

**DIN EN IEC 60076-22-5  
(VDE 0532-76-22-5)**
**DIN**

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

**VDE**

ICS 29.180

Einsprüche bis 2019-10-16

**Entwurf**

**Leistungstransformatoren –  
Teil 22-5: Zubehörteile von Leistungstransformatoren und Drosselspulen –  
Pumpen  
(IEC 14/998/CD:2019);  
Text Deutsch und Englisch**

Power transformers –  
Part 22-5: Power transformer and reactor fittings –  
Pumps  
(IEC 14/998/CD:2019);  
Text in German and English

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-08-16 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 38 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

## Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ... .

## Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC "Power transformers – Part 22-5: Power transformer and reactor fittings – Pumps" (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 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom IEC/TC 14 "Power transformers" der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine "JA/NEIN"-Entscheidung möglich ist, wobei eine "NEIN"-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 321 "Transformatoren" der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

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

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

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

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

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.

## Inhalt

Seite

|                 |                                                                                                                          |    |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1               | Anwendungsbereich.....                                                                                                   | 4  |
| 2               | Normative Verweisungen .....                                                                                             | 4  |
| 3               | Begriffe .....                                                                                                           | 4  |
| 4               | Betriebsbedingungen .....                                                                                                | 5  |
| 4.1             | Allgemeines.....                                                                                                         | 5  |
| 4.2             | Schutzart der elektrischen Bauteile (IP).....                                                                            | 5  |
| 4.3             | Äußerer Korrosionsschutz.....                                                                                            | 5  |
| 4.4             | Innerer Korrosionsschutz .....                                                                                           | 5  |
| 4.5             | Eigenschaften der Isolierflüssigkeit.....                                                                                | 5  |
| 5               | Allgemeine Kennwerte und Anforderungen .....                                                                             | 5  |
| 5.1             | Informationen auf dem Leistungsschild .....                                                                              | 5  |
| 5.2             | Richtung von Flüssigkeitsstrom und Rotation.....                                                                         | 6  |
| 5.3             | Allgemeine mechanische Anforderungen .....                                                                               | 6  |
| 5.4             | Abdeckungen/Gehäuse.....                                                                                                 | 7  |
| 5.5             | Anschlusskasten .....                                                                                                    | 7  |
| 5.6             | Werkstoffe .....                                                                                                         | 7  |
| 5.7             | Vorzugsgrößen.....                                                                                                       | 7  |
| 5.8             | Anforderungen an das Betriebsverhalten .....                                                                             | 7  |
| 5.8.1           | Allgemeines.....                                                                                                         | 7  |
| 5.8.2           | Hydraulisches Betriebsverhalten .....                                                                                    | 8  |
| 5.8.3           | Hydraulische Austauschbarkeit.....                                                                                       | 8  |
| 5.8.4           | Elektrisches Betriebsverhalten.....                                                                                      | 9  |
| 5.8.5           | Geräusch.....                                                                                                            | 9  |
| 5.9             | Prüfungen .....                                                                                                          | 9  |
| 5.9.1           | Liste der Prüfungen.....                                                                                                 | 10 |
| 5.9.2           | Stückprüfungen .....                                                                                                     | 10 |
| 5.9.3           | Typprüfungen .....                                                                                                       | 11 |
| 5.9.4           | Sonderprüfungen .....                                                                                                    | 12 |
|                 | Anhang A (informativ) Vorzugsgrößen von Anbaupumpen.....                                                                 | 13 |
|                 | Anhang B (informativ) Vorzugsgrößen von Einbaupumpen.....                                                                | 14 |
|                 | Anhang C (informativ) Erforderliche Angaben für Anfrage, Angebot und Bestellung .....                                    | 15 |
|                 | Anhang D (informativ) Beispiel für die Anwendung von Toleranzen bei hydraulischer Austauschbarkeit.....                  | 16 |
| <b>Bilder</b>   |                                                                                                                          |    |
|                 | Bild 1 – Hydraulische Austauschbarkeit über den zulässigen Betriebsbereich .....                                         | 8  |
|                 | Bild 2 – Hydraulische Austauschbarkeit über den tatsächlichen Strömungsbereich .....                                     | 9  |
|                 | Bild A.1 – Maße von Anbaupumpen.....                                                                                     | 13 |
|                 | Bild B.1 – Maße von Einbaupumpen .....                                                                                   | 14 |
|                 | Bild D.1 – Druck-Fördervolumen-Kennlinien .....                                                                          | 16 |
|                 | Bild D.2 – Toleranzen entsprechend den Angaben in 5.8.3 angewendet auf Pumpe A.....                                      | 17 |
|                 | Bild D.3 – Überlagerung der Kennlinie von Pumpe A durch eine Druck-Fördervolumen-Kennlinie von Pumpe B.....              | 17 |
|                 | Bild D.4 – Überlagerung der Kennlinie von Pumpe A durch eine Druck-Fördervolumen-Kennlinie von Pumpe C und Pumpe D ..... | 18 |
|                 | Bild D.5 – Strömungsbereich.....                                                                                         | 18 |
| <b>Tabellen</b> |                                                                                                                          |    |
|                 | Tabelle A.1 – Maße von Vorzugsgrößen von Anbaupumpen (mm).....                                                           | 13 |
|                 | Tabelle B.1 – Maße von Vorzugsgrößen von Einbaupumpen (mm).....                                                          | 14 |

