

DIN EN ISO 9906



ICS 23.080

Ersatz für
DIN EN ISO 9906:2002-08

**Kreiselpumpen –
Hydraulische Abnahmeprüfungen –
Klassen 1, 2 und 3 (ISO 9906:2012);
Deutsche Fassung EN ISO 9906:2012**

Rotodynamic pumps –
Hydraulic performance acceptance tests –
Grades 1, 2 and 3 (ISO 9906:2012);
German version EN ISO 9906:2012

Pompes rotodynamiques –
Essais de fonctionnement hydraulique pour la réception –
Niveaux 1, 2 et 3 (ISO 9906:2012);
Version allemande EN ISO 9906:2012

Gesamtumfang 68 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

Nationales Vorwort

Diese Norm beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitee ISO/TC 115 „Pumps“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 197 „Pumpen“ im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten EN ISO 9906:2012.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Ausschuss NA 060-11-01 AA „Kreiselpumpen“ im Fachbereich „Pumpen“ des Normenausschusses Maschinenbau (NAM) im DIN wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Pumpen sowie der Berufsgenossenschaften sind an der Erarbeitung beteiligt.

Die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen sind, sofern diese gleichzeitig als Europäische Normen übernommen worden sind, als DIN-EN-ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 9906:2002-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anwendungsbereich: Aufnahme weiterer Abnahmeklassen;
- b) Normative Verweisungen: überarbeitet und gekürzt;
- c) Abschnitt 3: Definitionen überarbeitet;
- d) Abschnitt 4.3: Schwankungsamplituden neu definiert, Messunsicherheiten überarbeitet; Gesamtunsicherheiten angepasst; Toleranzen für Abnahmeklassen neu gefasst; Einführung von Vorgaben für Abnahmeklassen überarbeitet;
- e) Anhänge neu geordnet; Anhang A (normativ) – Prüfanordnungen; Neuer Anhang D – Messausrüstungen; Neuer Anhang H – Bezeugte Pumpenprüfung;
- f) Literaturhinweise stark erweitert.

Frühere Ausgaben

DIN 1944: 1938, 1943, 1952, 1968-10
DIN EN ISO 9906: 2002-08

Deutsche Fassung

Kreiselpumpen —
Hydraulische Abnahmeprüfungen —
Klassen 1, 2 und 3
(ISO 9906:2012)

Rotodynamic pumps —
Hydraulic performance acceptance tests —
Grades 1, 2 and 3
(ISO 9906:2012)

Pompes rotodynamiques —
Essais de fonctionnement hydraulique pour la réception —
Niveaux 1, 2 et 3
(ISO 9906:2012)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. März 2012 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen.....	5
3 Begriffe, Symbole und Indizes	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Größenbezogene Benennungen	7
3.3 Symbole und Indizes	13
4 Pumpenmessungen und Abnahmekriterien	14
4.1 Allgemeines	14
4.2 Garantien	15
4.3 Messunsicherheit.....	16
4.4 Abnahmeklassen und Toleranzen für die Prüfung des Leistungsverhaltens	19
4.5 Vorgabe-Prüfabnahmeklassen für das Pumpeneinsatzgebiet.....	25
5 Durchführung der Prüfungen	26
5.1 Allgemeines	26
5.2 Datum der Prüfung	26
5.3 Prüfprogramm	26
5.4 Prüfeinrichtung	26
5.5 Aufzeichnungen und Prüfbericht (Prüfprotokoll).....	27
5.6 Prüfanordnungen.....	27
5.7 Prüfbedingungen	27
5.8 NPSH-Prüfungen.....	28
6 Analyse	30
6.1 Umrechnung der Prüfergebnisse auf die Garantiebedingungen.....	30
6.2 Erreichen festgelegter Eigenschaften	31
Anhang A (normativ) Prüfanordnungen	32
Anhang B (informativ) NPSH-Prüfanordnungen	42
Anhang C (informativ) Kalibrierungsintervalle.....	46
Anhang D (informativ) Messausrüstung	47
Anhang E (informativ) Prüfungen, die an der gesamten Ausrüstung durchgeführt werden — „String-Test“	53
Anhang F (informativ) Protokollierung der Prüfergebnisse im Prüfbericht	56
Anhang G (informativ) Spezielle Prüfverfahren	60
Anhang H (informativ) Bezeugte Pumpenprüfung	61
Anhang I (informativ) Umrechnung in SI-Einheiten	62
Anhang J (informativ) Messunsicherheit für die NPSH-Prüfung.....	64
Literaturhinweise	65

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 9906:2012) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 115 „Pumps“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 197 „Pumpen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2012 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder] CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 9906:1999.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 9906:2012 wurde vom CEN als EN ISO 9906:2012 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Die Prüfungen in dieser Internationalen Norm sind für die Bestimmung des Leistungsverhaltens der Pumpe und zum Vergleich dieses Verhaltens mit der Herstellergarantie vorgesehen.

Die benannte Garantie für eine beliebige Größe gilt als erfüllt, wenn die gemessene Leistung bei Prüfung nach dieser Internationalen Norm innerhalb der für die betreffende Größe festgelegten Toleranz liegt (siehe 4.4).

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Prüfungen des hydraulischen Leistungsverhaltens für die Abnahme von Kreisel-pumpen (Radial-, Halbaxial- und Axialpumpen, im Folgenden als „Pumpen“ bezeichnet) durch den Kunden fest.

Diese Internationale Norm ist für die Anwendung bei der Abnahmeprüfung von Pumpen in Pumpenprüfeinrichtungen, wie z. B. in den Pumpenprüfeinrichtungen der Hersteller oder in Laboratorien, vorgesehen.

Sie kann auf Pumpen jeder Größe sowie auf alle durch die Pumpen geförderten Flüssigkeiten angewendet werden, die sich wie reines kaltes Wasser verhalten.

