kurzschlussstrom-Prüfung benötigte Informationen	56
B.7	Für die Bewertung der Störlichtbogenprüfung benötigte Informationen	56
Literaturhinweise.....		58

Bilder

Bild 1 – Übertragbarkeit eines Prüfberichts	23
Bild 2 – Validierung einer fabrikfertigen Station anhand von vorhandenen Prüfberichten	24
Bild A.1 – Verschiedene Aufbauten und Abmessungen nicht begehb arer fabrikfertiger Stationen	27
Bild A.2 – Verschiedene Aufbauten und Abmessungen begehb arer fabrikfertiger Stationen.....	28
Bild A.3 – Konstruktionsarten von Belüftungsöffnungen	29
Bild A.4 – Abstand zwischen Lufteinlass- und Luftauslass-Belüftungsöffnungen	30
Bild A.5 – Schlagweite zwischen Niederspannungs-Schaltanlage und Leistungstransformator.....	30
Bild A.6 – Höhenunterschied zwischen dem Leistungstransformator und den Luftauslass-Belüftungsöffnungen.....	31
Bild A.7 – Alternative Aufbauten von fabrikfertigen Stationen	33
Bild A.8 – Abstände der Hauptbauteile zu den äußeren Gehäuseoberflächen.....	34
Bild A.9 – Einfluss der Frequenz auf das Magnetfeld.....	35

Bild A.10 – Verhalten des Magnetfelds bei Abschirmung	35
Bild A.11 – Magnetfeld für verschiedene Geometrien und eine unterschiedliche Anzahl von Kabeln je Phase bei einer Dreiphasenverbindung	36
Bild A.12 – Beispiele für verschiedene Dachkonstruktionen	37
Bild A.13 – Beispiele für verschiedene Türkonstruktionen	38
Bild A.14 – Unterschiedliche Abmessungen des gleichen Aufbaus einer fabrikfertigen Station	42
Bild A.15 – Gasstrom in einer nicht begehbaren und einer begehbaren fabrikfertigen Station mit Hochspannungs-Schottraum	44
Bild A.16 – Gasstrom in einer nicht begehbaren und einer begehbaren fabrikfertigen Station ohne separaten Hochspannungs-Schottraum	44
Bild A.17 – Gasstrom in einer begehbaren fabrikfertigen Station mit Hochspannungs-Schottraum ohne Gasstrom-Kühleinrichtung	45
Bild A.18 – Gasstrom in einer begehbaren fabrikfertigen Station mit Hochspannungs-Schottraum und Hochspannungs-Schaltanlage mit integrierter Gasstrom-Kühleinrichtung	45
Bild A.19 – Gasstrom in einer begehbaren fabrikfertigen Station mit Hochspannungs-Schaltanlage mit integrierter Gasstrom-Kühleinrichtung ohne separaten Hochspannungs-Schottraum	46
Bild A.20 – Übertragbarkeit nach den Kriterien zu Ausdehnungsräumen (Merkmale 5, 6 und 7)	47
Bild A.21 – Mehrere Schichten einer Gasstrom-Kühleinrichtung und Schichten mit jeweils anderem Werkstoff, anderem Transmissionsgrad und anderer Masse	48
Bild A.22 – Draufsicht einer Konstruktion einer fabrikfertigen Station mit unterschiedlichen Anordnungen der Gasstrom-Kühleinrichtung	49
Bild A.23 – Draufsicht einer grundlegenden Konstruktion einer fabrikfertigen Station mit verschiedenen Positionen der Hochspannungs-Schaltanlage im Hochspannungs- Schottraum	49
Bild A.24 – Fabrikfertige Stationen mit unterschiedlichen Längen des Strömungspfad des heißen Gase zu den Belüftungsöffnungen	50

Tabellen

Tabelle 1 – Beispiele für Konstruktionsparameter	11
Tabelle 2 – Übertragbarkeitskriterien für die Erwärmungseigenschaften (1 von 2)	14
Tabelle 3 – Übertragbarkeitskriterien für die Spannungsfestigkeit	16
Tabelle 4 – Übertragbarkeitskriterien für elektromagnetische Felder	17
Tabelle 5 – Übertragbarkeitskriterien für die mechanische Festigkeit des Gehäuses (1 von 2)	18
Tabelle 6 – Übertragbarkeitskriterien für die Kurzzeitstrom- und Stoßstromfestigkeit	20
Tabelle 7 – Übertragbarkeitskriterien für die Störlichtbogenfestigkeit (1 von 2)	21
Tabelle B.1 – Für die Bewertung der Erwärmungsprüfung benötigte Informationen (1 von 2)	52
Tabelle B.2 – Für die Bewertung der dielektrischen Prüfung benötigte Informationen	54
Tabelle B.3 – Für die Bewertung der dielektrischen Prüfung benötigte Informationen (1 von 2)	54
Tabelle B.4 – Für die Bewertung der mechanischen Prüfung benötigte Informationen (1 von 2)	55
Tabelle B.5 – Für die Bewertung der Kurzschlussstrom-Prüfung benötigte Informationen	56
Tabelle B.6 – Für die Bewertung der Störlichtbogenprüfung benötigte Informationen	57

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 17C/707/CD:2019 „High-voltage switchgear and controlgear – Part 312: Guidance for the transferability of type tests of high-voltage/low-voltage prefabricated substations“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD 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 SC 17C „Assemblies“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 432.2 „Typgeprüfte Hochspannungs-Schaltanlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im 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 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.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 312: Leitfaden für die Übertragbarkeit von Typprüfungen von fabrikfertigen Stationen für Hochspannung/Niederspannung

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Dieser technische Bericht bezieht sich auf fabrikfertige Stationen für Hochspannung/Niederspannung (nachfolgend bezeichnet als „fabrikfertige Stationen“) nach **IEC 62271-202:2014**.

Dieser technische Bericht kann für die Übertragbarkeit von Typprüfungen, die an einer oder mehreren fabrikfertigen Stationen mit einer definierten Menge von Bemessungswerten und einer definierten Anordnung der Bauteile durchgeführt wurden, auf eine andere fabrikfertige Station mit einer anderen Menge von Bemessungswerten bzw. einer anderen Anordnung der Bauteile verwendet werden. Er bietet Unterstützung bei der Auswahl geeigneter repräsentativer Prüfobjekte für diesen Zweck, um das Typprüfverfahren im Hinblick auf eine konsistente Konformitätsbewertung zu optimieren.

Diesem technischen Bericht liegen fundierte technische und physikalische Grundsätze, Erfahrungswerte von Herstellern und Anwendern sowie gemeinsam vereinbarte Berechnungsmethoden zugrunde, die zu einem Leitfaden für die Übertragbarkeit von Typprüfungen unter Berücksichtigung verschiedener Konstruktions- und Bemessungsfaktoren zusammengefasst wurden.

1.2 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 60050-441:1984, *International Electrotechnical Vocabulary – Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050-441:1984/AMD1:2000

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

IEC 60076-2:2011, *Power transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers*

IEC 60076-7:2018, *Power transformers – Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers*

IEC 60076-11:2011, *Power transformers – Part 11: Dry-type transformers*

IEC 60076-12:2008, *Power transformers – Part 12: Loading guide for dry-type power transformers*

IEC 60282-1:2009, *High-voltage fuses – Part 1: Current-limiting fuses*

IEC 60529:2013, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 61439 (all parts)¹, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*

IEC 61439-1:2011, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*

IEC 62262:2002, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

¹ Diese Reihe wird einige Teile der Reihe IEC 60439 ersetzen.

IEC 62271-1:2017, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*

IEC 62271-200:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-202:2014, *High voltage switchgear and controlgear – Part 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation*

IEC 62271-208:2009, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 208: Methods to quantify the steady state, power-frequency electromagnetic fields generated by HV switchgear assemblies and HV/LV prefabricated substations*

IEC TR 62271-307:2015, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 307: Guidance for the extension of validity of type tests of AC metal and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-441:1984 und die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Einige Begriffe sind zur Vereinfachung der Bezugnahme hier nochmals angegeben.

2.104

Schaltanlagen und/oder Schaltgeräte

allgemeiner Begriff, der Schaltgeräte und Kombinationen von Schaltgeräten mit zugehörigen Steuer-, Mess-, Schutz- und Regeleinrichtungen sowie Baugruppen aus derartigen Geräten und Einrichtungen mit den dazugehörigen Verbindungen, Zubehörteilen, Kapselungen und tragenden Gerüsten umfasst

[QUELLE: IEC 60050-441:1984, 441-11-01]

2.106

Bauteil

wesentlicher Teil der fabrikfertigen Station, der einer bestimmten oder mehreren Aufgabe(n) dient

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für Bauteile sind Transformatoren, Hochspannungs-Schaltanlagen, Niederspannungs-Schaltanlagen usw.

[QUELLE: IEC 62271-202:2014, 3.105]

2.107

Hauptstrombahn

alle leitfähigen Teile einer fabrikfertigen Station, die in dem Stromkreis liegen, der die elektrische Energie übertragen soll

[QUELLE: IEC 62271-202:2014, 3.107]

2.108

Prüfobjekt Prüfling

Betrachtungseinheit, die einer Prüfung unterzogen wird, einschließlich Zubehör, wenn nicht anders festgelegt

[QUELLE: IEC 60050-151:2001, 151-16-28]

2.109

betrachtete fabrikfertige Station

fabrikfertige Station, die im Zusammenhang mit der Übertragbarkeit der Typprüfungsergebnisse in Übereinstimmung mit diesem technischen Bericht überprüft wird

2.110

Übertragbarkeitskriterium

auf den Konstruktionsparametern beruhendes Kriterium, das angelegt werden kann, um das Leistungsverhalten einer ungeprüften fabrikfertigen Station auf Grundlage der positiven Ergebnisse einer an einer anderen fabrikfertigen Station vorgenommenen Prüfung im Hinblick auf eine bestimmte Kenngröße zu validieren

2.111

Aufbau der fabrikfertigen Station

räumliche Anordnung der Hauptbauteile, Abdeckungen, Türen, Belüftungsöffnungen und Abschottungen, sofern vorhanden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die relativen Schlagweiten und Abstände zwischen den Hauptbauteilen und zwischen den Hauptbauteilen und dem Gehäuse können schwanken.

2.102

Gehäuse

Teil einer fabrikfertigen Station, der einen Schutz gegen äußere Einflüsse auf die Station und einen festgelegten Schutzgrad für das Bedienpersonal und die allgemeine Öffentlichkeit gegen Annähern oder Berühren unter Spannung stehender Teile und gegen Berühren sich bewegender Teile bietet

2.101

fabrikfertige Station

fabrikfertige und typgeprüfte Anordnung mit einem Gehäuse, das im Allgemeinen Leistungstransformatoren, Hochspannungs- und Niederspannungs-Schaltanlagen, Hochspannungs- und Niederspannungs-Verbindungen und Hilfseinrichtungen und -stromkreise enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff der typgeprüften Anordnung schließt fabrikfertige Stationen ein, die im Zusammenhang mit der Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen in Übereinstimmung mit diesem technischen Bericht überprüft wurden.

[QUELLE: IEC 62271-202:2014]

2.103

Schottraum

Teil einer fabrikfertigen Station, der, mit Ausnahme von Öffnungen für die notwendigen elektrischen Verbindungen, Bedienung oder Belüftung, gekapselt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Schottraum kann nach dem darin enthaltenen wesentlichen Bauteil benannt sein, z. B. Transformator, Hochspannungsschaltanlage bzw. Niederspannungsschaltanlage.

2.105

Familie von Hochspannungs-Schaltanlagen

Funktionseinheiten, dazu bestimmt, in Schaltgerätekombinationen physisch kombiniert zu werden und eine Reihe von Bemessungswerten und Merkmalen zu liefern (z. B. Strom, Spannung, Schutzgrad)

[QUELLE: IEC TR 62271-307:2015]

2.114

Gehäuseklasse

Differenz der Erwärmung zwischen einem Transformator innerhalb des Gehäuses und demselben Transformator außerhalb des Gehäuses bei normalen Betriebsbedingungen

[QUELLE: IEC 62271-202:2014, 3.112]

2.112

Hochspannungsverbindung

elektrische Verbindung zwischen den Anschlüssen der Hochspannungsschaltanlage und den Hochspannungsanschlüssen des Hochspannung/Niederspannungs-Leistungstransformators

[QUELLE: IEC 62271-202:2014, 3.105.1]

2.113

Niederspannungsverbindung

elektrische Verbindung zwischen den Niederspannungsanschlüssen des Hochspannung/Niederspannungs-Leistungstransformators und den Einspeiseanschlüssen der Niederspannungsschaltanlage

[QUELLE: IEC 62271-202:2014, 3.105.2]

3 Gebrauch von Übertragbarkeitskriterien

3.1 Allgemeines

Angesichts der Vielzahl verschiedener Typen fabrikfertiger Stationen, verschiedener Abmessungen von Gehäusen und Anordnungen sowie verschiedener Typen von Bauteilen ist es weder aus praktischer noch aus wirtschaftlicher Sicht möglich, Typprüfungen an allen diesen verschiedenen Ausführungen und Kombinationen vorzunehmen. Deshalb darf das Leistungsverhalten einer bestimmten fabrikfertigen Station unter Bezugnahme auf Typprüfberichte anderer fabrikfertiger Stationen bewertet werden. Die [Unterabschnitte 4.1 bis 4.6](#) enthalten für jede Art von Typprüfung (bzw. Kenngröße) eine nicht erschöpfende Liste von Konstruktionsparametern, die zur Übertragbarkeit der Typprüfungsergebnisse analysiert werden sollten.

