

## **Technische Richtlinie**

# **Technische Spezifikation Drehstrom-Gießharz-Verteil- netztransformatoren**

Herausgeber:  
Stadtwerke Bayreuth  
Energie und Wasser GmbH  
Birkenstr. 2  
95447 Bayreuth

**Stand: Januar 2021**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>GRUNDSÄTZE .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN DER TRANSFORMATOREN.....</b>	<b>2</b>
3.1	Kühlung.....	2
3.2	Aufbau des Aktivteils.....	2
3.3	Wicklung.....	3
3.4	Kessel.....	3
3.5	Fahrrollen und Fahrgestell.....	4
3.6	Brand- und Umgebungsklasse .....	4
3.7	Abmessungen .....	5
<b>4</b>	<b>ELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN DER TRANSFORMATOREN .....</b>	<b>5</b>
4.1	Kurzschlussfestigkeit und thermische Belastung .....	5
4.2	Bemessungsfrequenz .....	5
4.3	Bemessungsspannung.....	5
4.4	Bemessungsleistung.....	5
4.5	Schaltgruppe.....	5
4.6	Wicklungen / Anzapfungen.....	6
4.6.1	<i>Allgemein</i> .....	6
4.6.2	<i>Übersetzung</i> .....	6
4.7	Kurzschlussspannung .....	6
4.8	Verluste .....	6
<b>5</b>	<b>ANSCHLÜSSE UND DURCHFÜHRUNGEN.....</b>	<b>7</b>
5.1	Anschlüsse OS und Durchführungen OS.....	7
5.2	Anschlüsse US und Durchführungen US.....	7
<b>6</b>	<b>VORZUNEHMENDE KENNZEICHNUNG .....</b>	<b>7</b>
6.1	Typenschild.....	7
6.2	Kennzeichnung der Phasen.....	8
<b>7</b>	<b>ZUBEHÖR .....</b>	<b>8</b>
<b>8</b>	<b>PRÜFUNGEN .....</b>	<b>8</b>
8.1	Stückprüfung.....	8
8.2	Abnahmeprüfung.....	8
8.3	Typprüfung .....	9
<b>9</b>	<b>VERPACKUNG/VERSAND UND TRANSPORT DER TRANSFORMATOREN .....</b>	<b>9</b>
<b>10</b>	<b>QUALITÄTSSICHERUNG UND TECHNISCHE DOKUMENTATION.....</b>	<b>9</b>

## Technische Spezifikationen Drehstrom-Gießharz-Verteilnetz- Transformatoren

### 1 Grundsätze

Die vorliegende technische Spezifikation für Drehstrom-Gießharz-Verteilnetztransformatoren definiert den eingesetzten Standard für das Netzgebiet der Stadtwerke Bayreuth. Abweichende Fabrikate zu dieser Richtlinie sind nicht zugelassen.

Die Bauweise hat jeweils nach DIN EN 50588-1 und DIN EN 60076 zu erfolgen (immer aktuelle Fassung). Zudem gelten die anerkannten Regeln der Technik. Darüber hinaus zu beachtendes Regelwerk ist nachfolgend dargelegt.

### 2 Allgemeine Anforderungen

Grundsätzlich sind alle nationalen und europaweit geltenden Normen, Bestimmungen, Vorschriften, Verordnungen und Gesetze einzuhalten. Das bedeutet, auch wenn innerhalb dieser technischen Spezifikation keine explizite Nennung zu einzelnen Punkten erfolgt, so ist trotzdem die Rechtslage zwingend einzuhalten. Weiterhin sind die technischen Spezifikationen der Bayernwerk Netz GmbH (vorgelagerter Netzbetreiber), welche sich mit den hier niedergeschriebenen Hinweisen in großen Teilen decken, einzuhalten.

Als Geschäfts- und Verkehrssprache findet ausschließlich Deutsch Anwendung.

Es gilt deutsches Recht. Gerichtsstand ist Bayreuth.

Es dürfen nur Materialien, welche zugelassen sind (aufgrund der vorliegenden Spezifikation und geltenden Rechtes), verwendet werden. Möchte ein Anbieter abweichend zum technischen Standard der Stadtwerke Bayreuth andere Materialien einsetzen, die er als gleichwertig erachtet, bedarf dies einer Zulassungsanfrage bei den Stadtwerken Bayreuth. Erst sobald eine offizielle Freigabe nach einhergehender Prüfung erfolgt, darf anderweitiges Material eingesetzt werden. Alle verwendeten Materialien müssen PCB-frei sein, bzw. der Anteil an PCB muss unter der Nachweisgrenze liegen.