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60076-22 gilt für elektrische Pumpen, die an flüssigkeitsgefüllte Leistungstransformatoren nach IEC 60076-1 und Drosselspulen nach IEC 60076-6 mit oder ohne Ausdehnungsgefäß für die Innenraum- oder Freiluftinstallation montiert werden.

Er umreißt die Betriebsanforderungen für das elektrische und hydraulische Betriebsverhalten, die mechanische Auslegung und die Stückprüfungen und Typprüfungen. Zusätzlich sind Betriebsverhalten und Maße von bevorzugten Größen von Pumpensätzen in informativen Anhängen festgelegt. (Siehe [Anhang A](#) und [Anhang B](#)).

Die in der vorliegenden Norm behandelten Pumpen sind Kreiselpumpen (rotationsdynamische Pumpen), die von einem Käfigläufer-Induktionsmotor angetrieben werden, der in die Isolierflüssigkeit eingetaucht ist.

Der vorliegenden Norm entsprechende Pumpensätze, können als Einbaupumpe oder als Anbaupumpe ausgeführt sein.

## 2 Normative Verweisungen

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

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

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

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

IEC 60034-1:2010, *Rotating electrical machines. Rating and performance*

IEC 60034-5, *Rotating electrical machines. Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) - Classification*

IEC 60034-8, *Rotating electrical machines - Part 8: Terminal markings and direction of rotation*

IEC 60034-9, *Rotating electrical machines. Noise limits*

IEC 60279, *Measurement of the winding resistance of an AC machine during operation at alternating voltage*

EN 809:1998, *Pumpen und Pumpenaggregate für Flüssigkeiten - Allgemeine sicherheitstechnische Anforderungen*

ISO 179, *Determination of Charpy impact strength*

ISO 185, *Grey cast iron - Classification*

ISO 281, *Rolling bearings - Dynamic load ratings and rating life*

ISO 3522, *Cast aluminium alloys - Chemical composition and mechanical properties*

ISO 4406, *Hydraulic fluid power - Fluids - Methods for coding the level of contamination by solid particles*

ISO 7005-2, *Metallic flanges - Part 2: Cast iron flanges*

ISO 9906, *Rotodynamic pumps - Hydraulic performance acceptance tests - Grades 1 & 2*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

### 3.1

#### **elektrische Pumpe für Transformatoren**

ein Bauteil, das für den Umlauf von Isolierflüssigkeit im Kühlsystem und im Transformator sorgt. Dabei werden zwei Pumpenausführungen berücksichtigt:

### 3.2

#### **Einbaupumpe Inlinepumpe**

Pumpe, bei welcher Ansaug- und Förderflansch auf der gleichen Achse liegen. Sie kann in Zentrifugal- oder Propellerbauweise ausgeführt sein; wobei die Achse der Flansche üblicherweise mit der Rotationsachse des Pumpenläufers (Pumpenrotors) übereinstimmt

### 3.3

#### **Anbaupumpe Endsaugpumpe**

Pumpe, bei welcher die Achsen von Ansaug- und Förderflanschen senkrecht zueinander stehen. Sie kann nur in Zentrifugalbauweise ausgeführt sein; wobei die Achse des Ansaugflansches mit der Rotationsachse des Pumpenläufers übereinstimmt

## **4 Betriebsbedingungen**

### **4.1 Allgemeines**

Die in IEC 60076-1, 4.2, festgelegten üblichen Betriebsbedingungen bilden den Normalbetrieb der in dieser Norm festgelegten Betriebsmittel ab. Zu ungewöhnlichen Betriebsbedingungen, die besondere Berücksichtigung bei der Auslegung der Betriebsmittel erfordern, siehe IEC 60076-1, 5.5; wobei der Betrieb unter derartigen ungewöhnlichen Betriebsbedingungen zwischen Abnehmer und Lieferer vereinbart werden muss, weil diese eine besondere Berücksichtigung bei der Auslegung der Betriebsmittel erfordern.