Die vorliegende Internationale Norm legt drei Abnahmeklassen fest:

- die Klassen 1B, 1E und 1U für engere Toleranzbereiche;
- die Klassen 2B und 2U für breitere Toleranzbereiche;
- die Klasse 3B für noch breitere Toleranzbereiche.

Diese Internationale Norm gilt entweder allein für die Pumpe ohne Armaturen/Formstücke oder für eine Kombination aus Pumpe und allen oder einem Teil der zugehörigen stromaufwärts und/oder stromabwärts angeordneten Armaturen/Formstücke.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

ISO 17769-1, *Liquid pumps and installation — General terms, definitions, quantities, letter symbols and units — Part 1: Liquid pumps*

ISO 17769-2, *Liquid pumps and installation — General terms, definitions, quantities, letter symbols and units — Part 2: Pumping system*

3 Begriffe, Symbole und Indizes

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe, Größen und Symbole nach ISO 17769-1 und ISO 17769-2 und die folgenden Begriffe, Größen und Symbole.

ANMERKUNG 1 Tabelle 1 enthält eine alphabetisch geordnete Liste der verwendeten Symbole und Tabelle 2 enthält eine Liste der Indizes; siehe 3.3.

ANMERKUNG 2 Alle Gleichungen sind in kohärenten SI-Einheiten angegeben. Die Umrechnung weiterer Einheiten in SI-Einheiten ist Anhang I zu entnehmen.

3.1.1 Allgemeine Benennungen

ANMERKUNG Sämtliche der unter 3.1.1 aufgeführten Prüfungsarten gelten für den Garantiepunkt zur Erfüllung der Kundenspezifikation(en).

3.1.1.1

Garantiepunkt

Förderstrom-/Förderhöhen-Punkt (*Q/H*-Punkt), den eine geprüfte Pumpe erfüllen muss und der innerhalb der Toleranzen der vereinbarten Abnahmeklasse liegt

3.1.1.2

Leistungsprüfung im Werk

Pumpenprüfung, die durchgeführt wird, um das Leistungsverhalten neuer Pumpen im Auslieferungszustand zu verifizieren und um die Wiederholpräzision der Produktionseinheiten, die Genauigkeit der Laufrad-Einstellungsberechnungen und das Leistungsverhalten bei Verwendung bestimmter Werkstoffe usw. zu überprüfen

ANMERKUNG Eine typische Prüfung des Leistungsverhaltens umfasst die Messung des Förderstroms, der Förderhöhe und der Leistungsaufnahme der Pumpe oder des für die Pumpenprüfung verwendeten Motors. Auf Vereinbarung dürfen weitere Messungen, wie z. B. die der NPSH, einbezogen werden. Als Werksprüfung wird die Prüfung in einer speziell dafür vorgesehenen Prüfeinrichtung verstanden, die sich häufig an oder in der Betriebsstätte des Herstellers oder an einer unabhängigen Einrichtung zur Prüfung von Pumpen befindet.

3.1.1.3

nicht bezeugte Pumpenprüfung

3.1.1.3.1

Werksprüfung

Prüfung, die ohne Anwesenheit eines Käufervertreters durchgeführt wird und bei der der Pumpenhersteller die Verantwortung für die Datenerfassung und für die Entscheidung über die Abnahme der Pumpe trägt

ANMERKUNG Der Vorteil dieser Prüfung liegt in der Kostenersparnis und der beschleunigten Auslieferung der Pumpe an den Anwender. Sofern der Käufer mit dem Leistungsverhalten der Pumpe vertraut ist (z. B. bei der Bestellung von Pumpen identischer Bauart) kann eine nicht bezeugte Werksprüfung häufig ausreichen.

3.1.1.3.2

unterzeichnete Werksprüfung

Prüfung, die ohne Anwesenheit eines Käufervertreters durchgeführt wird und bei der der Pumpenhersteller die Verantwortung für die Einhaltung der Parameter der vereinbarten Abnahmeklasse trägt

ANMERKUNG Der Pumpenhersteller führt die Prüfung durch, trifft eine Entscheidung über die Abnahme der Pumpe und erstellt ein unterzeichnetes Prüfdokument für die Pumpe. Der Vorteil dieser Prüfung ist der gleiche wie bei der nicht bezeugten Prüfung. Im Vergleich zur bezeugten Prüfung ist diese Prüfung jedoch wesentlich weniger kostspielig und führt oftmals zu einer beschleunigten Auslieferung der Pumpe an den Endanwender.

3.1.1.4

bezeugte Pumpenprüfung

ANMERKUNG Die Bezeugung einer Pumpenprüfung durch einen Vertreter des Pumpenkäufers kann vielfältigen Zwecken dienlich sein. Auch die Bezeugung einer solchen Prüfung kann auf vielfältige Weise erfolgen.

3.1.1.4.1

Bezeugung durch den Vertreter des Käufers

Prüfung, bei der ein Vertreter des Käufers physisch anwesend ist; dieser Vertreter zeichnet die Rohdaten der Prüfung ab um zu bestätigen, dass die Prüfung in zufriedenstellender Weise ausgeführt wurde

ANMERKUNG Die Entscheidung über die endgültige Abnahme des Leistungsverhaltens der Pumpe kann von diesem Zeugen getroffen werden. Der Nutzen der bezeugten Prüfung hängt im Wesentlichen von der Effektivität und der Erfahrung des Zeugen ab. Ein Zeuge hat nicht nur die Möglichkeit, die vorschriftsmäßige Durchführung der Prüfung sicherzustellen, sondern auch den Betrieb der Pumpe während der Prüfung vor deren Versand zum vorgesehenen Einsatzort zu beobachten. Ein Nachteil der bezeugten Prüfung können die Verlängerung der Lieferzeit und die erhöhten Kosten sein. Bei den „Just-in-time-Herstellungsverfahren“ erfordert die Planung von bezeugten Prüfungen Flexibilität auf Seiten des Zeugen und kann zur Entstehung weiterer Kosten führen, falls der Zeitplan des Zeugen Produktionsverzögerungen zur Folge hat.