Die Transformatoren sind sowohl für Innen-, als auch für Außenaufstellung geeignet.

### 3 Mechanische Eigenschaften der Transformatoren

#### 3.1 Kühlung

Es ist eine natürliche Kühlung (AN) vorzusehen. Weitere einzuhaltende Spezifika sind:

- Umgebungstemperatur  $-25\text{ °C} - 40\text{ °C}$
- Nachrüstung auf erzwungene Kühlung (AF) möglich

#### 3.2 Aufbau des Aktivteils

Der Kern ist als Aktivteil definiert. Grundsätzlich hat der Aufbau immer im Step-lap-Verfahren zu erfolgen. Über die gesamte Kernbreite muss eine konstante Presskraft garantiert sein, damit die Joche fest auf den Schenkeln sitzen können. Dafür muss die korrekte Verspannung am oberen und unteren Joch (gezogene U-Profilträger) durchgeführt werden, so zu verspannen, dass über die komplette Breite eine konstante Presskraft sichergestellt wird.

Die oberen und unteren Presskonstruktionen sind durch Gewindestangen so miteinander zu verbinden, dass der optimale Sitz der Spulen auf dem Kern gewährleistet ist und eine gleichmäßige Verspannung sichergestellt wird. Nutzung von Spannband ist untersagt.

## Technische Spezifikationen Drehstrom-Gießharz-Verteilnetz-Transformatoren

Die Anschlussstücke für die US-Wicklungen müssen fest am Kernpresseisen abgestützt sein, um Verschiebungen bei einem Kurzschluss zu vermeiden. Mittels Kaltpressschweißung muss die Ausleitungsschiene mit dem Wicklungsende verbunden werden.

Die Spulen müssen zum Kern hin gestützt und verkeilt werden, wobei fester Sitz zu garantieren ist.

In Längs- als auch in Querrichtung ist ein fester Sitz zu garantieren. Das bedarf einer dementsprechenden Befestigung des Aktivteils am Deckel. In alle Richtungen muss gegenüber dem Kessel eine Abstützung vorzusehen, damit korrekter/mittiger Sitz des Aktivteils erzielt werden kann.

Der Transformator muss beim Transport für einen maximalen Neigungswinkel von 45° ausgelegt sein (in Längs- und Querrichtung).

### 3.3 Wicklung

Standardmäßig ist für OS- als auch für US-Wicklung Aluminium (Draht mit Lack umhüllt) das zu verwendende Material. Bei Sonderfällen und auf explizite Anfrage der Stadtwerke Bayreuth sind alternativ Kupfer bzw. eine Mischform Cu/Al oder umgekehrt ebenfalls zugelassen. In jedem Fall sind Hot-Spots in den Wicklungen zu vermeiden. Auf ausreichende Kühlung ist zu achten.

Verwendete Isoliermaterialien müssen Isolierstoffklasse F entsprechen. Die OS-Spule muss unter Vakuum vergossen sein, um einen lunkerfreie Harzprägnation über das gesamte Isoliersystem sicherzustellen. Für die US-Wicklung kommt als Isolationsmindestanforderung ausschließlich „Epoxidharz-Vorimprägniertes Mehrlagen-Isolationsmaterial“ der Klasse F (höherwertig zulässig) in Frage.

### 3.4 Kessel

Zum Kessel zählt per Definition neben dem Kessel selbst auch der Kesseldeckel. Dieser Kesseldeckel ist mit dem Kessel zu verschweißen. Ein Abweichen hiervon ist nur nach Absprache zwischen Stadtwerken und Lieferant möglich. Es ist dabei der Nachweis zu erbringen, dass es keine Probleme hinsichtlich Dichtigkeit des Kessels gibt. Die genannten Anforderungen aus DIN EN 50464-4 gilt es vollumfänglich zu erfüllen. Zusatz- und Anbauteile müssen korrosionsbeständig sein.

Zur Versteifung der Kühlrippen sind an allen vier Seiten des Kessels oben und unten Versteifungseisen vorzusehen.

Die Wellwände müssen aus Stahlblech > 1,0 mm Dicke bestehen. Blechqualität soll den Eigenschaften DC03 gemäß DIN EN 10130 genügen. Dies ist als Mindestanforderung zu sehen, höherwertig jederzeit möglich.

Alle Schrauben, Unterlegscheiben und Kleinteile müssen aus A2 sein. Falls Schrauben und Bolzen aus A2 sind, müssen die Muttern oder Gewindebuchsen aus A4 sein, um die Lösbarkeit zu gewährleisten. Schrauben und Bolzen sind gegen Festfressen zu sichern.