Die Analyse sollte auf der Grundlage fundierter technischer und physikalischer Grundsätze erfolgen und darf durch Berechnungen gestützt werden, sofern zutreffend.

Jeder Konstruktionsparameter der zu bewertenden fabrikfertigen Station, der in einer Spalte der Tabellen in [4.2 bis 4.7](#) aufgeführt ist, sollte anhand des ebenfalls in den Tabellen angegebenen Übertragbarkeitskriteriums mit dem Konstruktionsparameter der bereits typgeprüften fabrikfertigen Station(en) verglichen werden. Die Erfüllung aller Übertragbarkeitskriterien für eine bestimmte Kenngröße spricht für die Übertragbarkeit der Typprüfung von der/den ursprünglichen fabrikfertigen Station(en) auf die betrachtete fabrikfertige Station. Die Übertragbarkeit der Typprüfungsergebnisse einer bestimmten Kenngröße bedeutet nicht, dass automatisch auch andere Kenngrößen konform sind; vielmehr muss jede Kenngröße einzeln bewertet werden. So lautet beispielsweise das Kriterium bei Merkmal (7) in [Tabelle 2](#) für die Bewertung der Übertragbarkeit der Ergebnisse von Erwärmungstypprüfungen: Die Gesamtverluste des Leistungstransformators der betrachteten fabrikfertigen Station dürfen höchstens so groß sein wie diejenigen der typgeprüften fabrikfertigen Station.

Wenn eines der Übertragbarkeitskriterien nicht bestätigt werden kann, dürfen zusätzliche Nachweise, beispielsweise in Form von technischen Argumenten, Berechnungen/Simulationen oder spezifischen Prüfungen, herangezogen werden, sofern der Kunde dem ausdrücklich zustimmt. Berechnungen können wie in [3.3](#) angegeben nur vergleichend eingesetzt werden.

3.2 Konstruktionsparameter für die Übertragbarkeitskriterien

Manche Bemessungswerte einer fabrikfertigen Station hängen nicht mit bestimmten Bauteilparametern zusammen. Der Aufbau der fabrikfertigen Station kann erheblichen Einfluss auf das Leistungsverhalten der ganzen Anlage haben.

Die Kriterien, die für die Übertragbarkeit von Typprüfungen für eine fabrikfertige Station zur Verfügung stehen, hängen von einer Reihe von Konstruktionsparametern, wie z. B. den in [Tabelle 1](#) aufgeführten Parametern, ab. Jede fabrikfertige Station zeichnet sich durch ihre eigene Menge von Konstruktionsparametern aus.

Die Übertragbarkeit der Typprüfungsergebnisse eines Bauteils im Hinblick auf dessen jeweilige Produktnorm liegt außerhalb des Anwendungsbereichs dieses technischen Berichts.

Tabelle 1 – Beispiele für Konstruktionsparameter

Konstruktionsparameter
Wärmeleitfähigkeit des Gehäusewerkstoffs (Stahl, armerter Beton, Polyester)
Isoliertyp des Leistungstransformators (Öl- oder Trockenisolierung)
Wirksamer Querschnitt der Belüftungsöffnungen (Ein- und Auslass)
Schutzgrad (IP-Code) des Gehäuses
Abstand von den Bauteilen, die die Hauptstrombahnen einer fabrikfertigen Station beinhalten, zum Gehäuse
Mechanische Festigkeit des Gehäusedach-Werkstoffs
Werkstoff der Leiter der Hochspannungsverbindungen
Konstruktion, Position und Querschnittsfläche der Gasstrom-Kühleinrichtung(en)
ANMERKUNG Diese Tabelle enthält lediglich einige Beispiele; sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

3.3 Verwendung von Berechnungen

3.3.0 Allgemeines

Für die Zwecke dieses technischen Berichts dürfen Berechnungen und Simulationen nur vergleichend eingesetzt werden. Für eine typgeprüfte fabrikfertige Station zur Verfügung stehende Berechnungsergebnisse können zur Validierung verwendet und mit Berechnungsergebnissen verglichen werden, die für die betrachtete fabrikfertige Station erzielt wurden. Der Vergleich erfolgt stets anhand der in den [Tabellen 2 bis 7](#) angegebenen Konstruktionsparameter und Annahmekriterien.

Oftmals kann das Leistungsverhalten einer gegebenen fabrikfertigen Station im Hinblick auf eine bestimmte Typprüfung aufgrund der Komplexität der Konstruktion nicht anhand eines einzelnen Werts eines Konstruktionsparameters bewertet werden. So kann beispielsweise die Niederspannungsverbindung entlang des Strompfades unterschiedlich aufgebaut sein. Berechnungen bieten die Möglichkeit, den betroffenen Konstruktionsparameter mit der räumlichen Auflösung abzugleichen und so einen Vergleich mit technischen Argumenten und Expertise zu unterstützen.

Je nach Typprüfung und dem betroffenen Konstruktionsparameter reicht in manchen Fällen ein einfaches Modell der fabrikfertigen Station aus, das mit einer analytischen oder empirischen Formel erstellt wird, während in anderen Fällen möglicherweise ein vollständiges dreidimensionales Simulationsmodell erforderlich ist, das mit einem komplexen numerischen Werkzeug erstellt wird, sofern die Ergebnisse des Simulationswerkzeugs konsistent und wiederholbar sind.

Die Validierung von Software-Werkzeugen und Berechnungsmethoden selbst liegt außerhalb des Anwendungsbereichs dieses technischen Berichts. Einige dieser Berechnungsmethoden sowie die zugehörigen Kenngrößen werden nachfolgend kurz vorgestellt.

3.3.1 Berechnung der Erwärmung

Das Berechnungsverfahren wird unter Berücksichtigung der gesamten innerhalb der fabrikfertigen Station erzeugten Energie, des Aufbaus, der Umgebungs- und Aufstellungsbedingungen der Gehäusewände und der wirksamen Fläche der Belüftungsöffnungen auf die betrachtete fabrikfertige Station angewandt. Vergleichsparameter ist die Lufttemperatur innerhalb des Gehäuses an verschiedenen Stellen.

Bei komplexen Geometrien darf ein Vergleich mithilfe einer thermischen Schaltung durchgeführt werden, bei dem die gesamte Schaltgerätekombination mit allen Bauteilen in diskrete Elemente aus wärmeerzeugenden Widerständen und Wärmeleitungs- und -konvektionselementen aufgeteilt wird. Darüber hinaus dürfen komplexere CFD-Werkzeuge (numerische Strömungsmechanik) eingesetzt werden, für die ein vollständiges dreidimensionales Modell der fabrikfertigen Station und Hauptbauteile erforderlich ist.

Die Normenreihe IEC 61439 und der technische Bericht IEC TR 60890 [1]² enthalten Berechnungsmethoden für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen, die auch auf eine fabrikfertige Station angewandt werden könnten, wobei die Grenzen der jeweiligen Berechnungsmethode berücksichtigt werden müssen.

3.3.2 Berechnung des elektrischen Felds

Da dieser Unterabschnitt nur auf die Verbindung zwischen den Bauteilen (d. h. die Verbindung zwischen der Hochspannungs-Schaltanlage und dem Transformator und die Verbindung zwischen dem Transformator und der Niederspannungs-Schaltanlage) angewandt werden darf, darf die Spannungsfestigkeit von zwei fabrikfertigen Stationen mithilfe einer Simulation eines elektrischen Felds der beiden Konstruktionen mittels Vergleich der sich ergebenden elektrischen Feldstärken bewertet werden.

Wenn die Einbaubedingungen die Spannungsfestigkeit beeinflussen können, können mithilfe von Finite-Elemente(FE)- oder Finite-Volumen(FV)-Software-Werkzeugen komplexe dreidimensionale Geometrien simuliert werden. Dieser technische Bericht liefert wohlgermerkt keine Informationen für die Extrapolation, sondern nur für die Interpolation von Kenngrößen, das Ausweiten der Gültigkeit auf höhere Werte elektrischer Feldstärke wird also beispielsweise nicht abgedeckt.

3.3.3 Berechnung des elektromagnetischen Felds

Die fabrikfertige Referenzstation sollte mithilfe der in IEC/TR 62271-208:2009 beschriebenen Berechnungsmethodik bewertet werden. Das gleiche Verfahren muss vergleichend auf die betrachtete fabrikfertige Station angewandt werden.

3.3.4 Berechnung der mechanischen Beanspruchung

Die mathematischen Berechnungsmethoden ermöglichen eine vollständige Bewertung im Hinblick auf die mechanische Festigkeit des Gehäuses.

3.3.5 Berechnung des Kurzschlussstroms

Dieser Unterabschnitt darf nur auf die Verbindung zwischen den Bauteilen (d. h. die Verbindung zwischen der Hochspannungs-Schaltanlage und dem Transformator und die Verbindung zwischen dem Transformator und der Niederspannungs-Schaltanlage) sowie auf den Erdungsstromkreis der fabrikfertigen Station angewandt werden.

Bezüglich der Kurzzeitstrom- und Stoßstromfestigkeit können einem Leitfadens zur Kurzschlussfestigkeit von Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen [3, 4] Leitlinien und Formeln zur Berechnung von Sammelschienenkonstruktionen entnommen werden. Dies umfasst auch die Ermittlung der wechselseitigen elektromagnetischen Kräfte zwischen Phasenleitern und der daraus resultierenden mechanischen Beanspruchung, die zu einer Überlastung der Leiter führen und die Isolatoren beschädigen kann. Die mechanische Beanspruchung der Leiter und die auf die Haltevorrichtungen wirkenden Kräfte dürfen mit Beanspruchungsanalyseprogrammen abgeschätzt werden, wenn die berechneten elektromagnetischen Kräfte verwendet werden. Zusätzlich könnte die thermische Beanspruchung mit $I_k^2 t_k$ berechnet werden, wenn die Bewertung für einen niedrigeren I_k und eine höhere t_k als die geprüften Werte erfolgt.

3.3.6 Berechnung von Störlichtbögen

Die Berechnung der Auswirkungen eines Störlichtbogens innerhalb einer fabrikfertigen Station darf durch Druckanstiegsberechnungen und Strömungssimulationen heißer Gase für die Schotträume, Ausblaskanäle und Druckentlastungskanäle untermauert werden [6, 7].

Mit den Berechnungen können der Druckanstieg in den betrachteten Schotträumen und die mechanische Festigkeit der Komponenten zum Öffnen der Entlastungseinrichtung ermittelt werden, sofern vorhanden. Eine Bewertung der Festigkeit der druckbeanspruchten Gehäusewände kann bei einfachen Geometrien mit einer

² Nummern in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

Berechnungsformel und in anderen Fällen mit der Finite-Elemente-Analyse für mechanische Beanspruchung erfolgen.

Der Strom heißer Gase, die im Falle eines Störlichtbogens aus der Hochspannungs-Schaltanlage oder der Hochspannungsverbindung ausgestoßen werden, darf mit Programmen der numerischen Strömungsmechanik (CFD) simuliert werden.

Allerdings ist es zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses technischen Berichts noch nicht möglich, die Entzündung von Indikatoren zu simulieren, ein wichtiges Annahmekriterium in der Typprüfung.

3.4 Für die Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen benötigte Informationen

Typprüfberichte von fabrikfertigen Stationen beinhalten allgemeine Anordnungszeichnungen und die Bemessungswerte der Bauteile, aber nicht unbedingt hinreichend genaue Informationen über bestimmte Konstruktionsaspekte (z. B. Aufbau, Schlagweiten), die für die Bewertung der Übertragbarkeit einer gegebenen Kenngröße erforderlich sind. Es müssen die Tabellen in Abschnitt 4 verwendet werden, um die erforderlichen Informationen für alle Konstruktionsparameter der betrachteten fabrikfertigen Station im Hinblick auf die Übertragbarkeit der Typprüfungsergebnisse bereitzustellen. Es müssen nur diejenigen Tabellen verwendet werden, die für die betrachtete Kenngröße von Belang sind.