3.1.1.4.2

Fernbezeugung durch den Vertreter des Käufers

Prüfung des Leistungsverhaltens der Pumpe, die aus der Ferne durch den Käufer oder seinen Vertreter bezeugt wird

ANMERKUNG Mit Hilfe eines abgesetzten Kamerasystems kann der Käufer die gesamte Prüfung von fern in Echtzeit verfolgen. Die Rohdaten lassen sich in dem vom Datenerfassungssystem aufgezeichneten Zustand anzeigen und bereits während der Prüfung analysieren, und die Ergebnisse können erörtert und zur Genehmigung vorgelegt werden. Die Vorzüge dieser Art von Prüfung liegen in der Reisekostenersparnis und der beschleunigten Auslieferung der Pumpen.

3.2 Größenbezogene Benennungen

3.2.1

Winkelgeschwindigkeit

ω

Anzahl der Winkelschritte der Wellenumdrehung

ANMERKUNG 1 Sie wird wie folgt bestimmt:

$$\omega = 2\pi n \quad (1)$$

ANMERKUNG 2 Sie wird als Zeit angegeben, z. B. s^{-1} , wobei n in $60 \times \text{min}^{-1}$ angegeben wird.

3.2.2

Drehzahl

Anzahl der Umdrehungen je Sekunde

3.2.3

Massestrom

Förderstrom, der aus dem Austrittsanschluss der Pumpe in die Druckleitung gefördert wird

ANMERKUNG 1 Der Massestrom wird in Kilogramm je Sekunde angegeben.

ANMERKUNG 2 Folgende Verluste oder begrenzende Auswirkungen entstehen in der Pumpe selbst:

- a) zur hydraulischen Entlastung des Axialschubes erforderlicher Massestrom;
- b) Kühlung der Pumpenlager.

ANMERKUNG 3 Leckströme aus Armaturen/Formstücken, innere Leckströme usw. sind im Massestrom nicht mit einzurechnen. Für andere Zwecke entnommene Ströme, wie etwa:

- a) Kühlung der Motorlager;
- b) Kühlung eines Getriebekastens (Lager, Ölkühler)

sind dagegen im Massestrom mit einzurechnen.

ANMERKUNG 4 Ob und wie diese Ströme berücksichtigt werden sollten, hängt von ihrem Entnahmepunkt bzw. dem Messquerschnitt ab.

3.2.4

Volumenstrom

Förderstrom am Austrittsquerschnitt der Pumpe, der wie folgt bestimmt wird:

$$Q = \frac{q}{\rho} \quad (2)$$

ANMERKUNG In der vorliegenden Internationalen Norm kann dieses Symbol auch den Volumenstrom in einem beliebigen gegebenen Querschnitt bezeichnen. Es handelt sich um den Quotienten aus dem Massestrom im betrachteten Querschnitt und der Dichte. (Der Querschnitt kann durch Indizes bezeichnet werden.)

3.2.5

mittlere Geschwindigkeit

mittlere axiale Strömungsgeschwindigkeit, die wie folgt bestimmt wird:

$$U = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

ANMERKUNG Zu beachten ist, dass Q in diesem Fall aus verschiedenen Gründen über den Kreislauf variieren kann.

3.2.6

örtliche Geschwindigkeit

Strömungsgeschwindigkeit an einem beliebigen gegebenen Punkt

3.2.7

Förderhöhe

auf die Masse bezogene Energie der Förderflüssigkeit, dividiert durch die Fallbeschleunigung, g ; sie wird wie folgt bestimmt:

$$H = \frac{y}{g} \quad (4)$$

Siehe 3.2.16.

3.2.8

Bezugsebene

jede horizontale Ebene, die als Bezugspunkt für Höhenmessungen dient

ANMERKUNG Aus praktischen Gründen ist es nicht ratsam, eine imaginäre Bezugsebene festzulegen.

3.2.9

Abstand über der Bezugsebene

Abstand des betrachteten Punktes über der Bezugsebene

Siehe Bild A.1.

ANMERKUNG Der Wert ist:

- positiv, wenn der betrachtete Punkt über der Bezugsebene liegt;
- negativ, wenn der betrachtete Punkt unter der Bezugsebene liegt.

3.2.10

Manometerdruck

Druck, bezogen auf den Atmosphärendruck

ANMERKUNG 1 Der Wert ist:

- positiv, wenn der Manometerdruck höher als der Atmosphärendruck ist;
- negativ, wenn der Manometerdruck niedriger als der Atmosphärendruck ist.

ANMERKUNG 2 Mit Ausnahme des Atmosphärendrucks und des Dampfdrucks der Förderflüssigkeit, die als absolute Drücke angegeben werden, sind alle Drücke in dieser Internationalen Norm an Manometern oder vergleichbaren Druckmessgeräten ermittelte Drücke.

3.2.11

Geschwindigkeitshöhe

kinetische Energie der sich in Bewegung befindenden Flüssigkeit, dividiert durch g , und wie folgt bestimmt:

$$\frac{U^2}{2g} \quad (5)$$

3.2.12

Energiehöhe

Gesamtenergie in einem beliebigen Querschnitt

ANMERKUNG 1 Die Energiehöhe wird wie folgt bestimmt:

$$H_x = z_x + \frac{p_x}{\rho \times g} + \frac{U_x^2}{2 \times g} \quad (6)$$

Dabei ist

- z die Höhenlage des Querschnittsmittelpunktes über der Bezugsebene;
- p der auf den Querschnittsmittelpunkt bezogene Manometerdruck.