Der Kessel muss so beschaffen sein, dass der Transformator, ohne dabei beschädigt zu werden, in Längs- und Querrichtung bewegt werden kann.

Die Seriennummer muss auf dem Kesseldeckel mittels Einstanzung gut lesbar aufgebracht werden.

An allen vier Ecken des Kesseldeckels müssen für den Transport Zurrösen aus Flachstahl von mindestens 10 mm Dicke und mit einer Öffnung von mindestens 30 mm angebracht sein. Eine Abspannung nach unten muss ohne Hilfskonstruktion möglich sein.

## Technische Spezifikationen Drehstrom-Gießharz-Verteilnetz-Transformatoren

Auf dem Kesseldeckel sind vier Hebeösen mit einer Öffnung  $\geq 50$  mm anzuschweißen. Jeweils zwei davon sind für die Fassung des gesamten Trafogewicht ausgelegt. Bei Anhebung muss Trafo in senkrechter Position verbleiben, dementsprechend hat die Anordnung der Hebeösen zu erfolgen.

Die Transformatoren müssen zwei Erdungsbuchsen mit Gewinde M12 nach DIN EN 50216-4 Typ B1 besitzen. Hinsichtlich der Platzierung gilt folgendes:

- Jede Buchse mit Sechskantschraube M12 ausgestattet und eindeutig gekennzeichnet
- Platzierung am Presseisen oder Rollenquerträger

### 3.5 Fahrrollen und Fahrgestell

Als Fahrgestell sind unterhalb des Kessels zwei U-Profilträger angeschweißt. Ausreichende Bodenfreiheit des jeweiligen Transformators muss beachtet werden (mind. 55 mm). An den äußeren Enden des U-Profilträgers ist seitlich jeweils eine Metallplatte anzubringen, damit etwaiges Kippen gesichert vermieden werden kann. Die Auslegung wird so vorgenommen, dass ein Transport standardmäßig mit einem Gabelstapler erfolgen kann. Es ist darauf zu achten, dass die Ansatzpunkte für den Gabelstapler mit Gabelstaplerpiktogramm am Kessel gekennzeichnet werden.

Der geforderte Mitten- und Rollenabstand variieren entsprechend der Leistungsgröße der Transformatoren. Es gelten folgende Vorgaben:

Leistung [kVA]	Mitten- und Rollenabstand [mm]
$\leq 250$	520
400 - 1250	670

Konstruktion der Fahrrollen so, dass sowohl Längs- als auch Querfahrt möglich ist. Als Rollenmaterial ist verzinkter Stahl oder Gusseisen einzusetzen. Kunststoffrollen sind nicht zugelassen.

### 3.6 Brand- und Umgebungsclassse

Der Transformator ist wie folgt auszulegen:

- in Brandklasse F1 gem. DIN EN 60076-11
- nach Umgebungsclassse E2

Für Feuerverzinkungen gilt die Ausführung gemäß DIN EN ISO 1461.

## Technische Spezifikationen Drehstrom-Gießharz-Verteilnetz-Transformatoren

### 3.7 Abmessungen

Maximalabmessungen und Gewichte aller Leistungsklassen sind nachfolgend tabellarisch aufgeführt. Zulässig ist dabei eine Toleranz von +10 %.

Nennleistung [kVA]	Maximale Abmessungen [mm]			Gesamtgewicht [t]
	Länge	Breite	Höhe	
100	1300	750	1400	1,0
160	1300	750	1500	1,1
250	1450	850	1700	1,7
400	1500	850	1750	1,7
630	1600	850	2100	2,3
800	1700	850	2100	3,0
1000	1800	1000	2000	3,0
1250	1900	1000	2150	3,6

## 4 Elektrische Eigenschaften der Transformatoren

### 4.1 Kurzschlussfestigkeit und thermische Belastung

Die Transformatoren sind sowohl für Dauerbelastung als auch für eine kurzzeitige Überlastung bei natürlicher Kühlung ausgelegt.

Die thermischen und dynamischen Kurzschlusseinflüssen gemäß DIN EN 60076-5 müssen von sämtlichen Transformatoren verkraftet werden können. Es gilt explizit:

- Höchstzulässige Temperatur des Isolationssystems (Klasse F): 155 °C
- Höchstzulässige Temperatur der Al-Wicklung/Cu-Wicklung: 200 °C / 350 °C
- Dauer des symmetrischen Kurzschlussstroms: 2 s

### 4.2 Bemessungsfrequenz

Die Bemessungsfrequenz beträgt 50 Hz.