### **4.2 Schutzart der elektrischen Bauteile (IP)**

Sofern der Abnehmer nichts anderes festgelegt hat, muss der Anschluss- oder Klemmenkasten für Freiluftinstallationen mindestens der in IEC 60529 festgelegten Schutzart IP 54 entsprechen.

### **4.3 Äußerer Korrosionsschutz**

Die zum Bau der Betriebsmittel und für deren Oberflächenbehandlung verwendeten Werkstoffe müssen gegen zufälligen Kontakt mit der Isolierflüssigkeit beständig sein und den in 4.1 angegebenen Umweltbedingungen standhalten können. Den Korrosionsschutz müssen Abnehmer und Hersteller in Übereinstimmung mit ISO 12944 miteinander vereinbaren. Die Verantwortung für die Festlegung des angemessenen Korrosionsschutzes liegt beim Abnehmer und sie ist abhängig von der Umgebung, in welcher der Transformator eingesetzt wird, und von der geforderten Dauerhaftigkeit. Sofern kein Schutzgrad für die Korrosion festgelegt ist, muss die Beständigkeit mindestens der Kategorie C4 für mittlere Schutzdauer entsprechen.

### **4.4 Innerer Korrosionsschutz**

Es muss sichergestellt werden, dass Pumpen sauber und frei von Fremdkörpern und Verunreinigungen sind.

Den für das Kühlerinnere vorgesehenen Korrosionsschutz müssen Abnehmer und Hersteller unter Berücksichtigung der Lagerungsbedingungen und des erwarteten Zeitintervalls zwischen Auslieferung und Inbetriebnahme miteinander vereinbaren. Sofern vom Abnehmer gefordert, müssen Innenflächen aus Gusseisen mit einem ölbeständigen Schutzsystem beschichtet sein.

Als Mindestanforderung gilt, dass Vorkehrungen getroffen werden müssen, um das Eindringen von Feuchte und das Entstehen von Korrosion im Inneren zu verhindern, indem Abdeckplatten mit Dichtungen verwendet werden.

### **4.5 Eigenschaften der Isolierflüssigkeit**

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

Falls es sich bei der Isolierflüssigkeit nicht um ein Mineralöl handelt, müssen die Viskositätsschwankung, die Betriebstemperatur und alle sonstigen Betriebskennwerte vom Abnehmer angegeben werden.

## **5 Allgemeine Kennwerte und Anforderungen**

### **5.1 Informationen auf dem Leistungsschild**

Das Leistungsschild muss korrosions- und säurebeständig sein. Es muss sichtbar sein, wenn die Pumpe am Transformator angebracht ist, und es muss die folgenden Informationen anzeigen:

- Name oder Logo des Herstellers;
- das Land und den Ort der Herstellung;
- die Nummer dieser Norm;
- die Kennung des Herstellers;
- Seriennummer des Herstellers;
- das Herstellungsjahr;
- Schutzart durch Gehäuse (IP-Code) gemäß IEC 60034-5;
- Bemessungsdurchfluss [ $\text{m}^3/\text{h}$ ] bei 60 °C;
- Bemessungsdruck [kPa];
- CE-Kennzeichnung (sofern anwendbar);
- Temperaturklasse;
- Bemessungsleistung oder Bereich der Bemessungsleistung;
- Bemessungsspannung oder Bereich der Bemessungsspannung;
- Bemessungsfrequenz;
- Bemessungsstrom oder Bereich des Bemessungsstroms;
- Bemessungsdrehzahl oder Bereich der Bemessungsdrehzahl;
- Leistungsfaktor  $\varphi$ ;
- Gewicht [kg], sofern über 30 kg.

Anhand der Kennung des Geräteherstellers müssen sich die Kennwerte der Einrichtung aus dem vom Lieferer bereitgestellten Montage-, Betriebs- und Wartungshandbuch entnehmen lassen.

## 5.2 Richtung von Flüssigkeitsstrom und Rotation

Die Richtung des Flüssigkeitsstroms und die Rotationsrichtung müssen dauerhaft am Gehäuse gekennzeichnet sein oder in Kombination mit dem Leistungsschild angegeben werden.

## 5.3 Allgemeine mechanische Anforderungen

Elektrische Pumpen für Isolierflüssigkeit sind Nassläufer-Kreiselpumpen, die von einem Käfigläufer-Induktionsmotor angetrieben werden. Deshalb müssen Motorkühlung und Lagerschmierung mittels des Umlaufs der Flüssigkeit erfolgen.