ANMERKUNG 2 Die absolute Energiehöhe in einem beliebigen Querschnitt wird wie folgt bestimmt:

$$H_{x(\text{abs})} = z_x + \frac{p_x}{\rho \times g} + \frac{p_{\text{amb}}}{\rho \times g} + \frac{U_x^2}{2g} \quad (7)$$

3.2.13

Energiehöhe im Eintrittsquerschnitt der Pumpe

Gesamtenergie im Eintrittsquerschnitt der Pumpe

ANMERKUNG Die Energiehöhe im Eintrittsquerschnitt der Pumpe wird wie folgt bestimmt:

$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\rho \times g} + \frac{U_1^2}{2g} \quad (8)$$

3.2.14

Energiehöhe im Austrittsquerschnitt der Pumpe

Gesamtenergie im Austrittsquerschnitt der Pumpe

ANMERKUNG Die Energiehöhe im Austrittsquerschnitt der Pumpe wird wie folgt bestimmt:

$$H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\rho \times g} + \frac{U_2^2}{2g} \quad (9)$$

3.2.15

Förderhöhe der Pumpe

algebraische Differenz zwischen der Energiehöhe im Austrittsquerschnitt, H_2 , und der Energiehöhe im Eintrittsquerschnitt, H_1 , der Pumpe:

ANMERKUNG 1 Bei vernachlässigbarer Kompressibilität gilt: $H = H_2 - H_1$. Bei signifikanter Kompressibilität der geförderten Flüssigkeit sollte die Dichte, ρ , durch den Mittelwert ersetzt werden:

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \quad (10)$$

und die Förderhöhe der Pumpe sollte nach Gleichung (12) berechnet werden:

$$H = z_2 - z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\rho_m \cdot g} + \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} \quad (11)$$

ANMERKUNG 2 Das mathematisch korrekte Symbol ist H_{1-2} .

3.2.16

spezifische Energie

Energiegehalt der Förderflüssigkeit, der wie folgt bestimmt wird:

$$y = gH \quad (12)$$

3.2.17

eintrittseitige Verlusthöhe

Differenz zwischen der Energiehöhe der Förderflüssigkeit an der Messstelle und der Energiehöhe der Förderflüssigkeit im Eintrittsquerschnitt der Pumpe

3.2.18

austrittseitige Verlusthöhe

Differenz zwischen der Energiehöhe der Förderflüssigkeit im Austrittsquerschnitt der Pumpe und der Energiehöhe der Förderflüssigkeit an der Messstelle

3.2.19

Rohrreibungsbeiwert

Koeffizient für den Förderhöhenverlust durch Reibung in der Rohrleitung

3.2.20

Haltedruckhöhe

NPSH (en: Net Positive Suction Head)

absolute Energiehöhe im Eintrittsquerschnitt der Pumpe oberhalb der dem Dampfdruck entsprechenden Höhe, bezogen auf die NPSH-Bezugsebene

ANMERKUNG 1 Die NPSH wird wie folgt bestimmt:

$$\text{NPSH} = H_1 - z_D + \frac{p_{\text{amb}} - p_v}{\rho_1 \cdot g} \quad (13)$$

ANMERKUNG 2 Diese NPSH bezieht sich auf die NPSH-Bezugsebene, während sich die Energiehöhe im Eintrittsquerschnitt der Pumpe auf die Bezugsebene bezieht.

ANMERKUNG 3 Auf der Grundlage einer Ausnahmenvorschrift ist die Angabe der Abkürzung NPSH (nicht kursiv und nicht fett) als Symbol in mathematischen Gleichungen zulässig, da diese Angabe sich historisch etabliert hat.

3.2.20.1

NPSH-Bezugsebene

<mehrstufige Pumpen> horizontale Ebene durch den Mittelpunkt eines durch die Außenpunkte der Eintrittskanten der Laufradschaufeln beschriebenen Kreises

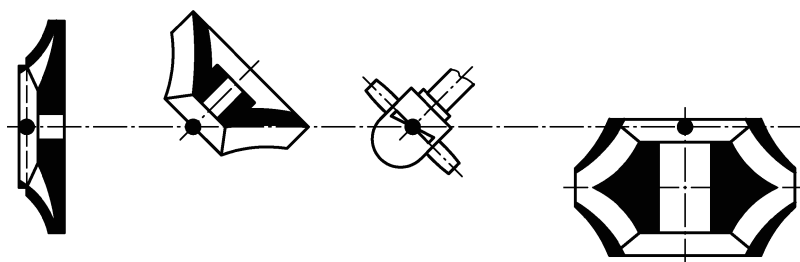
3.2.20.2

NPSH-Bezugsebene

<zweiströmige Pumpen mit vertikaler oder schräger Achse> durch den höher gelegenen Mittelpunkt verlaufende Ebene

Siehe Bild 1.

ANMERKUNG Es liegt in der Verantwortung des Herstellers, die Lage dieser Ebene mit genauen Bezugspunkten auf der Pumpe anzugeben.



Legende

1 NPSH-Bezugsebene

Bild 1 — NPSH-Bezugsebene

3.2.21

verfügbare NPSH

NPSHA (en: Available Net Positive Suction Head)

durch die Installationsverhältnisse für einen festgelegten Förderstrom vorgegebener Wert der verfügbaren NPSH

ANMERKUNG Auf der Grundlage einer Ausnahmenvorschrift ist die Angabe der Abkürzung NPSHA (nicht kursiv und nicht fett) als Symbol in mathematischen Gleichungen zulässig, da diese Angabe sich historisch etabliert hat.