### 4.3 Bemessungsspannung

Per Definition sind alle Transformatoren für eine Bemessungsspannung von 24 kV ausgelegt.

### 4.4 Bemessungsleistung

Das Leistungsspektrum reicht von 100 kVA bis 1250 kVA. Die einzelnen Leistungsgrößen lassen sich dabei aus der Tabelle von Abschnitt 3.7 entnehmen.

### 4.5 Schaltgruppe

Standardmäßig erfolgt die Ausführung in Schaltgruppe Dyn 5. Der Sternpunktleiter ist für die Phasenspannung und den Bemessungsstrom auszulegen. Phasen- und Sternpunktanschluss besitzen den gleichen Querschnitt.

## Technische Spezifikationen Drehstrom-Gießharz-Verteilnetz-Transformatoren

### 4.6 Wicklungen / Anzapfungen

#### 4.6.1 Allgemein

Die nachfolgend beschriebenen Transformatoren verfügen über je eine Ober- und Unterspannungswicklung.

#### 4.6.2 Übersetzung

Sämtliche Transformatoren sind mit einem Übersetzungsverhältnis von 20 kV/0,4 kV auszubilden.

### 4.7 Kurzschlussspannung

Für die relative Kurzschlussspannung  $u_k$  sind bei einer Bezugstemperatur von 75 °C folgende Werte ohne Toleranz einzuhalten:

- Bemessungsleistung  $\leq 630$  kVA:  $u_k = 4$  %
- Bemessungsleistung  $> 630$  kVA:  $u_k = 6$  %

### 4.8 Verluste

Hinsichtlich der einzuhaltenden Verluste gilt die folgende tabellarische Aufstellung. Es gilt Ökodesign-Richtlinie der EU (in Ausführung AA0Ak – bereits ab 04/2019 bei den Stadtwerken Bayreuth) für die Verlustleistungen. Für den Schalleistungspegel erfolgt die Berücksichtigung von DIN VDE 0532-221.

## Technische Spezifikationen Drehstrom-Gießharz-Verteilnetz-Transformatoren

Bemessungsleistung [kVA]	Leerlaufverluste $P_0$ [W]	Kurzschlussverluste $P_K$ [W]	Schallleistungspegel $L_{wA}$ [dB(A)]
100	252	1800	51
160	360	2600	54
250	468	3400	57
400	675	4500	60
630	990	7100	62
800	1170	8000	64
1000	1395	9000	65
1250	1620	11000	67

## 5 Anschlüsse und Durchführungen

### 5.1 Anschlüsse OS und Durchführungen OS

Es sind drei Anschlussfahnen zu realisieren. Die Oberspannungsanschlüsse müssen von oben und von unten anschließbar sein. Als Material für die Anschlussfahnen dient Kupfer.

Standardmäßig sind OS-Durchführungen gem. DIN EN 50180 auszuführen.

### 5.2 Anschlüsse US und Durchführungen US

Niederspannungsseitig sind vier Flachanschlüsse nach DIN 46206-2 zu realisieren. Bis zu einer Nennleistung von 630 kVA muss die Niederspannungskupferschiene für Aufsteck-Stromwandler im Format 50 x 10 mm geeignet sein; ab 800 kVA passende Konstruktion für Aufsteck-Stromwandler im Format 60 x 10 mm.

Die US-Durchführungen sind als Keramikdurchführungen zu realisieren (gem. DIN EN 50386).

## 6 Vorzunehmende Kennzeichnung

### 6.1 Typenschild

Das Typenschild ist in Deutsch auszuführen. Es hat DIN EN 60076-1 zu entsprechen und muss Umwelteinflüssen ausreichend standhalten (z.B. UV-Strahlung, Regen, Temperaturbeständigkeit). Zwingend erforderlich sind folgende Daten auf dem Typenschild:

- Baujahr
- Bemessungsfrequenz
- Bemessungsleistung
- Bemessungsspannung
- Bemessungsstrom
- Betriebsart
- Dauerkurzschlussstrom
- Isolationspegel
- Gesamtgewicht
- Herstellungsort
- Kühlungsart
- Kurzschlussspannung
- Maximale Kurzschlussdauer
- Normangabe (Herstellung/Prüfung)

## Technische Spezifikationen Drehstrom-Gießharz-Verteilnetz-Transformatoren

- Schalleistungspegel
- Schaltgruppe
- Schutzart
- Seriennummer
- Typenbezeichnung
- Brand-, Umgebungs- und Klimaklasse
- Wicklungsmaterialien OS/US

### 6.2 Kennzeichnung der Phasen

Die Phasenkennzeichnungen der US-Seite erfolgt von links nach rechts, wie folgt:

- 2W – 2V – 2U – 2N

Die OS-Seite wird von der Niederspannungsseite aus gesehen von rechts nach links bezeichnet:

- 1W – 1V – 1U

Alle Phasenkennzeichen müssen gut lesbar eingestanzt werden.