Die anwendbaren Typprüfberichte der typgeprüften fabrikfertigen Station sollten bereitgestellt werden, sofern sie für die Bewertung der Übertragbarkeit von Belang sind.

Es wird empfohlen, dass der Hersteller die in Typprüfberichte aufzunehmenden einschlägigen Informationen zu den Konstruktionsparametern der typgeprüften fabrikfertigen Station zusätzlich zu den von den Produktnormen geforderten Informationen bereitstellt. Welche Informationen in einen Typprüfbericht aufgenommen werden sollten, kann [Anhang B](#) entnommen werden.

Häufig reicht ein einzelner Wert eines Konstruktionsparameters für die Bewertung nicht aus. In diesem Fall sind gegebenenfalls einschlägige Zeichnungen beider Objekte erforderlich.

Wenn ein Vergleich durch Berechnungen, numerische Daten oder Formeln untermauert wird, sollten die Art der verwendeten Software, die Referenznummer des Berechnungsberichts und eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse mitgeliefert werden.

Es sollten Dokumente zur Nachvollziehbarkeit der Analyse erstellt werden. Diese Dokumente sollten in den Bericht über die Übertragbarkeit der Typprüfungsergebnisse auf die betrachtete fabrikfertige Station aufgenommen werden.

4 Anwendung der Erweiterungskriterien

4.0 Allgemeines

Neben den in [4.2 bis 4.7](#) aufgeführten Konstruktionsparametern wurden noch weitere Konstruktionsparameter in Betracht gezogen, deren Einfluss aber als vernachlässigbar eingestuft wurde. Um die Bewertung der Übertragbarkeit möglichst praktisch zu gestalten, wurden nur diejenigen Konstruktionsparameter in diesen technischen Bericht aufgenommen, die einen deutlichen Einfluss auf die Übertragbarkeit der Typprüfungsergebnisse vom typgeprüften Objekt auf die betrachtete fabrikfertige Station haben.

4.1 Erwärmungsprüfungen

In [Tabelle 2](#) sind die Übertragbarkeitskriterien für die Erwärmungseigenschaften einer fabrikfertigen Station zusammengefasst. Ziel ist es, nachzuweisen, dass die Erwärmung jedes Bauteils in der betrachteten fabrikfertigen Station höchstens so groß ist wie bei der typgeprüften fabrikfertigen Station. Darüber hinaus soll mit den Konstruktionsparametern und den zugehörigen Annahmekriterien sichergestellt werden, dass jedes Bauteil bei einer internen Umgebungstemperatur arbeitet, die höchstens so hoch wie die des typgeprüften Objekts ist.

E DIN IEC/TR 62271-312 (VDE 0671-312):2019-11

Damit die Typprüfungsergebnisse von Erwärmungsprüfungen übertragen werden können, muss die Gehäuseklasse die gleiche sein. Es ist daher ohne zusätzliche Typprüfung nicht möglich, eine andere Gehäuseklasse zuzuweisen.

Eine Erwärmungsbewertung der Hochspannungs-Schaltanlage ist nicht erforderlich. Siehe [IEC 62271-202:2014, 6.5.102](#).

ANMERKUNG Die Bewertung von Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen, die in fabrikfertigen Stationen verwendet werden, darf in Übereinstimmung mit [IEC 61439-1:2011, 10.10.3](#), erfolgen.

Fabrikfertige Stationen mit Fremdbelüftung werden in dieser Liste mit Konstruktionsparametern für die Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen aus Erwärmungsprüfungen nicht berücksichtigt, da diese Art der Belüftung außerhalb des Anwendungsbereichs von [IEC 62271-202:2014](#) liegt.

Tabelle 2 – Übertragbarkeitskriterien für die Erwärmungseigenschaften (1 von 2)

Merkmal	Konstruktionsparameter	Annahmekriterium	Bedingung
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Aufbau und Gehäuse		
1.1	Abmessungen und Geometrie	≥	Die Art der Station (nicht begehrbar vs. begehrbar) muss die gleiche sein. Der Aufbau der fabrikfertigen Station muss der gleiche sein.
1.2	Rauminhalt der Schotträume der fabrikfertigen Station	≥	
1.3	Wärmeleitfähigkeit des/der Werkstoff(e) • Wände • Dach • Türen	≥	
1.4	Schutzgrad (IP-Code)	≤	IEC 60529:2013
2	Belüftungsöffnungen		Anmerkung 1
2.1	Querschnittsfläche des Lufteinlasses	≥	
2.2	Querschnittsfläche des Luftauslasses	≥	
2.3	Verhältnis der Querschnittsflächen Lufteinlass/Luftauslass	≥	
2.4	Widerstandsbeiwert [ζ] der Belüftungsöffnungen, sofern vorhanden	≤	Wenn kein Widerstandsbeiwert vorliegt, muss die Art der Belüftungsöffnungen die gleiche sein.
3	Höhenunterschied zwischen den Mittelpunkten der Lufteinlass- und Luftauslass-Belüftungsöffnungen	≥	
4	Schlagweite zwischen Niederspannungs-Schaltanlage und Leistungstransformator	≥	Gilt nur, wenn sich beide Bauteile im gleichen Schottraum befinden.
5	Höhenunterschied zwischen dem Mittelpunkt des Kessels eines ölgefüllten Transformators bzw. dem Mittelpunkt der Wicklung eines Trockentransformators zum Mittelpunkt der zugehörigen Luftauslass-Belüftungsöffnung	≥	
6	Isoliertyp des Leistungstransformators (Öl- oder Trockenisolierung)	=	

Tabelle 2 (2 von 2)

Merkmal	Konstruktionsparameter	Annahmekriterium	Bedingung
(1)	(2)	(3)	(4)
7	Gesamtverluste der Leistungstransformatoren	≤	
8	Bemessungsstrom der Niederspannungs-Schaltgeräte-kombination	≤	Anmerkung 2 Anmerkung 3 Anmerkung 4
<p>ANMERKUNG 1 Die Querschnittsfläche einer Belüftungsöffnung ist die kleinste rechtwinklig zur Richtung des Luftstroms aufge-spannte Fläche.</p> <p>ANMERKUNG 2 Bemessungsstrom der Schaltgerätekombination nach IEC 61439-1:2011, 5.3.1.</p> <p>ANMERKUNG 3 Typ und Anordnung der Verbindungen (z. B. massive Schienen vs. Kabel, vertikale vs. horizontale Schienen) sollten gleich sein.</p> <p>ANMERKUNG 4 Der Leiterwerkstoff, der Querschnitt, die Anzahl der Leiter/Phase und die Längen dürfen schwanken, sofern die Erwärmungsgrenzwerte für Hochspannungs- und Niederspannungsverbindungen aus IEC 62271-1:2017, Tabelle 14, bzw. IEC 61439-1:2011, Tabelle 6, beachtet werden.</p>			

4.2 Dielektrische Prüfungen

Die fabrikfertige Station muss im Hinblick auf ihre dielektrischen Eigenschaften überprüft werden. In Übereinstimmung mit IEC 62271-202:2014, 6.2, gilt: Da die Hochspannungs-Schaltanlage, der (die) Transformator(en) und die Niederspannungs-Schaltanlage in einer fabrikfertigen Station unter Bezug auf ihre jeweiligen Normen typgeprüft werden müssen, ist dieser Abschnitt vor allem für die Verbindungen zwischen den Hauptbauteilen relevant, wenn Änderungen an deren Konstruktions- und/oder Einbaubedingungen ihre dielektrischen Stehwerte beeinflussen.

ANMERKUNG Die Bewertung von metallgekapsteten und/oder isolierstoffgekapsteten [2] Hochspannungs-Schaltgerätekombinationen, die in fabrikfertigen Stationen eingesetzt werden, darf in Übereinstimmung mit IEC TR 62271-307 erfolgen.

Die in Tabelle 3 aufgeführten Kriterien sollten, sofern zutreffend, erfüllt werden für:

- die Verbindung zwischen Hochspannungs-Schaltanlage und Transformator;
- die Verbindung zwischen Transformator und Niederspannungs-Schaltanlage.

Für die Hochspannungsverbindung gelten die Übertragbarkeitskriterien nur, wenn die Verbindung dielektrischen Prüfungen nach IEC 62271-202:2014, 6.2.101.1, unterzogen werden muss. Ausgenommen sind daher Verbindungen aus Hochspannungskabeln, deren Abschirmung geerdet ist, mittels typgeprüfter Steckvorrichtungen, deren Abschirmung ebenfalls geerdet ist, oder mittels anderer Anschlussbauarten, die sowohl auf der Seite der Hochspannungs-Schaltanlage als auch auf der des Transformators unter den gleichen Einbaubedingungen in der fabrikfertigen Station typgeprüft worden sind.

Sofern für die Spannungsfestigkeit erforderlich, wurden in das (die) typgeprüften Objekt(e) möglicherweise Isolierzwisehenlagen und zusätzliche Isolierung nach IEC 62271-202:2014, 6.2.101 und 6.2.102, eingebaut, weswegen die Typprüfungsergebnisse nur auf Verbindungen mit vergleichbarer Anordnung und Konstruktion solcher Isoliervorrichtungen übertragen werden dürfen.

Für die folgenden Anordnungen ist eine Bewertung der Übertragbarkeit von dielektrischen Typprüfungen erforderlich:

- Bei Hochspannungsverbindungen mit nicht geerdeter Abschirmung, die in Gehäusen aus nicht leitfähigem Werkstoff verwendet werden, muss die Isolierung zwischen den aktiven Teilen mit nicht geerdeter

Abschirmung der Verbindung und den Gehäusen die dielektrischen Prüfungen nach IEC 62271-202:2014, 6.2.101.2.2, bestehen.

- Wenn die Niederspannungsverbindungen teilweise oder ganz von einem nichtmetallischen Gehäuse umgeben sind, muss die Anordnung die dielektrischen Prüfungen nach IEC 62271-202:2014, 6.2.102, bestehen.

Tabelle 3 – Übertragbarkeitskriterien für die Spannungsfestigkeit

Merkmal	Konstruktionsparameter	Annahmekriterium	Bedingung
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Bemessungsspannung(en) und -Isolationspegel	≤	
2	Schlagweite zwischen Phasen	≥	
3	Schlagweite zur Erde	≥	
4	Kriechstrecke	≥	Anmerkung 1
5	Elektrische Eigenschaften des/der Isolierstoffs/-e der Verbindungen und Gehäuse aus nicht leitfähigem Werkstoff	≥	Möglicherweise wird ein Vergleich zwischen zwei Werkstoffen gefordert (z. B. in Form der Vergleichszahl der Kriechwegbildung nach IEC 60112 [8,9], mit der die Widerstandsfähigkeit gegenüber Kriechwegbildung und Erosion nach IEC 60587 bewertet wird).
6	Oberflächenrauigkeit von aktiven Teilen	≤	
7	Radius der leitfähigen Teile	≥	Nicht nur der Radius der aktiven Teile, sondern auch der Radius aller anderen leitfähigen Teile, die den aktiven Teilen zugewandt sind (z. B. Erdungsvorrichtungen, Gehäuse, Niederspannungsverkabelung, Stützkonstruktionen) sollte berücksichtigt werden. Anmerkung 2
ANMERKUNG 1 Die Feldverteilung entlang der Isolieroberfläche ist ebenfalls relevant.			
ANMERKUNG 2 Die Geometrie von isolierten leitfähigen Teilen und anderen Isolierstoffen beeinflusst auch das elektrische Feld.			

4.3 Prüfung der elektromagnetischen Felder

Ein Leitfaden für die Messung der von fabrikfertigen Stationen erzeugten elektromagnetischen Felder kann IEC/TR 62271-208:2009 entnommen werden.

ANMERKUNG 1 Die Übertragbarkeit der Typprüfungsergebnisse von elektromagnetischen Feldern gilt nur für elektromagnetische Felder außerhalb der fabrikfertigen Station bei geschlossenen Abdeckungen und Türen unter normalen Betriebsbedingungen.

ANMERKUNG 2 Die elektrischen und magnetischen Felder im Betrieb hängen zum einen von den in der fabrikfertigen Station eingebauten Hauptbauteilen (z. B. Schaltgeräte, Transformator, Verbindungen usw.) und Verbindungen und zum anderen von der physischen Anordnung und den Einbaubedingungen ein- und ausgehender Kabel und von deren Lasten ab, wobei Letzteres nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm fällt.