3.2.22

geforderte NPSH

NPSHR (en: Required Net Positive Suction Head)

geringster vom Hersteller angegebener NPSH-Wert, bei dem die Pumpe bei festgelegtem/festgelegter Förderstrom, Drehzahl und Förderflüssigkeit ein festgelegtes Leistungsverhalten zeigt (Aufreten von sichtbarer Kavitation, Geräusch- und Schwingungszunahme durch Kavitation, beginnender Förderhöhen- oder Wirkungsgradabfall, Förderhöhen- oder Wirkungsgradabfall von vorgegebener Größe, Begrenzung von Kavitationsverschleiß)

ANMERKUNG Auf der Grundlage einer Ausnahmenvorschrift ist die Angabe der Abkürzung NPSHR (nicht kursiv und nicht fett) als Symbol in mathematischen Gleichungen zulässig, da diese Angabe sich historisch etabliert hat.

3.2.23

NPSH3

NPSH, die für einen 3-prozentigen Energiehöhenabfall in der ersten Pumpenstufe als Standardgrundlage zur Verwendung in Kennlinien des Leistungsverhaltens erforderlich ist

ANMERKUNG Auf der Grundlage einer Ausnahmenvorschrift ist die Angabe der Abkürzung NPSH (nicht kursiv und nicht fett) als Symbol in mathematischen Gleichungen zulässig, da diese Angabe sich historisch etabliert hat.

3.2.24

Kennzahl für die Schnellläufigkeit

dimensionslose Größe, berechnet im Punkt des besten Wirkungsgrades

ANMERKUNG 1 Sie wird wie folgt bestimmt:

$$K = \frac{2\pi n Q'^{1/2}}{(gH')^{3/4}} = \frac{\omega Q'^{1/2}}{y'^{3/4}} \quad (14)$$

Dabei ist

Q' der Volumenstrom je Laufradauge;

H' die Förderhöhe der ersten Stufe.

n in s^{-1} angegeben.

ANMERKUNG 2 Die Kennzahl für die Schnellläufigkeit muss auf den maximalen Laufraddurchmesser der ersten Stufe bezogen werden.

3.2.25

Leistungsbedarf der Pumpe

Leistungsaufnahme der Pumpe

P_2

von der Antriebsmaschine auf die Pumpe übertragene Leistung

3.2.26

Förderleistung

hydraulische Leistung der Pumpenförderung

ANMERKUNG Die Förderleistung wird wie folgt bestimmt:

$$P_h = \rho Q g H = \rho Q y \quad (15)$$

3.2.27

Leistungsbedarf des Motors

Leistungsaufnahme des Motors

P_{gr}

von der Antriebsmaschine der Pumpe aufgenommene Leistung

3.2.28

Höchstwert der Wellenleistung

$P_{2,max}$

vom Hersteller festgelegter Höchstwert der Pumpenwellenleistung, die ausreicht, um die Pumpe unter den festgelegten Betriebsbedingungen anzutreiben

3.2.29

Pumpenwirkungsgrad

Förderleistung, dividiert durch den Leistungsbedarf der Pumpe

ANMERKUNG Der Pumpenwirkungsgrad wird wie folgt bestimmt:

$$\eta = \frac{P_h}{P_2} \quad (16)$$

3.2.30

Wirkungsgrad des Pumpenaggregates

Förderleistung, dividiert durch den Leistungsbedarf des Motors

ANMERKUNG Der Wirkungsgrad des Pumpenaggregates wird wie folgt bestimmt:

$$\eta_{gr} = \frac{P_h}{P_{gr}} \quad (17)$$

3.3 Symbole und Indizes

Tabelle 1 — Alphabetische Liste der als Symbole verwendeten Grundbuchstaben

Symbol	Größe	Einheit
A	Fläche	m^2
D	Durchmesser	m
e	Gesamtmessunsicherheit, relativer Wert	%
f	Frequenz	s^{-1} , Hz
g	Fallbeschleunigung ^a	m/s^2
H	Förderhöhe der Pumpe	m
H_J	Verluste als Flüssigkeitssäule angegeben	m
k	äquivalente gleichförmige Rauigkeit	m
K	Kennzahl für die Schnellläufigkeit	dimensionslose Zahl
l	Länge	m
M	Drehmoment	Nm
n	Drehzahl	s^{-1} , min^{-1}
NPSH	Haltedruckhöhe	m
p	Druck	Pa
P	Leistung	W
q	Massestrom ^b	kg/s
Q	Förderstrom (Volumenstrom) ^c	m^3/s
Re	Reynolds-Zahl	dimensionslose Zahl
τ	Toleranzfaktor, relativer Wert	%
t	Student-Verteilung	dimensionslose Zahl
U	mittlere Geschwindigkeit	m/s
v	örtliche Geschwindigkeit	m/s
V	Volumen	m^3
y	spezifische Energie	J/kg
z	Abstand über der Bezugsebene	m
z_D	Differenz zwischen der NPSH-Bezugsebene und der Bezugsebene (siehe 3.2.20)	m
η	Wirkungsgrad	dimensionslose Zahl
θ	Temperatur	$^{\circ}\text{C}$
λ	Rohrreibungsbeiwert	dimensionslose Zahl
ν	kinematische Viskosität	m^2/s
ρ	Dichte	kg/m^3
ω	Winkelgeschwindigkeit	rad/s

^a In der Regel sollte der lokale Wert von g verwendet werden. Jedoch genügt für die Klassen 2 und 3 die Verwendung von $9,81 \text{ m/s}^2$. Für die Berechnung des lokalen Wertes gilt: $g = 9,780 \text{ 3 } (1 + 0,005 \text{ 3 } \sin^2 \varphi) - 3 \times 10^{-6} \cdot Z$, wobei φ für den Breitengrad und Z für die Höhe über N.N. steht.

^b Der Massestrom kann optional auch mit q_m bezeichnet werden.

^c Der Volumenstrom kann optional auch mit q_v bezeichnet werden.

