

DIN EN ISO 9906

ICS 23.080

Einsprüche bis 2011-08-06
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 9906:2002-08

Entwurf

**Kreiselpumpen –
Hydraulische Abnahmeprüfungen –
Klassen 1, 2 und 3 (ISO/DIS 9906:2010);
Deutsche Fassung prEN ISO 9906:2010**

Rotodynamic pumps –
Hydraulic performance acceptance tests –
Grades 1, 2 and 3 (ISO/DIS 9906:2010);
German version prEN ISO 9906:2010

Pompes rotodynamiques –
Essais de fonctionnement hydraulique pour la réception –
Niveaux 1, 2 et 3 (ISO/DIS 9906:2010);
Version allemande prEN ISO 9906:2010

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-06-06 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nam@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN, 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 (Hausanschrift: Lyoner Str. 18, 60528 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 69 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

Nationales Vorwort

Er beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitees ISO/TC 115 „Pumps“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 197 „Pumpen“ im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten prEN ISO 9906:2010

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 der DIN EN ISO 9906:2002 sind folgende Änderungen vorgenommen worden:

- a) Wurde komplett technisch überarbeitet

Kreiselpumpen — Hydraulische Abnahmeprüfungen — Klassen 1, 2 und 3 (ISO/DIS 9906:2010)

*Pompes rotodynamiques — Essais de fonctionnement hydraulique de réception — Grades 1, 2 et 3
(ISO/DIS 9906:2010)*

Rotodynamic pumps — Hydraulic performance acceptance tests — Grades 1, 2 and 3 (ISO/DIS 9906:2010)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.2

Inhalt

Seite

Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe	7
3.1 Einleitung.....	7
3.2 Liste der Größen mit Definitionen.....	7
3.2.1 Winkelgeschwindigkeit	7
3.2.2 Drehzahl.....	8
3.2.3 Dichte	8
3.2.4 Druck.....	8
3.2.5 Leistung	8
3.2.6 Reynolds-Zahl	8
3.2.7 Massestrom	8
3.2.8 Volumenstrom.....	8
3.2.9 Mittlere Geschwindigkeit	9
3.2.10 Örtliche Geschwindigkeit.....	9
3.2.11 Förderhöhe	9
3.2.12 Bezugsebene	9
3.2.13 Abstand zur Bezugsebene.....	9
3.2.14 Manometerdruck	9
3.2.15 Geschwindigkeitshöhe.....	9
3.2.16 Energiehöhe	10
3.2.17 Energiehöhe im Eintrittsquerschnitt der Pumpe.....	10
3.2.18 Energiehöhe im Austrittsquerschnitt der Pumpe.....	10
3.2.19 Förderhöhe der Pumpe	10
3.2.20 Spezifische Energie	10
3.2.21 Eintrittseitige Verlusthöhe	11
3.2.22 Austrittseitige Verlusthöhe	11
3.2.23 Rohrreibungsbeiwert.....	11
3.2.24 Haltedruckhöhe (en: Net Positive Suction Head, <i>NPSH</i>)	11
3.2.25 (<i>NPSH</i>)-Bezugsebene	11
3.2.26 Verfügbare (<i>NPSH</i>), (<i>NPSHA</i>)	11
3.2.27 Geforderte (<i>NPSH</i>), (<i>NPSHR</i>).....	12
3.2.28 (<i>NPSH3</i>).....	12
3.2.29 Kennzahl für die Schnellläufigkeit	12
3.2.30 Leistungsbedarf der Pumpe	12
3.2.31 Förderleistung.....	12
3.2.32 Leistungsbedarf des Motors.....	12
3.2.33 Höchstwert der Wellenleistung	12
3.2.34 Pumpenwirkungsgrad	12
3.2.35 Wirkungsgrad des Pumpenaggregates	12
3.3 Liste der grundlegenden Buchstaben und Indizes	13
3.4 Allgemeine Definitionen	14
3.4.1 Werkseigene Produktionskontrolle	14
3.4.2 Nicht bezeugte Pumpenprüfung	15
3.4.3 Bezeugte Pumpenprüfung	15
4 Pumpenmessungen und Abnahmekriterien	16
4.1 Allgemeines.....	16