Die Lebensdauer der Lager muss bei Bemessungsbedingungen ISO 281 entsprechen. Wenn Gleitlager verwendet werden, muss die Lebensdauer mindestens 200 000 Stunden betragen. Kugellager müssen Standardausführungen mit einer Lebensdauer von mindestens 50 000 Stunden sein. Die erwartete Lebensdauer der Pumpe darf bei üblichen Betriebsbedingungen nicht die erwartete Lebensdauer des Transformators beschränken.

Es ist wesentlich, dass die Pumpen jederzeit sauber und frei von Verunreinigungen und Feuchtigkeit gehalten werden.

Pumpen müssen für den Einbau in horizontaler oder vertikaler Ausrichtung der Achse des rotierenden Teils geeignet sein. Sofern andere Einbaulagen verwendet werden sollen, muss dies dem Hersteller zur Kenntnis gebracht werden.

Eine entgegengesetzte Rotation der Pumpe darf nicht zur Beschädigung der Pumpe führen.

Auf besonderes Verlangen des Abnehmers kann eine mechanische oder elektrische Einrichtung eingebaut werden, welche die Pumpenrotation anzeigt.

Die Propellerpumpen, die verwendet werden, um den Flüssigkeitsstrom für das Kühlvermögen von Radiatoren zu unterstützen (z. B. mit Bemessungsdruck von 50 kPa oder geringer), müssen in Impellerbauweise ausgeführt sein, wodurch die Behinderung des Flüssigkeitsstroms bei Stillstand der Pumpe auf ein Mindestmaß verringert wird.

Alle Pumpen müssen die Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen nach EN 809 erfüllen.

## 5.4 Abdeckungen/Gehäuse

Abdeckungen/Gehäuse müssen unter Betriebsbedingungen dazu in der Lage sein, einem Mindestarbeitsdruck von 300 kPa ohne Leckage standzuhalten.

Ansaug- und Förderflansche müssen für Anbaupumpen PN10 und für Einbaupumpen PN6 oder PN10 nach ISO 7005-2 entsprechen. Die Flansche müssen im Allgemeinen dafür geeignet sein, die Pumpe im Normalbetrieb zu stützen. Bei einer Pumpenausführung, die ein zusätzliches Stützen erfordert, z. B. bei Hochleistungs-Anbaupumpen, muss dies vom Hersteller mitgeteilt werden.

ANMERKUNG Es liegt in der Verantwortung des Designers von Transformator/Kühlkreislauf sicherzustellen, dass die Pumpe ordnungsgemäß gestützt wird.

Ablass- und Entlüftungsverbindungen müssen derart bereitgestellt werden, dass sie für die zulässigen Einbaulagen geeignet sind.

## 5.5 Anschlusskasten

Der Hersteller muss die zulässigen Positionen für Anschlusskasten und Kabeleinführung festlegen, vorzugsweise von unten.

Der Anschlusskasten muss mindestens zwei Kabeleinführungen mit metrischem Gewinde aufweisen.

Eine Erdungsklemme muss bereitgestellt werden.

Klemmen, einschließlich der Erdungsklemme, müssen für ein Anschließen von Kabeln mit einem Querschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup>, 2,5 mm<sup>2</sup>, 4,0 mm<sup>2</sup> oder 6,0 mm<sup>2</sup> geeignet sein, entsprechend dem anzuschließenden elektrischen Strom. Alle Klemmen müssen ohne Weiteres zugänglich sein.

Ein dauerhaftes Kennzeichnungsschild in Übereinstimmung mit HD 53.8 muss an der Innenseite des Anschlusskastendeckels angebracht werden, welches die für eine ordnungsgemäße Rotation der Pumpe erforderlichen Anschlüsse zeigt.

## 5.6 Werkstoffe

Die Pumpenabdeckung/das Pumpengehäuse darf entweder aus Gusseisen nach ISO 185, mindestens Klasse 200, oder aus Aluminiumlegierung nach ISO 3522, Al-Si, gefertigt sein. Weitere geeignete Werkstoffe, die zwischen Abnehmer und Hersteller vereinbart werden, dürfen verwendet werden.

Äußere Befestigungsmittel müssen aus nichtrostendem Stahl gefertigt sein.

Rotierende Teile müssen in Ganzmetallbauweise ausgeführt sein, um den Beitrag zu einer Neigung des Gesamtsystems zu elektrostatischer Aufladung auf ein Mindestmaß zu verringern.