Tabelle 2 — Liste der als Indizes verwendeten Buchstaben und Zahlen

Index	Bedeutung
1	Eintritt(squerschnitt)
1'	eintrittseitiger Messquerschnitt
2	Austritt(squerschnitt) (mit Ausnahme von P_2)
2'	austrittseitiger Messquerschnitt
abs	absolut
amb	Umgebung
D	Differenz, -ebene, Unterschied
f	Flüssigkeit in Messrohren
G	garantiert
H	Förderhöhe der Pumpe
h	hydraulisch
gr	Aggregat (Pumpe und Antrieb)
J	Verluste
M	Manometer
n	Drehzahl
P	Leistung
Q	Förderstrom (Volumenstrom)
ref	Bezugsebene
sp	festgelegt
T	umgerechnet, Drehmoment
v	Dampf (Druck)
η	Wirkungsgrad
x	in einem beliebigen Querschnitt

4 Pumpenmessungen und Abnahmekriterien

4.1 Allgemeines

Der festgelegte und vertraglich vereinbarte Bemessungspunkt (Pflichtpunkt) – im Folgenden als „Garantiepunkt“ bezeichnet – ist gegen genau eine Abnahmeklasse und die dazugehörige Toleranz zu bewerten. Für eine Prüfung des Pumpenleistungsverhaltens muss dieser Garantiepunkt grundsätzlich den Garantieförderstrom, Q_G , und die Garantieförderhöhe, H_G , und kann er wahlweise den Garantiewirkungsgrad, die Garantiewellenleistung oder die geforderte Garantie-Haltedruckhöhe (NPSHR) festlegen. Falls zutreffend, sind diese wahlfreien Garantieparameter für die entsprechenden Prüfungen festzulegen, siehe die anwendbaren Prüfungen unter 4.4.3 und 5.8.

Die Abnahmeklassentoleranz gilt ausschließlich für den Garantiepunkt. Weitere festgelegte Pflichtpunkte, einschließlich ihrer Toleranzen, sind gesondert zwischen Hersteller und Käufer zu vereinbaren. Falls weitere festgelegte Pflichtpunkte vereinbart werden, jedoch keine Toleranzen für diese Punkte angegeben sind, ist als Vorgabe für die Abnahme im Hinblick auf diese Punkte die Klasse 3 zu verwenden.

Garantiepunkte dürfen in einem schriftlichen Vertrag, einer kundenspezifischen Kennlinie der Pumpenleistung oder einer vergleichbaren schriftlichen und projektspezifischen Dokumentation ausführlich festgelegt werden.

Sofern zwischen dem Hersteller und dem Käufer nichts anderes vereinbart ist, gilt Folgendes:

- a) Die Abnahmeklassen müssen den in Tabelle 8 angegebenen Klassen entsprechen.
- b) Die Prüfungen müssen auf dem im Werk des Herstellers befindlichen Prüfstand mit reinem kaltem Wasser sowie unter Anwendung der in der vorliegenden Internationalen Norm festgelegten Verfahren und Prüfanordnungen durchgeführt werden.
- c) Die Pumpenleistung zwischen Eintritts- und Austrittsanschluss der Pumpe muss garantiert sein.
- d) Die außerhalb der Pumpe befindlichen Rohrleitungen und Armaturen/Formstücke (Krümmer, Reduzierstücke und Ventile) sind nicht Gegenstand der Garantie.

Die Kombination der Fertigungs- und Messtoleranzen macht in der Praxis die Anwendung von Toleranzen auf die geprüften Werte erforderlich. Die in Tabelle 8 angegebenen Toleranzen berücksichtigen sowohl die Fertigungs- als auch die Messtoleranzen.

Das Leistungsverhalten einer Pumpe schwankt erheblich mit der Beschaffenheit der zu pumpenden Förderflüssigkeit. Obwohl es nicht möglich ist, allgemeine Regeln anzugeben, nach denen sich das Leistungsverhalten bei Verwendung von reinem kaltem Wasser zur Vorhersage der Leistung mit anderen Förderflüssigkeiten verwenden lässt, ist zu wünschen, dass die beteiligten Parteien empirische Regeln vereinbaren, die den jeweiligen Umständen angemessen sind. Für weitere Informationen siehe ISO/TR 17766.

Falls mehrere identische Pumpen gekauft werden, ist die Anzahl der zu prüfenden Pumpen zwischen dem Käufer und dem Hersteller zu vereinbaren.

Sowohl der Käufer als auch der Hersteller haben das Recht, bei der Prüfung Zeuge zu sein. Falls die Prüfungen nicht auf einem Prüfstand des Herstellers durchgeführt werden, muss beiden Parteien die Möglichkeit gegeben werden, die Pumpeninstallation und die Geräteeinstellungen zu überprüfen.

4.2 Garantien

Der Hersteller garantiert, dass die gemessene Pumpenkennlinie für den Garantiepunkt und bei Bemessungsdrehzahl (bzw. in bestimmten Fällen bei Bemessungsfrequenz und -spannung) in einem durch die geltende Abnahmeklasse festgelegten Toleranzbereich verläuft, der den Garantiepunkt umgibt, oder diesen Bereich berührt (siehe Tabelle 8 sowie Bilder 2 und 3).

Ein Garantiepunkt ist anhand eines Garantieförderstroms, Q_G , und einer Garantieförderhöhe, H_G , festzulegen.

Darüber hinaus darf/dürfen eine oder mehrere der folgenden Größen unter den festgelegten Bedingungen und bei der Bemessungsdrehzahl garantiert werden:

- a) wie in 4.4.3 und den Bildern 4, 5 und 6 festgelegt,
 - 1) Mindestwirkungsgrad der Pumpe, η_G , oder maximale Leistungsaufnahme der Pumpe, P_G , oder
 - 2) im Falle eines kombinierten Pumpen- und Motoraggregats der kombinierte Mindestwirkungsgrad, η_{grG} , oder die maximale Leistungsaufnahme des Pumpen- und Motoraggregats, P_{grG} ;
- b) bei maximaler NPSHR beim Garantievolumenstrom.