4.2	Garantien	16
4.3	Messunsicherheiten	17
4.3.1	Allgemeines	17
4.3.2	Schwankung	17
4.3.3	Statistische Auswertung der Gesamtmessunsicherheit.....	18
4.4	Abnahmeklassen und Toleranzen für die Prüfung des Leistungsverhaltens	20
4.4.1	Toleranzen für Pumpen mit einer Leistungsaufnahme von maximal 10 kW	21
4.4.2	Bewertung von Förderstrom und Förderhöhe	22
4.4.3	Bewertung von Wirkungsgrad und Leistung.....	23
4.5	Vorgabe-Prüfabnahmeklassen für das Pumpeneinsatzgebiet	26
5	Durchführung der Prüfungen	27
5.1	Allgemeines	27
5.2	Datum der Prüfung	27
5.3	Prüfprogramm.....	27
5.4	Prüfeinrichtung.....	28
5.5	Aufzeichnungen und Prüfbericht.....	28
5.6	Prüfanordnungen	28
5.7	Prüfbedingungen	28
5.7.1	Durchführung der Prüfung	28
5.7.2	Drehzahl während der Prüfung	29
5.8	(NPSH)-Prüfungen	29
5.8.1	Allgemeines	29
5.8.2	Arten von (NPSH)-Prüfungen.....	29
6	Analyse	32
6.1	Umrechnung der Prüfergebnisse auf die Garantiebedingungen	32
6.1.1	Umrechnung der Prüfergebnisse in Daten, die auf der festgelegten Drehzahl und Dichte basieren	32
6.1.2	Prüfungen mit einem anderen (NPSHA)-Wert als dem garantierten	33
6.1.3	Leistungskennlinie	33
6.2	Erreichen festgelegter Eigenschaften.....	33
6.2.1	Verringerung des Laufraddurchmessers.....	33
6.2.2	Anforderung bezüglich der erneuten Prüfung nach Verringerung des Laufraddurchmessers.....	33
Anhang A	(normativ) Prüfanordnungen	34
A.1.1	Allgemeines	34
A.1.2	Messgrundsätze	35
A.1.3	Verschiedene Messverfahren.....	35
A.1.4	Prüfung der Pumpe in einer genormten Installation	35
Anhang B	(informativ) (NPSH)-Prüfanordnungen	44
B.1	(NPSH)-Prüfanordnungen	44
B.1.1	Allgemeines	44
B.1.2	Eigenschaften des Kreislaufs	44
B.1.3	Eigenschaften der Prüfliquidität	44
B.1.4	Bestimmung des Dampfdrucks	45
B.1.5	Installationstypen	45
Anhang C	(informativ) Kalibrierungsintervalle	48
C.1	Leitfaden zu geeigneten Zeitabständen zwischen den Kalibrierungen der Messgeräte	48
C.1.1	Rekalibrierungsintervall.....	48
Anhang D	(informativ) Messausrüstung	49
D.1	Messausrüstung für die Bestimmung der Förderhöhe	49
D.1.1	Federmanometer	49
D.1.2	Messung der Drehzahl	50
D.1.3	Messung des Förderstroms	50
D.1.4	Messung der Leistungsaufnahme der Pumpe.....	53
Anhang E	(informativ) Prüfungen, die am an der gesamten Ausrüstung durchgeführt werden – „String-Test“	55

Anhang F (informativ) Bericht der Prüfergebnisse	58
F.1.1 Anforderungen an den Prüfbericht zum Leistungsverhalten	58
F.1.2 Anforderungen an den Bericht zum (NPSH)-Wert	58
F.1.3 Pumpenprüfblatt	58
Anhang G (informativ) Spezielle Prüfverfahren	62
G.1 Allgemeines	62
Anhang H (informativ) Bezeugte Pumpenprüfung	63
H.1 Durch physische Anwesenheit bezeugte Pumpenprüfung	63
H.2 Von der Ferne bezeugte Pumpenprüfung	63
Anhang I Umrechnung in SI-Einheiten	64
I.1 Allgemeines	64
Literaturhinweise	66

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 9906:2010) 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.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird die erste Ausgabe, EN ISO 9906:1998, ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 9906:2010 wurde vom CEN als prEN ISO 9906:2010 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Diese Prüfungen sollen zur Sicherstellung des Leistungsverhaltens der untersuchten Pumpe und zu dessen Vergleich mit der Hersteller-/Lieferergarantie dienen.

Die benannte Garantie für eine beliebige Größe sollte als erfüllt angesehen werden, wenn das gemessene Leistungsverhalten bei der Prüfung nach dieser Internationalen Norm innerhalb der für die betreffende Größe festgelegten Toleranz liegt (siehe Abschnitt 4.4).