Die Bewertung einer fabrikfertigen Station kann auf Grundlage eines bestehenden Berichts einer typgeprüften fabrikfertigen Station erfolgen. Bei der Bewertung müssen die in Tabelle 4 aufgeführten Übertragbarkeitskriterien berücksichtigt werden.

Tabelle 4 – Übertragbarkeitskriterien für elektromagnetische Felder

Merkmal	Betrifft	Konstruktionsparameter	Annahmekriterium	Bedingung
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Station	Aufbau	gleich	
2	Station	Abstand der Bauteile, die die Hauptstrombahnen einer fabrikfertigen Station beinhalten, zur Außenfläche des Gehäuses	$\geq$	
3	Schaltgerätekombination	Bemessungsspannungen	$\leq$	Anmerkung 1
4	Schaltgerätekombination	Bemessungs-Betriebsströme	$\leq$	Anmerkung 1
5	Schaltgerätekombination	Bemessungsfrequenz	50 Hz oder 60 Hz	Bei 50 Hz oder 60 Hz durchgeführte Prüfungen gelten als Nachweis für beide Frequenzen.
6	Gehäuse	Gehäusewerkstoff(e)	=	
7	Verbindungen	Art der Abschirmung der Verbindung	=	Anmerkung 2
8	Verbindungen	Abstand zwischen Leitern (Phasenabstand)	$\leq$	
9	Verbindungen	Phasenfolge bei zwei oder mehr Kabeln/Phase	=	
10	Leistungstransformator	Art der Isolierung	=	Anmerkung 3
11	Niederspannungs-Schaltanlage	Abstand zwischen Leitern der Hauptstrombahn (Phasenabstand)	$\leq$	
12	Niederspannungs-Schaltanlage	Gehäusewerkstoff	=	Sofern vorhanden
<p>ANMERKUNG 1 Es gilt mehr als ein Bemessungswert: Siehe IEC 62271-202:2014, Abschnitt 4.</p> <p>ANMERKUNG 2 Nicht geschirmte Verbindungen dürfen durch geschirmte Verbindungen ersetzt werden, da geschirmt stets besser ist als ungeschirmt.</p> <p>ANMERKUNG 3 Bezieht sich auf die Art der Isolierung: flüssigkeitsgefüllt oder Trockenisolierung.</p>				

4.4 Mechanische Prüfungen

Das Gehäuse der fabrikfertigen Station muss im Hinblick auf seine Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Belastungen und Beanspruchungen überprüft werden. Die Bewertung der in der fabrikfertigen Station verwendeten Bauteile (z. B. Schaltanlagen und/oder Schaltgeräte, Transformator usw.) fällt nicht in den Anwendungsbereich dieses technischen Berichts.

Bewertet werden muss die Widerstandsfähigkeit der fabrikfertigen Station gegenüber den folgenden mechanischen Belastungen und Beanspruchungen:

- Winddruck
- Dachlasten
- mechanische Beanspruchung

Die oben genannten Berechnungen und/oder Prüfungen sind für das Gehäuse einer fabrikfertigen Station anwendbar. Jede Änderung an der Konstruktion des Gehäuses der fabrikfertigen Station, die die mechanische Festigkeit beeinflussen, können die Widerstandsfähigkeit des Gehäuses gegenüber Winddruck, Dachlasten und mechanischer Beanspruchung beeinträchtigen. Änderungen sollten im Hinblick auf ihre Aus-

wirkungen auf die mechanische Festigkeit untersucht werden. Die Typprüfungsergebnisse dürfen auf die betrachtete fabrikfertige Station übertragen werden, wenn die Konstruktion des typgeprüften Gehäuses und die damit einhergehende Anordnung und Konstruktion der Zugangstüren, Abdeckungen, Belüftungsöffnungen und des Dachs (sofern zutreffend) als mechanisch gleich stark oder schwächer bewertet werden.

Die Typprüfungen des Gehäuses mit mechanischer Beanspruchung sind in **IEC 62271-202:2014** in Übereinstimmung mit IEC 62262:2002 festgeschrieben. Tabelle 5 enthält die Übertragbarkeitskriterien für die Bewertung der Widerstandsfähigkeit des Gehäuses gegenüber mechanischer Beanspruchung.

Wenn Typprüfungen zur Validierung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Winddruck und Dachlasten durchgeführt wurden, dürfen die Übertragbarkeitskriterien dafür ebenfalls angelegt werden.

Tabelle 5 – Übertragbarkeitskriterien für die mechanische Festigkeit des Gehäuses (1 von 2)

Merkmal	Betrifft	Konstruktionsparameter	Annahmekriterium	Bedingung
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Wände	Grundlegende Konstruktion der Gehäusewände	gleich	Die grundsätzliche Konstruktion der Gehäusewände muss die gleiche sein, der (die) Werkstoff(e) und Abmessungen dürfen jedoch abweichen.
		Mechanische Festigkeit des Werkstoffs	≥	
		Höhe der Gehäusewände über dem Boden Anmerkung 1	≤	
		Breite und Höhe der einzelnen Gehäusewandabschnitte	≤	
		Mechanische Festigkeit der Verstärkungen (sofern zutreffend)	≥	
		Abstand zwischen den Mittellinien der Verstärkungen (sofern zutreffend)	≤	
		Befestigungssystem der Gehäusewände	gleich	
		Befestigungspunkte der Gehäusewand (sofern zutreffend)	≤	
2	Türen und Abdeckungen	Montageart von Türen und Abdeckungen (z. B. Anbau, Einbau, eingelassen usw.)	gleich	Die grundsätzliche Konstruktion der Gehäusetüren und -abdeckungen muss die gleiche sein, der/die Werkstoff(e) und Abmessungen dürfen jedoch abweichen.
		Mechanische Festigkeit des Werkstoffs	≥	
		Höhe der Tür über dem Boden Anmerkung 2	≤	
		Breite und Höhe der einzelnen Türen und Abdeckungen	≤	
		Mechanische Festigkeit der Verstärkungen (sofern zutreffend)	≥	
		Abstand zwischen den Mittellinien der Verstärkungen (sofern zutreffend)	≤	
		Mechanische Widerstandsfähigkeit der Türangeln/Schließmechanismen/Türhalter/Abdeckungsbefestigungen	≥	
		Befestigungspunkte Türangeln / Abdeckungen	≤	

Tabelle 5 (2 von 2)

Merkmal	Betrifft	Konstruktionsparameter	Annahmekriterium	Bedingung
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3	Dach	Art der Dachkonstruktion und Dachneigung (z. B. Flachdach, Pultdach, Satteldach usw.) Anmerkung 1	gleich	Die grundsätzliche Konstruktion des Gehäusedachs muss die gleiche sein, der (die) Werkstoff(e) und Abmessungen dürfen jedoch abweichen.
		Mechanische Festigkeit des Werkstoffs	≥	
		Breite und Länge der einzelnen Dachabschnitte	≤	
		Mechanische Festigkeit der Verstärkungen (sofern zutreffend)	≥	
		Abstand zwischen den Mittellinien der Verstärkungen (sofern zutreffend)	≤	
		Mechanische Festigkeit der Dachbefestigungen (sofern zutreffend)	≥	
		Befestigungspunkte für das Dach (sofern zutreffend)	≤	
4	Belüftungsöffnungen	Konstruktionsart der Belüftungsöffnungen (z. B. Lamellengitter, Gitter, Netz usw.)	gleich	Die grundsätzliche Konstruktion der Belüftungsöffnungen muss die gleiche sein, der (die) Werkstoff(e) und Abmessungen dürfen jedoch abweichen.
		Mechanische Festigkeit des Werkstoffs	≥	
		Breite und Höhe der einzelnen Belüftungsöffnungen	≤	
		Anzahl der Öffnungen	≤	
		Mechanische Festigkeit der Verstärkungen (sofern vorhanden)	≥	Die Anzahl der Öffnungen und die Gesamtquerschnittsfläche der Ein- und/oder Auslassöffnungen dürfen ebenfalls abweichen.
		Abstand zwischen den Mittellinien der Verstärkungen (sofern vorhanden)	≤	
		Art der Befestigung der Belüftungsöffnungen an der Gehäusekonstruktion (sofern zutreffend)	gleich	
		Schutzgrad (IP-Code)	≥	

ANMERKUNG 1

Nur für die Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen des Winddrucks und der Dachlast.

ANMERKUNG 2

Nur für die Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen des Winddrucks.

4.5 Prüfungen des Kurzschlussstroms

Bei der Bewertung der Übertragbarkeit der Typprüfungsergebnisse von Kurzzeit- und Stoßstromprüfungen an den Haupt- und Erdungsstrombahnen von fabrikfertigen Stationen auf andere fabrikfertige Stationen müssen die verschiedenen Bauteile der Station betrachtet werden.

Da die Hochspannungs-Schaltanlagen, der (die) Hochspannungs/Niederspannungstransformator(en) und die Niederspannungs-Schaltanlagen, die in einer fabrikfertigen Station enthalten sind, nach ihren einschlägigen Normen im Hinblick auf ihre Kurzschlussstromfestigkeit typgeprüft wurden, betrifft dieser Abschnitt nur die

Hochspannungsverbindungen, die Niederspannungsverbindungen und die Erdungsstromkreise (siehe IEC 62271-202:2014, 6.6).

Wenn die typgeprüfte fabrikfertige Station über strombegrenzende Geräte für den Schutz der Verbindung verfügt hat, gelten die folgenden Erweiterungskriterien:

- Selbstauslösende Leistungsschalter: gleiche oder niedrigere Auslösewerte (Zeit-Strom-Kennlinie).
- Der alternative Sicherungstyp ist derart, dass der in der Prüfung 1 und/oder Prüfung 2 von IEC 60282-1:2009 ermittelte Durchlassstrom und Ausschalt-/ I_t des alternativen Typs nicht größer sind als die der Sicherungen in der typgeprüften fabrikfertigen Station.

In Tabelle 6 sind die einzelnen Konstruktionsparameter der Stromkreise mit den zugehörigen Annahmekriterien aufgeführt.

Tabelle 6 – Übertragbarkeitskriterien für die Kurzzeitstrom- und Stoßstromfestigkeit

Merkmal	Konstruktionsparameter	Annahmekriterium	Bedingung
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Bemessungs-Kurzzeitströme	$\leq$	Anmerkung 1
2	Bemessungs-Stoßströme	$\leq$	Anmerkung 1
3	Bemessungs-Kurzschlussdauer	$\leq$	Anmerkung 1
4	Mittenabstand zwischen Phasenleitern	$\geq$	
5	Aufbau der Hochspannungs- und der Niederspannungsverbindung	$=$	
6	Mechanische Festigkeit der Leiterhaltevorrichtungen	$\geq$	Anmerkung 2
7	Mechanische Festigkeit der Montageteile für die Leiterhaltevorrichtungen	$\geq$	Anmerkung 2 und Anmerkung 3
8	Abstand zwischen den Mittellinien der Leiterhaltevorrichtungen	$\leq$	
9	Leiterquerschnitt	$\geq$	Die Verbindungen der Leiter sind proportionsgetreu und weisen die gleiche oder eine größere Klemmkraft und Kontaktfläche auf. Anmerkung 4 und Anmerkung 5
10	Art der Steckverbinder der Hochspannungs- und der Niederspannungsverbindung	$=$	Beidseitig
11	Leiterwerkstoff	gleich	Anmerkung 4 und Anmerkung 5
12	Temperaturklasse des Isolierstoffs, der mit den Leitern in Berührung kommt	$\geq$	

ANMERKUNG 1 Es gelten IEC 62271-202:2014, 4.5, 4.6 und 4.7.

ANMERKUNG 2 Zur Festigkeit gehört auch die mechanische Widerstandsfähigkeit gegenüber Kompressions-, Zug- und Biegebeanspruchungen.

ANMERKUNG 3 Das Gehäuse kann die Basis der mechanischen Stützkonstruktion bilden.

ANMERKUNG 4 Bei Erdungsstromkreisen: In einigen Konstruktionen können die Leiter auch Teile des Metallgehäuses umfassen, die als Erdungsstromkreis verwendet werden.

ANMERKUNG 5 Zu den Leitern gehören auch Verbindungen in der Hauptstrombahn und im Erdungsstromkreis bis hin zum Erdungsanschluss.

4.6 Störlichtbogenprüfungen

Fabrikfertige Stationen, denen eine Störlichtbogenklassifikation (IAC, en: internal arc classification) zugewiesen wurde, wurden einer Störlichtbogenprüfung nach **IEC 62271-202:2014** unterzogen. Je nachdem, wozu die Bewertung der Übertragbarkeit der Typprüfungen vorgenommen wird, sollten Kriterien hinsichtlich der Hochspannungs-Schaltanlagen, der Hochspannungsverbindung, des Zugänglichkeitsgrades und der Konstruktion der Station oder hinsichtlich der Bemessungswerte und Einbaubedingungen oder hinsichtlich aller dieser Punkte in Betracht gezogen werden.