Der Anschlusskasten muss aus einem geeigneten Metall oder aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) gefertigt sein, welches/welcher eine Mindestschlagfestigkeit nach Charpy von 10 Joule/cm<sup>2</sup> in Übereinstimmung mit ISO 179 aufweist.

## 5.7 Vorzugsgrößen

Die in der vorliegenden Norm angegebenen Vorzugsgrößen von Pumpen entsprechen den gebräuchlichsten Anforderungen. Leistungen und Maße für diese Pumpen sind in [Anhang A](#) für Anbaupumpen und in [Anhang B](#) für Einbaupumpen angegeben.

Pumpen mit anderen Bemessungsleistungen und/oder Maßen dürfen nach Vereinbarung zwischen Abnehmer und Hersteller eingesetzt werden. Solche Pumpen müssen allen anderen Anforderungen der vorliegenden Norm entsprechen.

## 5.8 Anforderungen an das Betriebsverhalten

### 5.8.1 Allgemeines

Die Bemessungsbedingungen werden bestimmt durch die Bemessungsdruckentlastung des Kühlkreislaufs bezogen auf die spezifischen Eigenschaften der Flüssigkeit bei 60 °C.

Es liegt in der Verantwortung des Designers von Transformator/Kühlkreislauf, die Rohrleitungen und ihre Druckentlastung so auszulegen, dass ein ordnungsgemäßer Betrieb der Pumpe sichergestellt wird. Im Bereich vor und hinter der Pumpe muss eine ungehinderte Strömung möglich sein. Insbesondere der Ansaugbereich muss frei von Bauteilen sein, die möglicherweise Turbulenzen verursachen. Es muss eine

Haltedruckhöhe der Pumpe bereitgestellt werden. Im Fall von Kollektorpumpen muss deren Rohrleitungsdurchmesser einen unabhängigen Betrieb der angeschlossenen Pumpen zulassen.

### 5.8.2 Hydraulisches Betriebsverhalten

Leistungskennlinien und Nenn-Bemessungsdaten für das hydraulische Betriebsverhalten müssen für eine Flüssigkeitstemperatur von 60 °C und mit bei Bemessungsspannung versorgtem Motor angegeben werden. Leistungskennlinien müssen den zulässigen Betriebsbereich festlegen, der durch den Pumpenhersteller angegeben wird.

Die Pumpen müssen unter Betriebsbedingungen kavitationsfrei arbeiten.

Kavitation kann verhindert werden durch geringe Geschwindigkeiten der Flüssigkeit, geringen Druckabfall vor dem Pumpeneinlass, ungehinderten Strömungsbereich am Einlass und geringen Gasgehalt.

### 5.8.3 Hydraulische Austauschbarkeit

Wenn eine Pumpe gegen eine andere ausgetauscht wird, ist es wichtig, dass die Strömungsgeschwindigkeiten im Kühlkreislauf nicht wesentlich verändert werden. Dies ist möglicherweise erreichbar, indem sichergestellt wird, dass die Pumpenkennlinien ausreichend ähnlich sind.

Im Sinne der vorliegenden Norm gilt die hydraulische Austauschbarkeit als erreicht, wenn für jeden Punkt des zulässigen Betriebsbereichs eine Pumpenkennlinie die Strömungswerte innerhalb von  $\pm 10\%$  oder die Druckwerte innerhalb von  $\pm 8\%$  einer anderen als Bezugsgröße gewählten Kennlinie zeigt (siehe Bild 1).