ISO 5198 sollte nicht für hydraulische Abnahmeprüfungen von Pumpen herangezogen werden. ISO 5198 gilt für die Prüfung von Pumpen durch Labormessungen von sehr hoher Genauigkeit.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Prüfungen des hydraulischen Leistungsverhaltens für die Abnahme von Kreisel-pumpen (Radial-, Halbaxial- und Axialpumpen, im Folgenden einfach 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 Labors) vorgesehen.

Sie kann auf Pumpen jeder Größe angewendet werden, die mit Flüssigkeiten geprüft werden, die sich wie reines, kaltes Wasser verhalten.

Die vorliegende Internationale Norm enthält drei Abnahmeklassen:

- die Klassen 1B, 1E und 1U für einen engen Toleranzbereich;
- die Klassen 2B und 2U für breitere Toleranzbereiche; und
- Klasse 3B für einen noch breiteren Toleranzbereich.

Diese Internationale Norm gilt entweder allein für die Pumpe ohne Rohrleitungsteile oder für die Pumpe mit allen oder einem Teil der zugehörigen stromaufwärts bzw. stromabwärts angeordneten Rohrleitungsteilen.

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 31 (alle Teile), *General principles concerning quantities, units and symbols*

ISO 5198, *Centrifugal, mixed flow and axial pumps — Code for hydraulic performance tests — Precision class*

ISO/TR 17766, *Centrifugal pumps handling viscous liquids — Performance corrections*

3 Begriffe

3.1 Einleitung

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die hier angegebenen Größen, Definitionen, Symbole und Einheiten.

Tabelle 1 enthält eine alphabetisch geordnete Liste der in der vorliegenden Internationalen Norm verwendeten Symbole, und Tabelle 2 enthält eine Liste der Indizes.

In der vorliegenden Internationalen Norm sind alle Gleichungen in kohärenten SI-Einheiten angegeben. Die Umrechnung anderer Einheiten in SI-Einheiten ist Anhang I zu entnehmen.

3.2 Liste der Größen mit Definitionen

3.2.1 Winkelgeschwindigkeit

Anzahl der Winkelgrade einer Welle je Zeiteinheit

$$\omega = 2\pi n$$

3.2.2 Drehzahl

Anzahl der Umdrehungen je Zeiteinheit

3.2.3 Dichte

auf das Volumen bezogene Masse

3.2.4 Druck

auf die Fläche bezogene Kraft

ANMERKUNG In der vorliegenden Internationalen Norm sind alle Drücke Manometerdrücke, d. h. sie wurden im Hinblick auf den Luftdruck gemessen; ausgenommen davon sind der Luftdruck und der Dampfdruck, bei denen es sich um absolute Drücke handelt.

3.2.5 Leistung

in der Zeiteinheit übertragene Energie

3.2.6 Reynolds-Zahl

$$Re = \frac{UD}{\nu}$$

3.2.7 Massestrom

Als Massestrom wird der nutzbare Massestrom der Pumpe, d. h. der Massestrom, der aus dem Austrittsquerschnitt der Pumpe in die Druckleitung gefördert wird, bezeichnet.

ANMERKUNG 1 Verluste oder Teilströme, die in der Pumpe selbst entstehen oder benötigt werden, d. h.:

- a) Massestrom zur hydraulischen Entlastung des Axialschubes;
- b) Kühlflüssigkeitsstrom für die Kühlung der Pumpenlager;
- c) Sperrflüssigkeitsstrom für die Sperrung der Stopfbuchse.

ANMERKUNG 2 Leckströme aus Anschlüssen, innere Leckströme usw. sind im Massestrom nicht mit einzurechnen. Für andere Zwecke entnommene Flüssigkeitsströme, wie etwa:

- d) Kühlung der Motorlager;
- e) Kühlung eines Getriebes (Lager, Ölkühler) usw.

sind im Massestrom mit einzurechnen.

ANMERKUNG 3 Ob und wie diese Ströme berücksichtigt werden müssen, hängt von ihrem Entnahmepunkt bzw. dem Messquerschnitt ab.