Die Strömung der Lichtbogengase hängt vom Aufbau und den Abschottungen der Station ab. Ausblaskanäle, Kühl- oder Druckentlastungsvorrichtungen und Ausdehnungsräume sind für die Wärme- und Drucksteuerung von wesentlicher Bedeutung. Als Hilfestellung zu diesem Thema werden die folgenden Räume definiert:

- Rauminhalt des Schottraums der Hochspannungs-Schaltanlage (V_{HVC}): Raum innerhalb der fabrikfertigen Station, in dem die Hochspannungs-Schaltanlage installiert wird, ohne den Raum, der von der Hochspannungs-Schaltanlage eingenommen wird; vollständig getrennt vom Ausdehnungsraum und von allen anderen Räumen der Station durch Zwischenwände und -böden getrennt.
- Primärer Ausdehnungsraum (V_{PEV}): unmittelbar auf die Hochspannungs-Schaltanlage folgender Ausdehnungsraum der heißen Gase.
- Sekundärer Ausdehnungsraum (V_{SEV}): auf den primären Ausdehnungsraum folgender Ausdehnungsraum, sofern zutreffend.
- Netto-Gesamtinhalt der Ausdehnungsräume (V_{NEV}): Summe aus den Rauminhalten des primären und des sekundären Ausdehnungsraums.

Ausführliche Leitlinien zur Interpretation sowie Beispiele können [Anhang A.7](#) entnommen werden.

In **IEC 62271-202:2014** wird die grundsätzliche Möglichkeit der Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen auf eine andere Konstruktion einer fabrikfertigen Station oder einen repräsentativen Teil einer solchen in Grundzügen beschrieben. Maßgeblich für die Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen auf die betrachtete fabrikfertige Station sind die Annahmekriterien in Tabelle 7.

Tabelle 7 – Übertragbarkeitskriterien für die Störlichtbogenfestigkeit (1 von 2)

Merkmal	Konstruktionsparameter	Annahmekriterien	Bedingung
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Bemessungs-Störlichtbogenstrom und Stoßstrom	≤	Bezieht sich auf IEC 62271-200:2011, AA.4.3.2. Siehe Anmerkung 1.
2	Bemessungs-Störlichtbogendauer	≤	
3	Familie von HV-Schaltanlagen	=	Bezieht sich auf IEC 62271-202:2014 , 6.102.7, gleiche Richtung des Gasstroms durch den Störlichtbogen.
4	Aufbau der fabrikfertigen Station	gleich	
5	V_{HVC} : Rauminhalt des Schottraums der Hochspannungs-Schaltanlage	≥	Siehe Definition in A.7.5.1 . Siehe Anmerkung 2.
6	V_{PEV} : Primärer Ausdehnungsraum	≥	Siehe Definition in A.7.5.1 .
7	V_{NEV} : Netto-Gesamtinhalt der Ausdehnungsräume	≥	Siehe Definition in A.7.5.1 .
8	Querschnitt der Belüftungsöffnungen	≥	Die Art der Belüftungsöffnung muss die gleiche sein.

Tabelle 7 (2 von 2)

Merkmal	Konstruktionsparameter	Annahmekriterien	Bedingung
(1)	(2)	(3)	(4)
9	Aufbau, Position und Querschnitt der Gasstrom-Kühleinrichtung(en)	gleich	Sofern vorhanden
10	Abstände zwischen Hochspannungs-Schaltanlage und Gehäuse der fabrikfertigen Station	$\geq$	Siehe Anmerkung 3.
11	Mechanische Festigkeit (Widerstandsfähigkeit gegenüber dynamischem Druck) des Gehäuses, einschließlich Zwischenwänden, Türen, Abdeckungen und Belüftungsöffnungen	$\geq$	Für alle Schotträume, die von der Widerstandsfähigkeit gegenüber störlichtbogenbedingtem dynamischem Druck beeinträchtigt werden: <ul style="list-style-type: none"> – Grundstoff des Gehäuses der Station (d. h. Beton, Metall oder synthetischer Stoff) – Türangeln/Schließmechanismen/Türhalter/Abdeckungsbefestigungen
12	Die kürzeste Länge des Strömungspfad des heißen Gase zur nächstgelegenen Belüftungsöffnung vor dem Austritt aus der Station	$\geq$	Von der Lichtbogen-Kühleinrichtung oder vom letzten (Schottraum-)Ausdehnungsraum zur nächstgelegenen Belüftungsöffnung
13	Art des Schutzes der Hochspannungsverbindung	=	Sofern eine Prüfung nach IEC 62271-202:2014, Bild A.A.6 und Bild A.A.7, erforderlich ist.
14	Art der Hochspannungsverbindung	=	Siehe Anmerkung 4.
15	Mindestabstand zwischen nicht isolierten Hochspannungsverbindungen und Türen, Abdeckungen und Belüftungsöffnungen	$\geq$	Sofern zutreffend, wenn die Prüfung an den Verbindungen vorgenommen wird. Siehe Anmerkung 4.

ANMERKUNG 1 Typprüfungen bei 60 Hz dürfen für den Nachweis von 50 Hz und Typprüfungen bei 50 Hz mit $2,6 \times I_k$ für den Nachweis von 60 Hz verwendet werden (IEC 62271-200:2011, AA 4.3.2).

ANMERKUNG 2 Nach IEC 62271-202:2014, 6.102.3, kann eine Dummy-Nachbildung verwendet werden, um das Volumen während der Prüfung zu senken.

ANMERKUNG 3 Beim Störlichtbogen-Zugänglichkeitsgrad B darf keine Übertragung von Typprüfungsergebnissen einer fabrikfertigen Station mit einer Höhe größer gleich 1,9 Metern über dem Boden auf eine fabrikfertige Station mit einer geringeren Höhe als 1,9 Meter über dem Boden erfolgen (siehe IEC 62271-202:2014, AA 3.2).

ANMERKUNG 4 Übertragbarkeit auch gültig von ungeschirmten auf geschirmte feststoffisolierte Hochspannungsverbindungen.

5 Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen

5.0 Allgemeines

Der Leitfaden für die Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen kann auf die folgenden Situationen angewandt werden, ist jedoch nicht auf diese beschränkt:

- die Gültigkeit einer an einer bestimmten Konstruktion einer fabrikfertigen Station vorgenommenen Typprüfung für eine bestimmte Kenngröße wird auf eine fabrikfertige Station einer anderen Konstruktion übertragen;

- b) für eine ungeprüfte Konstruktion einer fabrikfertigen Station wird anhand von Typprüfberichten von fabrikfertigen Stationen einer anderen Konstruktion eine Analyse durchgeführt, um zu ermitteln, ob die Prüfungsergebnisse die erste Konstruktion im Hinblick auf die festgelegten Kenngrößen validieren;
- c) die Gültigkeit der Typprüfungen einer zuvor typgeprüften Konstruktion einer fabrikfertigen Station wird auf eine Konstruktionsanpassung ausgeweitet.

5.1 Übertragbarkeit eines Typprüfberichts auf eine andere fabrikfertige Station (Szenario a)

In Bild 1 ist dargestellt, wie ein Typprüfungsergebnis in den folgenden Schritten auf eine andere fabrikfertige Station übertragen werden kann:

- Schritt 1: Untersuchen des Berichts im Hinblick auf die Beschreibung der geprüften fabrikfertigen Station und Sammeln zusätzlicher Informationen (z. B. aus Zeichnungen, auf die verwiesen wird).
- Schritt 2: Vergleichen der relevanten Konstruktionsparameter der geprüften fabrikfertigen Station mit den in [Abschnitt 4](#) angegebenen Erweiterungskriterien, die auf die betrachtete Typprüfung zutreffen (z. B. Höhenunterschied zwischen dem durchschnittlichen Lufteinlass und -auslass bei der Erwärmungsprüfung), anhand von technischen Argumenten, Berechnungen oder Simulationen.
- Schritt 3: Überprüfen der neuen Konstruktion der fabrikfertigen Station, um zu ermitteln, ob die Konstruktionsparameter die gleichen sind oder ob sie über Konstruktionsparameter verfügt, die als von der geprüften fabrikfertigen Station abgedeckt bewertet werden könnten (z. B. Höhenunterschied zwischen dem durchschnittlichen Lufteinlass und -auslass größer gleich demjenigen im geprüften Objekts). Bei der Überprüfung sollten auch unvereinbare Konstruktionsparameter aufgedeckt werden, die die Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen für andere Kenngrößen möglicherweise einschränken könnten.

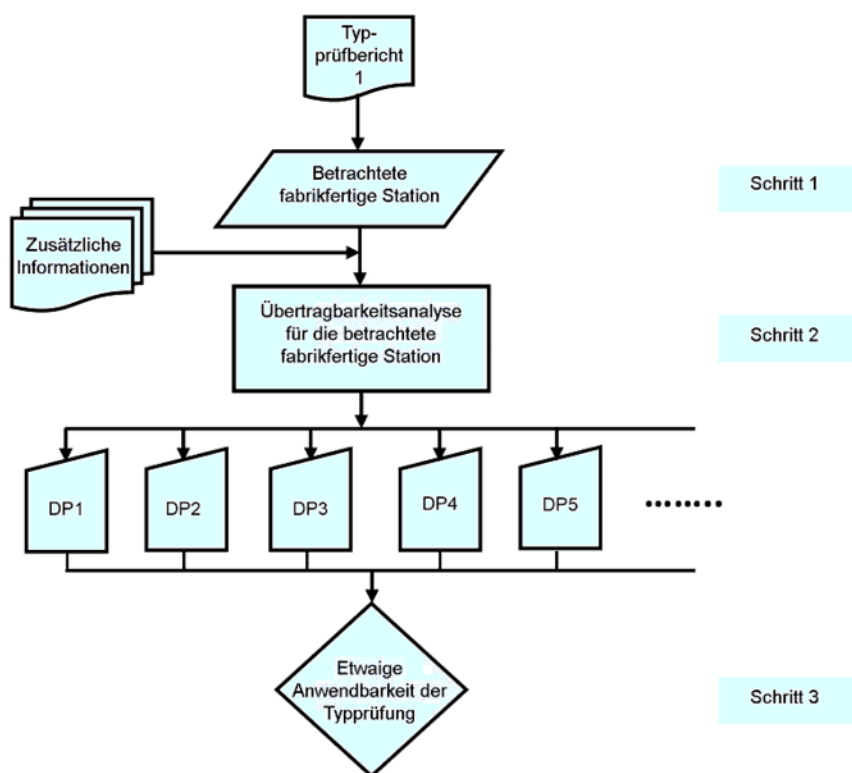


Bild 1 – Übertragbarkeit eines Prüfberichts

Wenn die Überprüfung der neuen Konstruktion der fabrikfertigen Station im Hinblick auf die angegebenen Kriterien positiv ausfällt, sind keine weiteren Prüfungen erforderlich und der vorhandene Typprüfbericht kann für die betrachtete fabrikfertige Station übernommen werden.

5.2 Validierung einer Stationskonstruktion anhand von vorhandenen Prüfberichten (Szenario b)

In Bild 2 ist dargestellt, wie vorhandene Typprüfberichte von fabrikfertigen Stationen einer anderen Konstruktion untersucht werden können, um zu ermitteln, ob die Prüfergebnisse die Konstruktion einer gegebenen fabrikfertigen Station im Hinblick auf die festgelegten Kenngrößen validieren:

- Schritt 1: Ermitteln des Aufbaus und der verschiedenen in der betrachteten fabrikfertigen Station verwendeten Bauteile.
- Schritt 2: Für jede Kenngröße: Ermitteln derjenigen Konstruktion einer fabrikfertigen Station, für die die Bewertung der Übertragbarkeit ihrer Typprüfungsergebnisse in Betracht gezogen werden könnte, und Sammeln zusätzlicher Informationen (z. B. aus Zeichnungen, auf die verwiesen wird), die in Bezug auf die Konstruktionsparameter hilfreich sein könnten.
- Schritt 3: Vergleichen der relevanten Konstruktionsparameter der betrachteten fabrikfertigen Station mit der in Betracht gezogenen typgeprüften fabrikfertigen Station anhand der in den [Tabellen 2 bis 7](#) angegebenen Konstruktionsparameter und anhand von technischen Argumenten, Berechnungen oder Simulationen.
- Wiederholen dieses Vorgehens für jede Kenngröße.
- Schritt 4: Überprüfen der vorhandenen Typprüfberichte und Aufnehmen des Typprüfberichts in die Begleitunterlagen der Bewertung, sofern zutreffend.