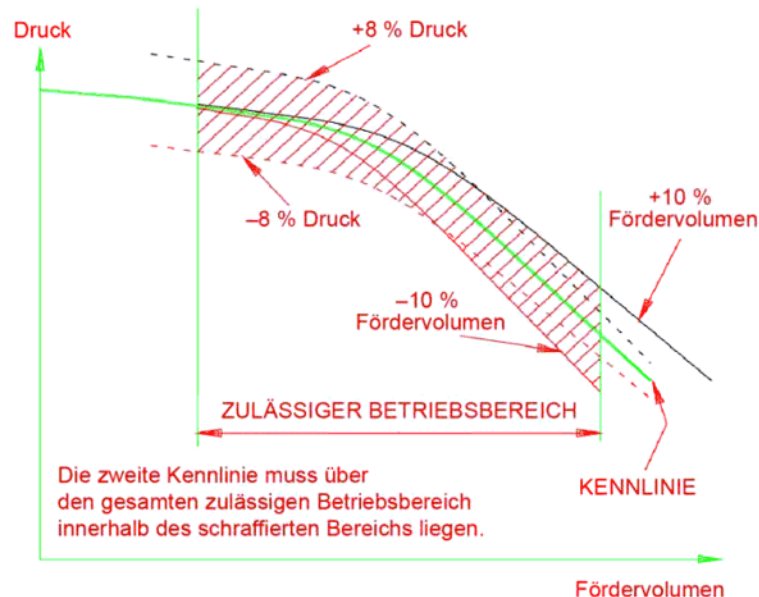


**Bild 1 – Hydraulische Austauschbarkeit über den zulässigen Betriebsbereich**

Wenn in einer besonderen Anwendung ausreichende Kenntnisse über den tatsächlichen Strömungsbereich vorliegen, dürfen die Pumpenkennlinien als austauschbar definiert werden, sofern die vorgenannte Bedingung über den tatsächlichen Strömungsbereich erfüllt wird (siehe Bild 2).

Anhang D enthält Beispiele für die Anwendung dieser Toleranzen bei hydraulischer Austauschbarkeit.

Es sollte beachtet werden, dass eine hydraulische Austauschbarkeit weder elektrische noch mechanische Austauschbarkeit sicherstellt.

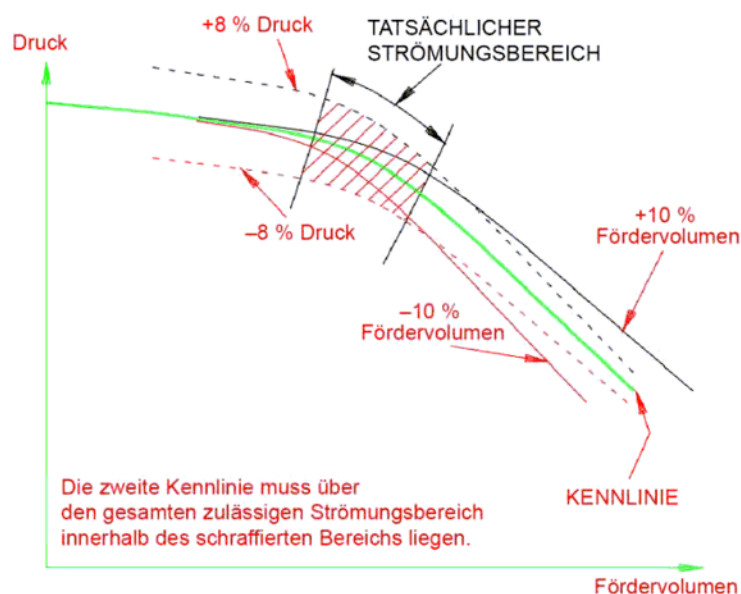


**Bild 2 – Hydraulische Austauschbarkeit über den tatsächlichen Strömungsbereich**

## 5.8.4 Elektrisches Betriebsverhalten

### 5.8.4.1 Elektrische Versorgung

Die Pumpen müssen für direktes Einschalten mit einer Versorgungsspannung zwischen 85 % und 110 % der Nennspannung innerhalb 94 % bis 102 % der Nennfrequenz geeignet sein. Zusätzlich muss die Pumpe in der Lage sein, bei 85 % Nennspannung mit Öltemperaturen bis zu  $-20\text{ °C}$  und bei 90 % Nennspannung bis auf einen Tiefstwert von  $-25\text{ °C}$  ohne schädliche Erwärmung anzulaufen.

Motoren müssen in der Lage sein, im Fall einer Systemstörung, die zu einem vorübergehenden Versorgungsspannungsausfall für die Dauer von bis zu drei Sekunden führt, gefolgt von einer plötzlichen Spannungswiederkehr von anfänglich 80 % der Bemessungsspannung, in den Normalbetrieb zurückzukehren.

### 5.8.4.2 Isolationsklasse und Erwärmung

Die Ständerwicklungsisolierung muss mit HD 566 S1, Klasse B oder F, übereinstimmen und muss nicht-hygroskopisch sein.

Die Erwärmung der Motorwicklung während des Betriebs in einer Flüssigkeit bei  $115\text{ °C}$  darf die Flüssigkeitstemperatur bei Isolierung der Klasse B nicht um mehr als 15 K und bei Klasse F nicht um mehr als 40 K überschreiten.

### 5.8.4.3 Anlaufstrom

Der Anlaufstrom bei Bemessungsspannung darf das Siebenfache des Bemessungs-Volllaststroms des Motors nicht überschreiten, wobei die in IEC 60034-1 angegebenen Toleranzen gelten, wie zutreffend.