## 7 Zubehör

Auf Wunsch kann ein Schutzgehäuse für den Transformator beim Hersteller gefordert werden. Dies muss explizit angefragt werden und Schutzgrad IP 33 entsprechen. Standardmäßig ist bei Anfragen ansonsten kein Schutzgehäuse vorgesehen.

Zur Erfassung der Wicklungstemperaturen sind zwei Kaltleiterfühler pro Phase zu realisieren. Der Abgriff ist auf einer Klemmleiste aufzulegen.

## 8 Prüfungen

Es wird zwischen Stück-, Abnahme- und Typprüfung unterschieden. Auf Anforderung der Stadtwerke Bayreuth sind vom Hersteller die zugehörigen Dokumente (in digitaler und schriftlicher Form) für die nachfolgend beschriebenen Prüfungen entsprechend der Durchführung vorzulegen.

### 8.1 Stückprüfung

Die Stückprüfung hat nach DIN EN 60076-11 zu erfolgen.

### 8.2 Abnahmeprüfung

Eine Abnahmeprüfung ist nur auf Verlangen der Stadtwerke Bayreuth vorzunehmen. Der Umfang der zu prüfenden Transformatoren hängt vom Lieferumfang ab und beträgt im Minimum eine Einheit.

Die durchzuführenden Prüfungen sind:

- Stückprüfungen gemäß DIN EN 60076-11
- Blitzstoßspannungsprüfung gemäß DIN EN 60076-4
- Geräuschmessung gemäß DIN EN 60076-10
- Nachweis der Schalleistung gem. Anforderung aus Abschnitt 4.8 in dB (A), Messung an sechs gleichmäßig um den Transformator verteilten Punkten im Abstand von 0,3 m
- Teilentladungsmessung gemäß DIN EN 60076-3

## Technische Spezifikationen Drehstrom-Gießharz-Verteilnetz-Transformatoren

### 8.3 Typprüfung

Auf Wunsch der Stadtwerke Bayreuth sind Typprüfungen durchzuführen. Diese können ausschließlich auf folgenden Gründen beruhen:

- erstmaliger Lieferung eines neuen Transformatorentyps
- relevante konstruktive Änderungen mit Auswirkungen auf mechanische, thermische oder elektrische Eigenschaften

Die Typprüfungen sind nach den zum Zeitpunkt der Beauftragung geltenden Regeln der Technik durchzuführen.

## 9 Verpackung/Versand und Transport der Transformatoren

Kunststoffverpackungen sind nicht zugelassen. Durchweg gilt, dass qualitativ so zu verpacken ist, dass keine Transportschäden auftreten können. Eine Transportanweisung ist nach Herstellerangaben an den verrichtenden Dienstleister mitzuliefern und von diesem einzuhalten.

Bei der Durchführung von Transporten ist eine ordnungsgemäße Sicherung der Ladung zu gewährleisten. Eine kostenlose Rücknahme der Verpackungs- und Befestigungsmaterialien und Transportmittel wird durch den Hersteller/Lieferant gewährleistet.

Die Transformatoren müssen gemäß Bestellung komplett ausgerüstet und montiert angeliefert werden.

## 10 Qualitätssicherung und technische Dokumentation

Alle Änderungen an abgestimmten gelieferten Designs müssen den Stadtwerken Bayreuth sofort angezeigt werden. Erst nach Freigabe dürfen sie im Netzgebiet eingesetzt werden.

Von Seiten des Herstellers ist ein ressourcensparender Umgang mit der Umwelt anzustreben. Bestenfalls kann der Hersteller ein Umwelt-Management-System gemäß ISO 14001 für die Produkte vorweisen.

Alle geforderten produktspezifischen Dokumentationen, Nachweise und Prüfprotokolle sind den Stadtwerken Bayreuth auf Verlagen in digitaler und/oder schriftlicher Form zu übergeben. Die gesamte Dokumentation muss dabei in deutscher Sprache ausgeführt sein. Zur standardmäßig geforderten Dokumentation zählen insbesondere:

- Prüfprotokoll
- Maßbild
- Bedienungsanleitung

Sollten Gewährleistungsmängel auftreten, müssen Schadensprotokolle inkl. Fotos digital an die Stadtwerke Bayreuth übergeben werden.