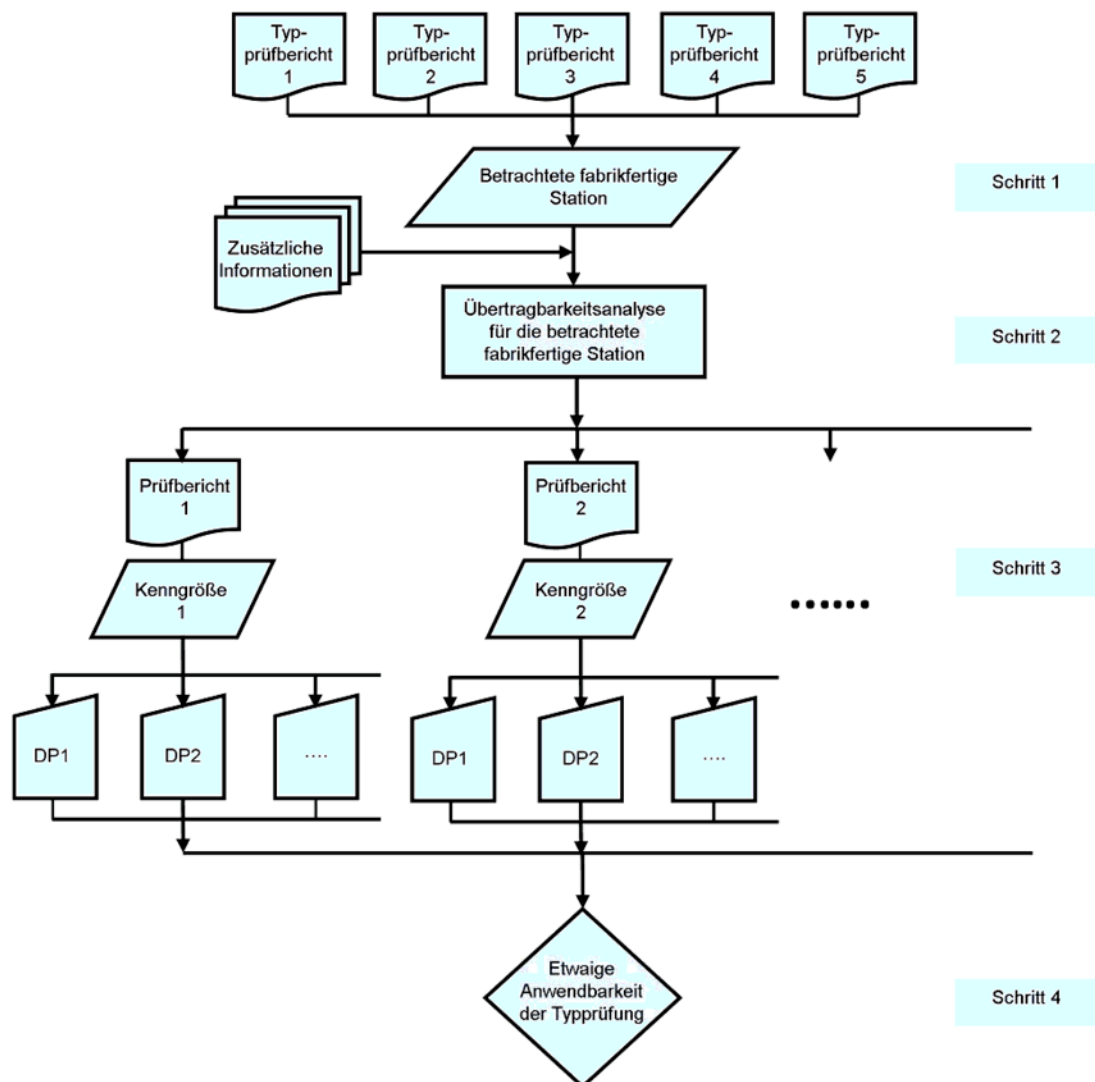


Bild 2 – Validierung einer fabrikfertigen Station anhand von vorhandenen Prüfberichten

5.3 Validierung einer Konstruktionsanpassung (Szenario c)

Das Szenario c darf auf die gleiche Weise wie das Szenario b untersucht werden; den Ausgangspunkt bildet in diesem Fall die fabrikfertige Station mit der Konstruktionsanpassung.

Anhang A (informativ)

Begründung der Erweiterungskriterien

A.1 Allgemeines

Die Definition der Annahmekriterien für die einzelnen in den [Tabellen 2 bis 7](#) aufgeführten Konstruktionsparameter beruht auf nachgewiesenen technischen und physikalischen Grundsätzen sowie auf Erfahrungen von Herstellern und Anwendern. Bei der Auswertung der Kriterien sollte von der grundsätzlichen Annahme ausgegangen werden, dass der Hersteller bei der Konstruktion der fabrikfertigen Station die gleichen technischen und physikalischen Grundsätze zugrunde gelegt hat, auf denen auch die Kriterien beruhen. Bei Zweifeln an den Annahmekriterien werden weitere Anhaltspunkte benötigt, beispielsweise in Form von Berechnungen oder detaillierten Zeichnungen, um die Übertragbarkeit der Typprüfungsergebnisse einschätzen zu können. Im Folgenden werden die technischen und physikalischen Grundsätze beschrieben, die der Auswahl der Erweiterungskriterien, d. h. der Konstruktionsparameter und der zugehörigen Annahmekriterien in den [Tabellen 2 bis 7](#), zugrunde liegen.

A.2 Erwärmung

A.2.1 Aufbau und Gehäuse

A.2.1.1 Allgemeines

Die Erwärmungseigenschaften einer fabrikfertigen Station hängen in starkem Maße von der Anordnung der Hauptbauteile und deren relativen Abständen zu Belüftungsöffnungen und Schlagweiten zum Gehäuse und Zwischenwänden ab, sofern vorhanden. Alle damit zusammenhängenden Konstruktionsparameter werden unter den Begriff „Aufbau“ gefasst.

A.2.1.2 Abmessungen und Geometrie (Merkmale [1.1](#) und [1.2](#))

Für die Zwecke dieses technischen Berichts werden fabrikfertige Stationen von innen (begehrbar) oder von außen (nicht begehrbar) bedient. Diese grundlegende Klassifikation kann auch Abschottungen aufgrund bestimmter Sicherheitsanforderungen oder Betriebsregeln für Bauteile umfassen. Die räumliche Anordnung, die Schlagweiten zwischen den Hauptbauteilen und die Abstände zu den Belüftungsöffnungen beeinflussen die Erwärmungseigenschaften der fabrikfertigen Station. Aufgrund dieser komplexen Kombination von Faktoren kann eine Übertragung von Typprüfungsergebnissen von Erwärmungsprüfungen nur bei gleichem Aufbau der fabrikfertigen Stationen erfolgen.

Die Geometrie der fabrikfertigen Stationen muss grundsätzlich vergleichbar sein, unabhängig davon, ob es sich um eine begehrbare oder nicht begehrbare fabrikfertige Station handelt. Außerdem ist der Rauminhalt der Schotträume für die Wärmeübertragung der Bauteile und der Station selbst von Belang. Daher ist eine Übertragung der Typprüfungsergebnisse möglich, wenn die betrachtete fabrikfertige Station den gleichen Aufbau und den gleichen oder einen größeren Rauminhalt als die typgeprüfte Station hat.

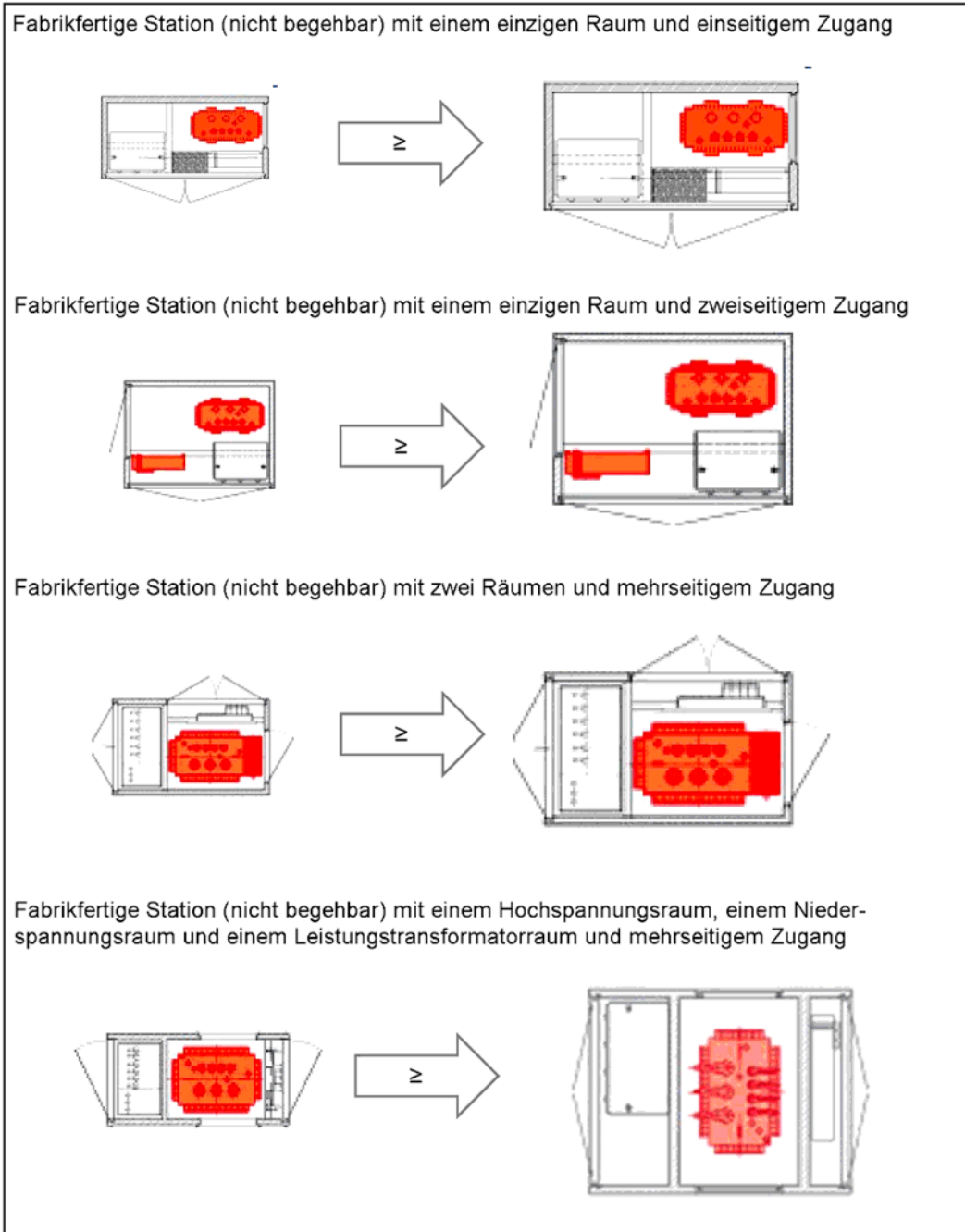


Bild A.1 – Verschiedene Aufbauten und Abmessungen nicht begehbarer fabrikfertiger Stationen