3.2.8 Volumenstrom

Der Volumenstrom am Austrittsquerschnitt der Pumpe hat den Wert:

$$Q = \frac{q}{\rho}$$

ANMERKUNG In dieser Internationalen Norm kann dieses Formelzeichen auch den Volumenstrom in einem bestimmten Querschnitt bedeuten. In diesem Fall ist der Volumenstrom der Quotient aus dem Massestrom im betrachteten Querschnitt durch die Dichte. (Der Querschnitt kann durch Indizes bezeichnet werden.)

3.2.9 Mittlere Geschwindigkeit

mittlere axiale Strömungsgeschwindigkeit, gleich dem Volumenstrom dividiert durch den Rohrquerschnitt

$$U = \frac{Q}{A}$$

ANMERKUNG Zu beachten ist, dass Q aus verschiedenen Gründen im Kreislauf variieren kann.

3.2.10 Örtliche Geschwindigkeit

örtliche Strömungsgeschwindigkeit an einem beliebigen Punkt

3.2.11 Förderhöhe

auf die Masse bezogene Energie der Förderflüssigkeit dividiert durch Fallbeschleunigung g

3.2.12 Bezugsebene

jede horizontale Ebene, die als Ausgangspunkt für Höhenmessungen dient

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

3.2.13 Abstand zur Bezugsebene

Abstand des betrachtenden Punktes zur Bezugsebene

ANMERKUNG Der Wert ist:

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

(Siehe Bild A.1.)

3.2.14 Manometerdruck

Druck über oder unter dem atmosphärischen Luftdruck

ANMERKUNG 1 Der Wert ist:

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

ANMERKUNG 2 Mit Ausnahme des Umgebungsdrucks und des Dampfdrucks der Flüssigkeit, die als absolute Drücke angegeben sind, sind alle Drücke in dieser Norm an Manometern oder ähnlichen Druckmessgeräten ermittelte Drücke.

3.2.15 Geschwindigkeitshöhe

auf die Masse bezogene kinetische Energie der sich in Bewegung befindenden Förderflüssigkeit, dividiert durch g :

$$\frac{U^2}{2g}$$

3.2.16 Energiehöhe

In einem beliebigen Querschnitt beträgt die Energiehöhe:

$$H_x = z_x + \frac{p_x}{\rho g} + \frac{U_x^2}{2g}$$

Dabei ist z die Höhenlage des Querschnittmittelpunktes über der Bezugsebene und p der auf den Querschnittmittelpunkt bezogene Manometerdruck.

ANMERKUNG Die absolute Energiehöhe in einem beliebigen Querschnitt wird ausgedrückt durch:

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

3.2.17 Energiehöhe im Eintrittsquerschnitt der Pumpe

Energiehöhe im Eintrittsquerschnitt der Pumpe:

$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{U_1^2}{2g}$$

3.2.18 Energiehöhe im Austrittsquerschnitt der Pumpe

Energiehöhe im Austrittsquerschnitt der Pumpe:

$$H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{U_2^2}{2g}$$

3.2.19 Förderhöhe der Pumpe

algebraischer Unterschied zwischen der Energiehöhe H_2 im Austrittsquerschnitt und der Energiehöhe H_1 im Eintrittsquerschnitt der Pumpe:

ANMERKUNG 1 Falls sich die Dichte der Förderflüssigkeit nicht bedeutend ändert, gilt: $H = H_2 - H_1$.

Falls sich die Dichte der Förderflüssigkeit bedeutend ändert, sollte man für die Dichte ρ den Mittelwert:

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

einsetzen und die Förderhöhe der Pumpe nach folgender Gleichung berechnen:

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

ANMERKUNG 2 Das mathematisch richtige Formelzeichen wäre H_{1-2} .

3.2.20 Spezifische Energie

auf die Masse bezogener Energiegehalt der Förderflüssigkeit:

$$y = g H$$

3.2.21 Eintrittseitige Verlusthöhe

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

3.2.22 Austrittseitige Verlusthöhe

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

3.2.23 Rohrreibungsbeiwert

Koeffizient für den Förderhöhenverlust durch Reibung in der Rohrleitung

3.2.24 Haltedruckhöhe (en: Net Positive Suction Head, *NPSH*)

Die Haltedruckhöhe ist die absolute Energiehöhe im Eintrittsquerschnitt der Pumpe oberhalb der dem Dampfdruck entsprechenden Höhe, bezogen auf die (*NPSH*)-Bezugsebene.