## 5.8.5 Geräusch

Die Schallleistungspegel dürfen die Werte nach IEC 60034-9 nicht überschreiten.

## 5.9 Prüfungen

Es ist unbedingt erforderlich, dass alle Prüfstände sauber und frei von Verunreinigungen und Fremdkörpern gehalten werden. Das zur Prüfung verwendete Öl muss entsprechend Grad 12-10 von ISO 4406 gefiltert werden.

Die folgenden Stückprüfungen müssen durchgeführt werden, sofern der Abnehmer nicht darauf verzichtet.

## 5.9.1 Liste der Prüfungen

### 5.9.1.1 Stückprüfungen

Die folgende Liste von Prüfungen gibt keine besondere Reihenfolge an:

- Messung des Wicklungswiderstands (kalt) (5.9.2.1);
- Drehrichtung (5.9.2.2);
- Bezugspunkt für das Betriebsverhalten (5.9.2.3);
- Prüfung mit angelegter Spannung (5.9.2.4);
- Öldichtheitsprüfung (5.9.2.5);
- Prüfung der mechanischen Zuverlässigkeit (5.9.2.6).

### 5.9.1.2 Typprüfungen

Die folgende Liste von Prüfungen gibt keine besondere Reihenfolge an:

- Prüfung des hydraulischen Betriebsverhaltens (5.9.3.1);
- Leerlaufprüfung (5.9.3.2);
- Prüfung bei festgebremstem Läufer (5.9.3.3);
- Prüfung des Anlaufstroms (5.9.3.4);
- Erwärmungsprüfung (5.9.3.5);
- Prüfung der mechanischen Zuverlässigkeit (5.9.3.6);
- Kaltstartprüfung (5.9.3.7);
- Geräuschmessung (5.9.3.8).

### 5.9.1.3 Sonderprüfungen

Jegliche zusätzliche Prüfungen, die zwischen Abnehmer und Hersteller vereinbart werden.

## 5.9.2 Stückprüfungen

### 5.9.2.1 Messung des Wicklungswiderstands (kalt)

Auf 20 °C bezogene Widerstandswerte müssen gemessen werden.

### 5.9.2.2 Drehrichtung

Es muss nachgewiesen werden, dass die Drehrichtung richtig ist, wenn die Pumpe, wie auf dem Schild im Anschlusskastendeckel gezeigt, angeschlossen ist.

Sofern montiert, muss nachgewiesen werden, dass die Einrichtung zur Anzeige der richtigen Drehrichtung eindeutig betriebsfähig ist, wobei die Pumpe sowohl in der richtigen als auch in der entgegengesetzten Drehrichtung betrieben wird.

### 5.9.2.3 Bezugspunkt für das Betriebsverhalten

Die Pumpe muss in Übereinstimmung mit Klasse 2 nach ISO 9906 geprüft werden, mit der Ausnahme, dass die Prüfflüssigkeit Transformatorenöl bei 60 °C gemäß den Festlegungen in der vorliegenden Norm sein muss und die Drehzahlmessungen nicht gefordert werden müssen. Die Prüfung muss unter Bedingungen eines Fördervolumens gleich Null mit Messung des Drucks, der aufgenommenen Leistung und des Stroms durchgeführt werden, wobei die Werte aufgezeichnet werden müssen.

### 5.9.2.4 Prüfung mit angelegter Spannung

Mit der vollständig zusammengebauten Pumpe, ölentleert, muss eine dielektrische Prüfung nach IEC 60034-1 durchgeführt werden.

### 5.9.2.5 Öldichtheitsprüfung

Die vollständig zusammengebaute Pumpe muss einer hydrostatischen Druckprüfung unterzogen werden unter Verwendung von Transformatorenöl mit einer Mindesttemperatur von 60 °C. Die Prüfung muss bei einem Mindestdruck von 500 kPa (Messgerätanzeige) für eine Dauer von 3 h ausgeführt werden.

### 5.9.2.6 Mechanische Zuverlässigkeit

Die Pumpe muss durch Drehen mit der Hand auf freien Lauf des drehenden Teils geprüft werden. Wenn die Pumpe läuft, muss sie auf jegliche ungewöhnliche Geräusche überprüft werden.

Der Hersteller muss das Prüfverfahren angeben, das angewendet wurde, um die Zuverlässigkeit der Laufradbefestigung sicherzustellen. Diese Prüfung muss insbesondere zeigen, dass keine Bewegung des Laufrades (Impeller) relativ zur Welle auftritt, wenn die Pumpe versehentlich in umgekehrter Drehrichtung anläuft.