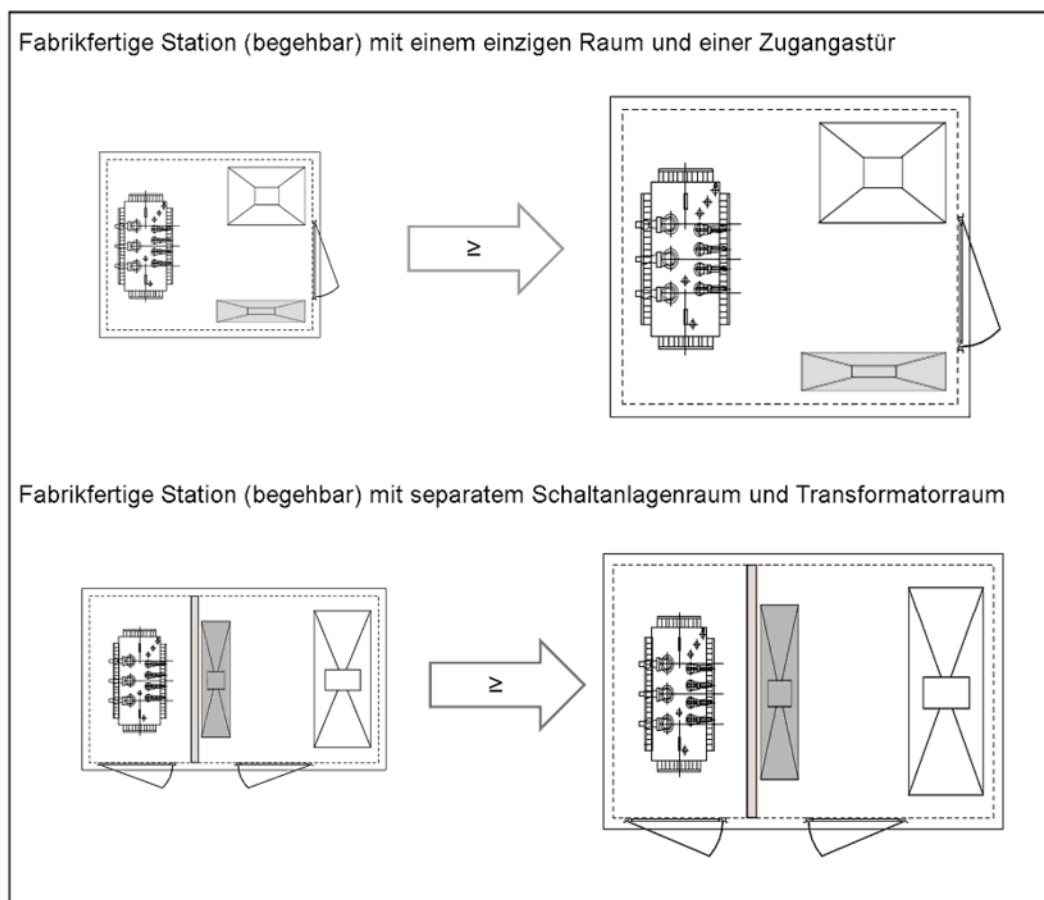


Bild A.2 – Verschiedene Aufbauten und Abmessungen begehrbarer fabrikfertiger Stationen

A.2.1.3 Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffs (Merkmal 1.3)

Die Wärmeleitfähigkeit $[W/m \cdot K]$ des Gehäuses der fabrikfertigen Station hängt von den Werkstoffeigenschaften ab. Das Gehäuse strahlt eine bestimmte Menge Wärme ab und beeinflusst damit die Erwärmungsprüfung der fabrikfertigen Station. Damit die Typprüfungsergebnisse als übertragbar bewertet werden können, muss die Wärmeleitfähigkeit des betrachteten Gehäuses mindestens so groß wie die der typgeprüften fabrikfertigen Station sein. In der Tabelle sind einige Beispiele aufgeführt.

Werkstoff	$[W/m \cdot K]$
Beton	0,7–1,8
Nichtrostendes Stahlblech	16
Aluminiumblech	205
Polyester	0,05

ANMERKUNG Bei der Betrachtung von Sonneneinstrahlung würde das Kriterium der Wärmeleitfähigkeit ins Gegenteil verkehrt. Aus diesem Grund und für die Zwecke dieses technischen Berichts liegt Sonneneinstrahlung außerhalb des Anwendungsbereichs.

A.2.1.4 Schutzgrad (IP-Code) (Merkmal 1.4)

Die Möglichkeit, Wärme aus der fabrikfertigen Station abzuleiten, ist für das elektrische Leistungsverhalten der Hauptbauteile und die Betriebskontinuität von entscheidender Bedeutung. Der Schutzgrad der betrachteten fabrikfertigen Station einschließlich Gehäuse, Türen, Belüftungsöffnungen, Durchführungen usw. muss kleiner gleich demjenigen der typgeprüften fabrikfertigen Station sein.

A.2.2 Belüftungsöffnungen (Merkmale 2.1, 2.2, 2.3 und 2.4)

Die Anzahl der Belüftungsöffnungen, ihre Abmessungen, ihre Bauart und ihre Anordnung im Gehäuse geben die Erwärmungsprüfung und die Gehäuseklasse der fabrikfertigen Station vor. Alle diese Parameter beeinflussen den natürlichen Belüftungsprozess; die Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen ist unter Berücksichtigung der folgenden grundlegenden Konstruktionsparameter möglich.

Der Großteil der von den Hauptbauteilen unter normalen Betriebsbedingungen erzeugten Leistungsverluste wird durch den Mechanismus der natürlichen Konvektion abgegeben. Die Erneuerung erwärmter Luft verhält sich direkt proportional zu den Freimaßen der Belüftungsöffnungen und dem Austausch mit kühlerer Luft. Die Querschnittsfläche einer Belüftungsöffnung ist die kleinste rechtwinklig zur Richtung des Luftstroms aufgespannte Fläche. Größere Belüftungsöffnungen haben keine negativen Auswirkungen auf die Luftzirkulation, solange das Verhältnis der Einlass- zur Auslassfläche gleich oder größer ist.

Der Luftstromwiderstand hängt von der Art der Belüftungskonstruktion ab. Der Widerstandsbeiwert (auch Durchflusswiderstandskoeffizient) $[\zeta]$ ist ein dimensionsloses Maß des Druckverlusts in einem Durchfluss-Bauteil wie einer Belüftungsöffnung. Die wirksame Querschnittsfläche einer Belüftungsöffnung ist das Produkt der Querschnittsfläche mit dem Widerstandsbeiwert.

Für die Ermittlung des Widerstandsbeiwerts der typgeprüften und der betrachteten fabrikfertigen Station sollte das gleiche Verfahren bzw. die gleiche Formel verwendet werden.

Wenn kein Widerstandsbeiwert vorliegt, muss die Art der Belüftungsöffnungen die gleiche sein. Im folgenden Bild sind verschiedene Konstruktionsarten dargestellt.

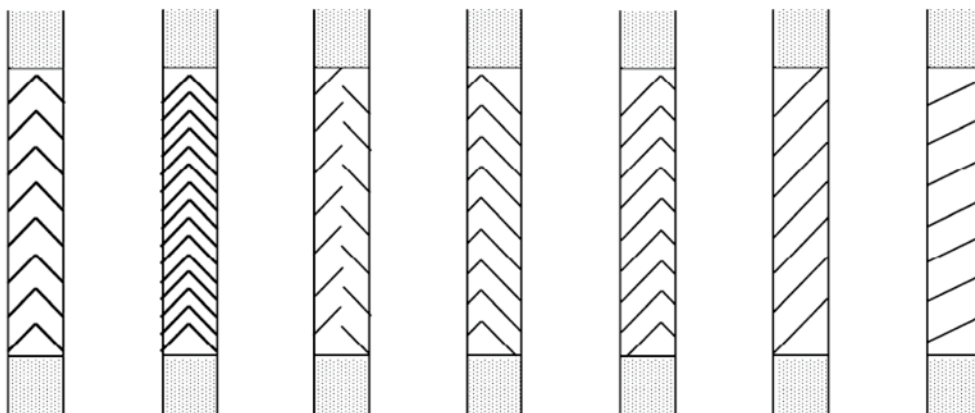


Bild A.3 – Konstruktionsarten von Belüftungsöffnungen

A.2.3 Höhenunterschied zwischen den Mittelpunkten der Lufteinlass- und Luftauslass-Belüftungsöffnungen (Merkmal 3)

Aus der Strömungsmechanik ist bekannt, dass der Luftdruck an der unteren Belüftungsöffnung höher ist als an der oberen Belüftungsöffnung. Aufgrund dieser Druckdifferenz wirkt eine resultierende Auftriebskraft auf das Objekt.

Die Bewegung von Luft in ein Gebäude hinein und aus einem Gebäude heraus entsteht dadurch, dass sich die Luftdichte innen und außen aufgrund von Temperatur- und Feuchteunterschieden unterscheidet. Je größer der Temperaturunterschied und die Höhe zwischen Lufteinlass und -auslass der fabrikfertigen Station sind, desto stärker ist die Bewegung von Luft in das Gehäuse hinein und aus dem Gehäuse heraus.

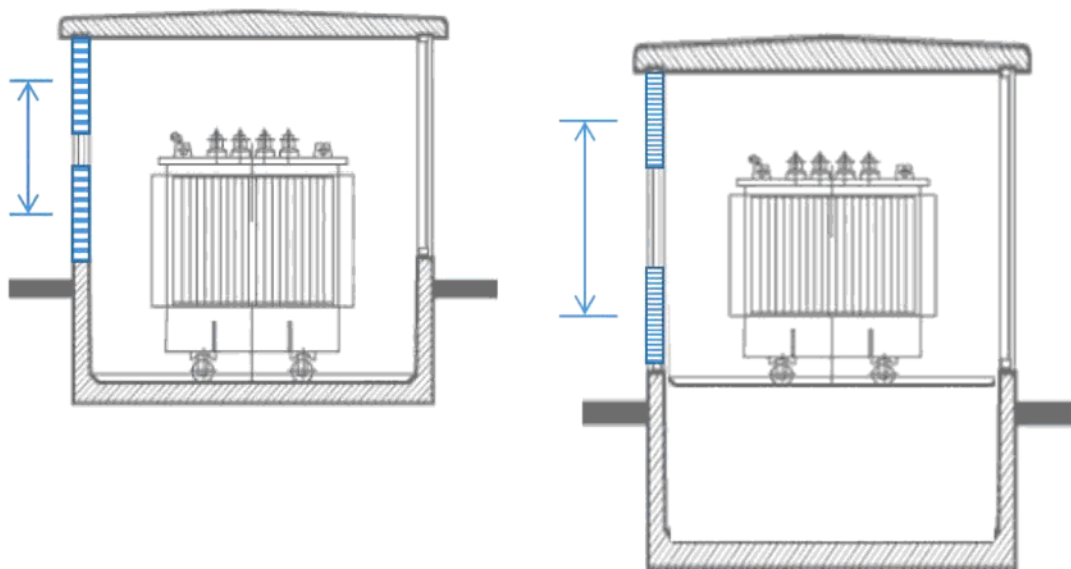


Bild A.4 – Abstand zwischen Lufteinlass- und Luftauslass-Belüftungsöffnungen

A.2.4 Schlagweite zwischen Niederspannungs-Schaltanlage und Leistungstransformator (Merkmal 4)

Die Niederspannungs-Schaltanlage, die Niederspannungsverbindung und der Leistungstransformator sind die größten Wärmequellen und beeinflussen damit die Erwärmungstypprüfung maßgeblich. Wenn die Niederspannungs-Schaltanlage und der Leistungstransformator im gleichen Schottraum angeordnet werden, kann dies eine thermische Interaktion nach sich ziehen, die die zulässige Erwärmung der Hauptbauteile nachteilig beeinflusst. Wenn diese beiden Hauptbauteile im gleichen Schottraum angeordnet werden, muss die Schlagweite zwischen ihnen deshalb mindestens so groß sein wie in der typgeprüften Anordnung.

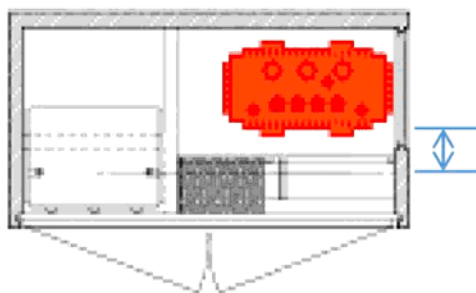


Bild A.5 – Schlagweite zwischen Niederspannungs-Schaltanlage und Leistungstransformator

A.2.5 Höhenunterschied zwischen dem Mittelpunkt des Kessels eines ölgefüllten Transformators bzw. dem Mittelpunkt der Wicklung eines Trockentransformators zum Mittelpunkt der zugehörigen Luftauslass-Belüftungsöffnung (Merkmal 5)

Wenn sich eingetretene kühlere Luft erwärmt, kommt es zu natürlicher Konvektion: Wärmeenergie wird aufgrund unterschiedlicher Fluidichte von unten nach oben übertragen. Je größer der Abstand ist, desto unterschiedlicher ist die Luftdichte und desto mehr Wärmeenergie wird übertragen. Damit die Typprüfungsergebnisse übertragen werden können, muss der Abstand zwischen der Wärmequelle (Mittelpunkt des Leistungstransformators) und dem Mittelpunkt des Luftauslasses in der betrachteten fabrikfertigen Station mindestens so groß sein wie in der typgeprüften Station.