Die maximale Leistungsaufnahme darf für den Garantiepunkt oder für einen Bereich von Punkten entlang der Pumpenkennlinie garantiert werden. Zu diesem Zweck müssen Kunde und Hersteller jedoch möglicherweise größere Toleranzbereiche vereinbaren.

4.3 Messunsicherheit

4.3.1 Allgemeines

Jede Messung ist unvermeidlich mit einer gewissen Unsicherheit behaftet; das gilt selbst dann, wenn die angewendeten Messverfahren und die eingesetzten Messinstrumente sowie die angewendeten Analyseverfahren in vollem Umfang der guten Praxis und den Anforderungen der vorliegenden Internationalen Norm entsprechen.

Die Hinweise und Verfahrensweisen nach 4.3.2 und 4.3.3 sind dafür vorgesehen, allgemeine Informationen für den Anwender sowie praktische Vorgehensweisen bereitzustellen, die es dem Anwender erlauben, bei der Prüfung in Konformität mit dieser Internationalen Norm die Messunsicherheit mit einem angemessenen Vertrauen abzuschätzen.

ANMERKUNG Für umfassende Informationen zur Messunsicherheit siehe ISO/IEC Guide 99 und die dazugehörigen Dokumente.

4.3.2 Schwankungen

Wenn die Pumpe so ausgelegt ist oder betrieben wird, dass Schwankungen von großer Amplitude auftreten, dürfen die Messungen unter Verwendung einer Dämpfungseinrichtung in den Messinstrumenten oder ihren Anschlussleitungen durchgeführt werden, um die Schwankungsamplitude so weit zu verringern, dass sie die in Tabelle 3 angegebenen Werte nicht überschreitet. Hierbei ist eine symmetrische und lineare Dämpfungseinrichtung einzusetzen, z. B. ein Kapillarrohr, wodurch die Integration über mindestens eine volle Schwankungsperiode ermöglicht wird.

Tabelle 3 — Zulässige Schwankungsamplitude in Prozent des Mittelwertes der gemessenen Größe

Gemessene Größe	Zulässige Schwankungsamplitude		
	Klasse 1 %	Klasse 2 %	Klasse 3 %
Förderstrom	± 2	± 3	± 6
Differenzdruckhöhe	± 3	± 4	± 10
Energiehöhe im Austritts- querschnitt	± 2	± 3	± 6
Energiehöhe im Eintritts- querschnitt	± 2	± 3	± 6
Leistungsaufnahme	± 2	± 3	± 6
Drehzahl	± 0,5	± 1	± 2
Drehmoment	± 2	± 3	± 6
Temperatur	0,3 °C	0,3 °C	0,3 °C

4.3.3 Statistische Auswertung der Gesamtmessunsicherheit

4.3.3.1 Schätzwert der Zufallskomponente (zufällige Messunsicherheit)

Die Zufallskomponente, die entweder auf die Eigenschaften des Messsystems oder auf Veränderungen der Messgröße oder auf beides zurückzuführen ist, zeigt sich unmittelbar als Streuung der Messwerte. Im Gegensatz zur systematischen Unsicherheit kann die Zufallskomponente verringert werden, indem für eine bestimmte Größe eine erhöhte Anzahl von Messungen unter unveränderten Bedingungen durchgeführt wird.

An jedem Prüfpunkt ist ein Satz von mindestens drei (3) Ablesewerten zu bestimmen. Die Zufallskomponente, e_R , ist wie folgt zu berechnen:

Der Schätzwert der Zufallskomponente der Messunsicherheit wird aus dem Mittelwert und der Standardabweichung der Beobachtungen errechnet. Für die Unsicherheit der Ablesewerte ist x durch die tatsächlichen Ablesewerte für den Förderstrom, Q , die Förderhöhe, H , und die Leistung, P , zu ersetzen.

Falls n die Anzahl der Ablesewerte ist, wird das arithmetische Mittel, $\bar{x}$, einer Reihe von wiederholten Beobachtungen x_i ($i = 1, \dots, n$) wie folgt berechnet:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i \quad (18)$$

Die Standardabweichung, s , dieser Beobachtungen wird berechnet durch:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (19)$$

Der Relativwert der Unsicherheit, e_R , des auf Zufallseffekte zurückzuführenden Mittelwertes wird berechnet durch:

$$e_R = \frac{100 \, t \, s}{\bar{x} \sqrt{n}} \% \quad (20)$$

wobei t entsprechend Tabelle 4 eine Funktion von n ist.

ANMERKUNG 1 Sofern der Wert der Gesamtunsicherheit, e , nicht die in Tabelle 7 aufgeführten Kriterien erfüllt, kann der Wert der Zufallskomponente, e_R , der Messung verringert werden, indem die Anzahl der Messungen derselben Größe unter den gleichen Bedingungen erhöht wird.

ANMERKUNG 2 Die in dieser Internationalen Norm definierte Zufallskomponente ist als Unsicherheit vom Typ A klassifiziert (siehe ISO/IEC Guide 99).

Tabelle 4 — Werte der Student- t -Verteilung
(beruhend auf einem 95%-Vertrauensniveau)

n	t	n	t
3	4,30	12	2,20
4	3,18	13	2,18
5	2,78	14	2,16
6	2,57	15	2,14
7	2,45	16	2,13
8	2,36	17	2,12
9	2,31	18	2,11
10	2,26	19	2,10
11	2,23	20	2,09

4.3.3.2 Schätzwert der gerätebezogenen Messunsicherheit (systematische Unsicherheiten)

Auch nach Eliminierung aller bekannten Fehler durch Nullstellung, Kalibrierung, sorgfältige Messung der Maße, vorschriftsmäßigen Einbau und Anschluss usw. bleibt eine Unsicherheit zurück, die niemals ganz eliminiert werden kann. Diese Unsicherheit lässt sich auch durch Wiederholung der Messungen unter Verwendung derselben Messeinrichtung nach demselben Verfahren nicht verringern.