### 5.9.3 Typprüfungen

#### 5.9.3.1 Prüfung des hydraulischen Betriebsverhaltens

Die Pumpe muss in Übereinstimmung mit Klasse 2 nach ISO 9906 geprüft werden, mit der Ausnahme, dass die Prüfflüssigkeit gemäß den Festlegungen in der vorliegenden Norm Transformatoröl bei 60 °C sein muss. Messungen von Fördervolumen, Drehzahl, Wirkungsgrad, aufgenommener Leistung, Strom und  $\cos \varphi$  müssen bei mindestens sechs Messpunkten aufgezeichnet werden, welche den Strömungsbereich von Null bis zum höchsten Fördervolumen abdecken.

Die Prüfung muss bei Bemessungsspannung und -strom durchgeführt werden.

#### 5.9.3.2 Leerlaufprüfung

Bei flüssigkeitsentleerter Pumpe und bei Bemessungsfrequenz und -spannung, müssen der Strom und die elektrische Leistungsaufnahme gemessen und aufgezeichnet werden bei Bemessungsspannung  $U_n$ , und bei  $U_n/2$ , bei  $U_n - 10\%$ , bei  $U_n + 10\%$ , bei  $U_n - 20\%$ , bei  $U_n + 20\%$ .

#### 5.9.3.3 Prüfung bei festgebremstem Läufer

Bei festgebremstem Läufer, müssen der Strom und die elektrische Leistungsaufnahme gemessen und aufgezeichnet werden bei Bemessungsspannung  $U_n$  und bei  $U_n/2$ , bei  $U_n - 20\%$ , bei  $U_n + 20\%$ .

#### 5.9.3.4 Prüfung des Anlaufstroms

Der Anlaufstrom muss bei Bemessungsspannung gemessen werden.

Sofern vom Abnehmer gefordert, muss diese Prüfung zusätzlich oder alternativ zur in 5.9.3.3 beschriebenen Prüfung durchgeführt werden.

#### 5.9.3.5 Erwärmungsprüfung

Eine Erwärmungsprüfung muss für eine Stunde bei Nennspannung durchgeführt werden. Während dieser Prüfung müssen Fördervolumen und Druck auf die Nennwerte eingestellt sein.

Dieser Prüfung muss unmittelbar eine einstündige Erwärmungsprüfung bei  $U_n - 20\%$  folgen und eine weitere einstündige Prüfung bei  $U_n + 20\%$ . Während diesen Prüfungen dürfen Fördervolumen und Druck nicht eingestellt werden.

Die mittlere Erwärmung der Ständerwicklung für Öl bei  $60\text{ °C} \pm 5\text{ K}$  muss durch die Messmethode der Widerstandsänderung bestimmt werden, d. h. Bestimmung der Erwärmung der Wicklung aufgrund der Widerstandserhöhung entsprechend IEC 60034-1 und IEC 60279.

Die Erwärmung darf 15 K bei Klasse-B-Isolierung oder 40 K bei Klasse-F-Isolierung nach HD 566 nicht überschreiten.

#### 5.9.3.6 Mechanische Zuverlässigkeit

Zusätzlich zu den in 5.9.2.6 beschriebenen Prüfungen müssen die Pumpen nach IEC 60034-1:2010, Abschnitt 21, für zwei Minuten ohne Öl bei 125 % der Nenndrehzahl betrieben werden.

#### 5.9.3.7 Kaltstartprüfung

Die Pumpe muss bei Mindestspannung mit der niedrigsten Flüssigkeitstemperatur gestartet werden. Die Pumpe muss die volle Drehzahl erreichen, ohne Überhitzung oder irgendein anderes negatives Anzeichen.

Ein vollständiger hydraulischer Prüfkreis ist nicht gefordert, aber es müssen Vorkehrungen getroffen werden (Messblenden usw.), um den dem Nennbetrieb entsprechenden Systemwiderstand zu simulieren.

Sofern vom Abnehmer gefordert, müssen Mittel (z. B. Thermoelemente) zur Überwachung der Wicklungstemperatur bereitgestellt werden.

Strom, Drehzahl, Öl-Eintrittstemperatur, Öl-Austrittstemperatur und, falls zutreffend, Wicklungstemperatur müssen fortlaufend aufgezeichnet werden, bis die Pumpe mit Nenndrehzahl läuft.

#### **5.9.3.8 Geräuschmessung**

Der Schallleistungspegel muss durch Prüfung nach **IEC 60034-9** bestimmt werden.

#### **5.9.4 Sonderprüfungen**

Zusätzliche Prüfungen dürfen zwischen Abnehmer und Hersteller vereinbart werden.