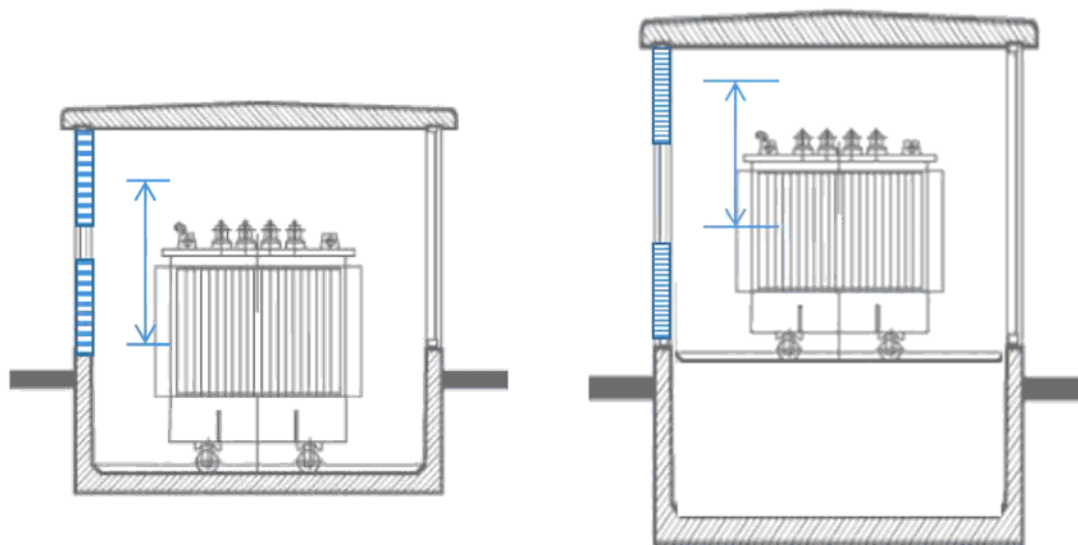


Bild A.6 – Höhenunterschied zwischen dem Leistungstransformator und den Luftauslass-Belüftungsöffnungen

A.2.6 Isoliertyp des Leistungstransformators (Merkmal 6)

Nach IEC 62271-202:2014 muss mit der Prüfung nachgewiesen werden, dass die Erwärmung des Transformators im Gehäuse die am gleichen Transformator außerhalb des Gehäuses gemessene Erwärmung höchstens um den Wert übersteigt, der die Gehäuseklasse bestimmt.

In den Produktnormen sind die Temperaturgrenzwerte für die verschiedenen Isoliertypen von Leistungstransformatoren definiert:

- Die obere Öltemperatur von flüssigkeitsgefüllten Transformatoren ist in IEC 60076-2:2011 und die von Trockentransformatoren in IEC 60076-11:2011 angegeben.
- Die Heißpunkttemperatur von flüssigkeitsgefüllten Transformatoren ist in IEC 60076-7:2018 und die von Trockentransformatoren in IEC 60076-12:2008 angegeben.

A.2.7 Gesamtverlust der Leistungstransformatoren (Merkmal 7)

Der Gesamtverlust der Leistungstransformatoren ist die Summe der Leerlaufverluste und Kurzschlussverluste nach Definition in IEC 60076-1:2011, 3.6.1 und 3.6.3.

A.2.8 Bemessungsstrom der Niederspannungs-Schaltgerätekombination (Merkmal 8)

Der Bemessungsstrom der Niederspannungs-Schaltanlage der Schaltgerätekombination wird in Übereinstimmung mit IEC 61439-1:2011, 5.3.1, definiert.

A.3 Dielektrische Eigenschaften

A.3.1 Allgemeines

Bei der Bewertung der Übertragbarkeit der Ergebnisse von dielektrischen Typprüfungen sollten Konstruktionsparameter wie die Schlagweite zwischen Phasen und die Schlagweite zur Erde sowie die zugehörigen Annahmekriterien berücksichtigt werden. Nachstehend werden die Grundsätze hinter den in Tabelle 3 aufgeführten Konstruktionsparametern beschrieben.

A.3.2 Schlagweiten (Merkmale 2 und 3)

Die Phase-Phase- und Phase-Erde-Schlagweiten stehen in direktem Zusammenhang mit der Spannungsfestigkeit. Durch größere Schlagweiten wird die Spannungsfestigkeit im Vergleich zur typgeprüften Anordnung der Verbindung erhöht, sofern alle anderen in [Tabelle 3](#) aufgeführten Konstruktionsparameter unverändert bleiben oder im Hinblick auf die dielektrischen Eigenschaften günstiger ausfallen.

Bei einer Verbindungsanordnung mit einer höheren Anzahl paralleler Phasenleiter je Phase oder einem größeren Leiterquerschnitt für höhere Bemessungsströme könnten die Phase-Phase- und die Phase-Erde-Schlagweiten kleiner sein. Selbst wenn die Leiter gleich angeordnet sind (d. h. vertikal, horizontal oder gebündelt), könnte die Spannungsfestigkeit im Vergleich zur typgeprüften Verbindungsanordnung niedriger ausfallen. Bei einer geringeren Anzahl von parallelen Leitern oder bei einem kleineren Leiterquerschnitt könnte das Gegenteil der Fall sein und die Übertragbarkeit der Ergebnisse dielektrischer Typprüfungen ist möglich. Wenn die Anordnung der Leiter eine wesentlich andere ist, kann die Übertragbarkeit der Ergebnisse von Typprüfungen der Verbindungen selbst bei gleich großen oder größeren Schlagweiten ohne weitere technische Analysen nicht bewertet werden.

Durch die Aufstellung zusätzlicher Erdungseinrichtungen oder Prüfpunkte wird die Schlagweite zur Erde möglicherweise verkürzt, wodurch die Spannungsfestigkeit im Vergleich zur typgeprüften Verbindung sinkt.

A.3.3 Isolierträger und Werkstoff (Merkmale 4 und 5)

Durch eine größere Kriechstrecke der Isolierträger steigt bei gleichen dielektrischen Eigenschaften des Werkstoffs die Spannungsfestigkeit im Vergleich zu den typgeprüften Trägern. Allerdings kann die Spannungsfestigkeit durch die Verteilung des elektrischen Felds entlang der Isolieroberfläche beeinflusst werden. Daher sollte die Verteilung nicht wesentlich verändert werden, z. B. durch Teile mit variablem Potenzial oder durch die Einbringung zusätzlicher Bauteile.

Der Isolierstoff sollte die gleichen oder bessere elektrische Eigenschaften als die Stoffe der typgeprüften Verbindung haben. Wenn diese Eigenschaften anhand der verfügbaren Spezifikationen nicht ermittelt werden können, ist wie in der Bedingung zu Merkmal 5 angegeben möglicherweise eine Prüfung der Eigenschaften erforderlich, um die Übertragung der Typprüfungsergebnisse zu ermöglichen.

Die Auswirkungen von Isolierzwischenlagen und/oder zusätzlicher Isolierung sind schwierig zu bewerten. Änderungen an der Konstruktion solcher isolierenden Teile schließen die Übertragung der Typprüfungsergebnisse in der Regel aus, außer wenn nachgewiesen werden kann, dass die Konstruktionsänderung unerheblich ist.

A.3.4 Aktive Teile (Merkmale 6 und 7)

Aktive Teile mit einer geringeren Oberflächenrauheit erzeugen eine gleichmäßigere Verteilung des elektrischen Felds. Lokal höhere elektrische Feldstärken werden dadurch vermieden und die Spannungsfestigkeit steigt.

Leiter mit einem größeren Radius, einschließlich Krümmungen und Winkel auf dem Pfad, führen zu einer geringeren lokalen elektrischen Feldstärke und die Spannungsfestigkeit steigt. Dies trifft auch für leitende Teile, die unter Spannung stehen, und sogar für geerdete leitfähige Teile zu. Der Einfluss geerdeter Teile muss bewertet werden, wenn sie aktiven Teilen gegenüberliegen und das elektrische Feld beeinflussen könnten.

A.4 Elektromagnetisches Feld

A.4.1 Allgemeines

Das von einer fabrikfertigen Station erzeugte elektromagnetische Feld umfasst die Werte des elektrischen und des magnetischen Felds außerhalb der fabrikfertigen Station. Das elektromagnetische Feld hängt von der Spannung, dem Strom, den Abmessungen, der physischen Anordnung und den verwendeten Werkstoffen ab.

In den folgenden Unterabschnitten werden die allgemeinen Grundsätze hinter den in [Tabelle 4](#) aufgeführten Konstruktionsparametern ausführlich definiert.

A.4.2 Aufbau der Station und Abstand der Bauteile zu den äußeren Gehäuseoberflächen (Merkmale 1 und 2)

A.4.2.1 Allgemeines

Fabrikfertige Stationen werden von innen (begehbare Bauart) oder von außen (nicht begehbare Bauart) bedient und können unterschiedliche Aufbauten, Schlagweiten zwischen Bauteilen und Abstände zu den äußeren Gehäuseoberflächen haben. Änderungen am Aufbau und/oder der relativen Position der Hauptbauteile wirken sich auf das elektromagnetische Feld an zugänglichen Oberflächen aus.

A.4.2.2 Aufbau (Merkmal 1)

Aufgrund der Komplexität der räumlichen Verteilung der durch die Hauptstrombahnen erzeugten elektromagnetischen Felder ist es schwierig, die Auswirkungen von Änderungen am Aufbau auf das elektromagnetische Feld außerhalb des Gehäuses vorherzusagen. Daher sind für die Zwecke der Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen keine grundlegenden Änderungen am Aufbau zulässig.

Im folgenden Bild sind einige Beispiele für alternative Aufbauten dargestellt, die keine Bewertung der Übertragbarkeit von Typprüfungsergebnissen zulassen.

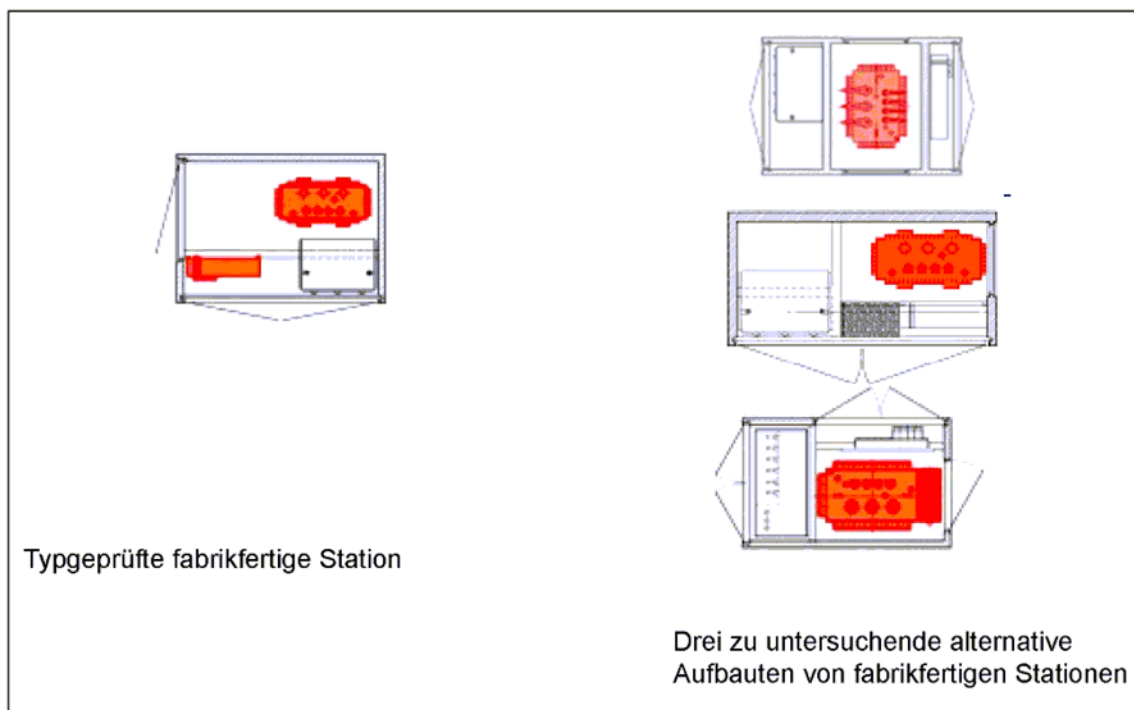


Bild A.7 – Alternative Aufbauten von fabrikfertigen Stationen

A.4.2.3 Abstände (Merkmal 2)

Das elektromagnetische Feld wird mit zunehmendem Abstand zur Quelle schwächer. Je größer der Abstand der Bauteile, die die Hauptstrombahnen beinhalten, zu den Gehäuseoberflächen ist, desto schwächer wird das elektromagnetische Feld außerhalb des Gehäuses. Deshalb müssen die Abstände zum Gehäuse in der betrachteten fabrikfertigen Station mindestens so groß sein wie in der typgeprüften fabrikfertigen Station.

Nachstehend ist das Abstandskriterium (Merkmal 2) für einen typischen Aufbau einer fabrikfertigen Station dargestellt. Alle Maße X2 oder XX2 müssen mindestens so groß sein wie die entsprechenden Maße X1 bzw. XX1.