Der Schätzwert der systematischen Unsicherheit der Messunsicherheit, e_s , beruht in der Praxis auf einer auf internationale Messnormale rückverfolgbaren Kalibrierung. Nach dieser Internationalen Norm zulässige Relativwerte für die systematische Unsicherheit sind in Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5 — Zulässige Relativwerte der gerätebezogenen Messunsicherheit, e_s

Gemessene Größe	Maximal zulässige systematische Unsicherheit (am Garantiepunkt)	
	Klasse 1 %	Klassen 2 und 3 %
Förderstrom	± 1,5	± 2,5
Differenzdruckhöhe	± 1,0	± 2,5
Energiehöhe im Austrittsquerschnitt	± 1,0	± 2,5
Energiehöhe im Eintrittsquerschnitt	± 1,0	± 2,5
Saughöhe für die NPSH-Prüfung	± 0,5 ^a	± 1,0
Leistungsbedarf des Motors	± 1,0	± 2,0
Drehzahl	± 0,35	± 1,4
Drehmoment	± 0,9	± 2,0

^a Siehe Anhang J für eine Erläuterung.

4.3.3.3 Gesamtunsicherheit

Der Wert der Gesamtunsicherheit, e , wird bestimmt durch:

$$e = \sqrt{e_R^2 + e_S^2} \quad (21)$$

Zulässige Werte für die Gesamtmessunsicherheiten, e , sind in Tabelle 6 angegeben.

ANMERKUNG Die in dieser Internationalen Norm definierte Gesamtunsicherheit wird mit der erweiterten Messunsicherheit gleichgesetzt (siehe ISO/IEC Guide 99).

Tabelle 6 — Zulässige Werte der Gesamtunsicherheiten

Größe	Symbol	Klasse 1 %	Klassen 2 und 3 %
Förderstrom	e_Q	± 2,0	± 3,5
Drehzahl	e_n	± 0,5	± 2,0
Drehmoment	e_T	± 1,4	± 3,0
Förderhöhe der Pumpe	e_H	± 1,5	± 3,5
Leistungsbedarf des Motors	e_{Pgr}	± 1,5	± 3,5
Leistungsbedarf der Pumpe (berechnet aus Drehmoment und Drehzahl)	e_P	± 1,5	± 3,5
Leistungsbedarf der Pumpe (berechnet aus Antriebsleistung und Motorwirkungsgrad)	e_P	± 2,0	± 4,0

4.3.3.4 Bestimmung der Gesamtunsicherheit des Wirkungsgrades

Die Gesamtunsicherheit des Gesamtwirkungsgrades und des Pumpenwirkungsgrades wird nach den Gleichungen (22), (24) und (25) berechnet:

$$e_{\eta_{gr}} = \sqrt{e_Q^2 + e_H^2 + e_{P_{gr}}^2} \quad (22)$$

wenn der Wirkungsgrad aus Drehmoment und Drehzahl berechnet wird:

$$e_{\eta} = \sqrt{e_Q^2 + e_H^2 + e_T^2 + e_n^2} \quad (23)$$

wenn der Wirkungsgrad aus dem Leistungsbedarf der Pumpe berechnet wird:

$$e_{\eta} = \sqrt{e_Q^2 + e_H^2 + e_P^2} \quad (24)$$

Bei Verwendung der in Tabelle 6 aufgeführten Werte führen die Berechnungen zu den in Tabelle 7 angegebenen Ergebnissen.

Tabelle 7 — Resultierende Höchstwerte der Gesamtunsicherheiten des Wirkungsgrades

Größe	Symbol	Klasse 1 %	Klassen 2 und 3 %
Gesamtwirkungsgrad (bei Berechnung aus Q, H, P_{gr})	$e_{\eta_{gr}}$	$\pm 2,9$	$\pm 6,1$
Pumpenwirkungsgrad (bei Berechnung aus Q, H, M, n)	e_{η}	$\pm 2,9$	$\pm 6,1$
Pumpenwirkungsgrad (bei Berechnung aus Q, H, P_{gr}, η_{mot})	e_{η}	$\pm 3,2$	$\pm 6,4$

4.4 Abnahmeklassen und Toleranzen für die Prüfung des Leistungsverhaltens

4.4.1 Allgemeines

Für die Prüfung des Leistungsverhaltens von Pumpen werden in diesem Unterabschnitt die sechs Abnahmeklassen 1B, 1E, 1U, 2B, 2U und 3B festgelegt. Für die Klasse 1 gelten die strengsten Anforderungen, wobei für die Klassen 1U und 2U ein einseitiger und für die Klassen 1B, 2B und 3B ein zweiseitiger Toleranzbereich einzuhalten ist. Die Klasse 1E ist ebenfalls ihrem Wesen nach zweiseitig und für diejenigen Personen von Bedeutung, die sich mit der Energieeffizienz befassen.

ANMERKUNG Die Klassen 1U, 1E und 1B weisen für Förderstrom und Förderhöhe dieselbe Toleranz auf.

Der Käufer und der Hersteller dürfen die Anwendung einer beliebigen Klasse vereinbaren um zu beurteilen, ob eine bestimmte Pumpe dem Garantiepunkt entspricht. Falls ein Garantiepunkt angegeben ist, jedoch keine Abnahmeklasse festgelegt wurde, greift die vorliegende Norm auf die in 4.5 beschriebene Vorgabe-Prüfabnahmeklasse zurück.

Garantiepunkt-Abnahmeklassen für die Förderhöhe, den Förderstrom, die Leistung und den Wirkungsgrad der Pumpe sind in Tabelle 8 angegeben. Alle Toleranzen sind Prozentsätze der garantierten Werte.