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

ANMERKUNG Diese Haltedruckhöhe bezieht sich also auf die (*NPSH*)-Bezugsebene, während sich die Energiehöhe im Eintrittsquerschnitt der Pumpe auf die Bezugsebene bezieht.

3.2.25 (*NPSH*)-Bezugsebene

Die horizontale Ebene durch den Mittelpunkt eines durch die Außenpunkte der Eintrittskanten der Laufradschaufeln beschriebenen Kreises. Bei mehrstufigen Pumpen in der ersten Stufe.

Bei zweiströmigen Pumpen mit vertikaler oder schräger Achse ist dies die durch den höher gelegenen Mittelpunkt verlaufende Ebene.

ANMERKUNG Der Hersteller sollte die Lage dieser Ebene angeben und dazu genaue Bezugspunkte auf der Pumpe nennen.

Siehe Bild 1.

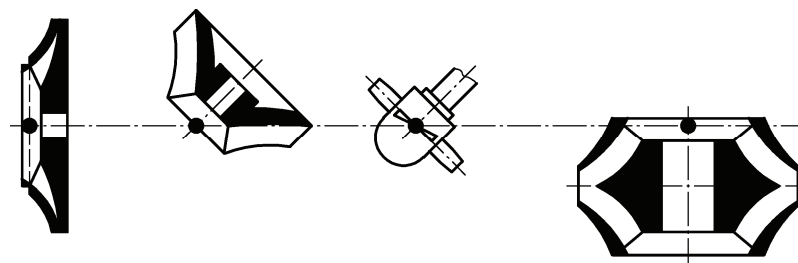


Bild 1 — (*NPSH*)-Bezugsebene

3.2.26 Verfügbare (*NPSH*), (*NPSHA*)

durch die Anlagenverhältnisse für einen bestimmten Förderstrom vorgegebener Wert der verfügbaren (*NPSH*)

3.2.27 Geforderte (*NPSH*), (*NPSHR*)

geringster vom Hersteller/Lieferer angegebener (*NPSH*)-Wert, bei dem die Pumpe bei festgelegtem Förderstrom, festgelegter Drehzahl und bei Verwendung eines bestimmten Fördermediums ein bestimmtes Leistungsverhalten zeigt (Auftreten von sichtbarer Kavitation, Geräusch- und Schwingungserhöhung durch Kavitation, beginnender Förderhöhen- oder Wirkungsgradabfall, Förderhöhen- oder Wirkungsgradabfall von vorgegebener Größe, Begrenzung von Kavitationsverschleiß)

3.2.28 (*NPSH3*)

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

3.2.29 Kennzahl für die Schnellläufigkeit

dimensionslose Größe, berechnet im Punkt des besten Wirkungsgrades, definiert durch folgende Gleichung:

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

Dabei ist Q' der Volumenstrom je Laufradauge und H' die Förderhöhe der ersten Stufe.

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

3.2.30 Leistungsbedarf der Pumpe

von der Antriebsmaschine auf die Pumpe übertragene Leistung

3.2.31 Förderleistung

beim Durchlaufen der Pumpe auf das Fördermedium übertragene mechanische Leistung

$$P_h = \rho Q g H = \rho Q y$$

3.2.32 Leistungsbedarf des Motors

von der Antriebsmaschine der Pumpe aufgenommene Leistung

3.2.33 Höchstwert der Wellenleistung

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

3.2.34 Pumpenwirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_h}{P_2}$$

3.2.35 Wirkungsgrad des Pumpenaggregates

$$\eta_1 = \frac{P_h}{P_1}$$

3.3 Liste der grundlegenden Buchstaben und Indizes

Tabelle 1 — Alphabetisches Verzeichnis der als Formelzeichen verwendeten Buchstaben

Formelzeichen	Größe	Einheit
A	Fläche	m^2
D	Durchmesser	m
E	Energie	J
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 ausgedrückt	m
k	Äquivalente gleichförmige Rauigkeit	m
K	Kennzahl für die Schnellläufigkeit	Dimensionslose Zahl
l	Länge	m
n	Drehzahl	s^{-1} , min^{-1}
$(NPSH)$	Haltedruckhöhe	m
p	Druck	Pa
P	Leistung	W
Q	Förderstrom (Volumenstrom) ^b	m^3/s
Re	Reynolds-Zahl	Dimensionslose Zahl
t	Toleranzfaktor, relativer Wert	(%)
t	Zeit	s
T	Drehmoment	Nm
U	Mittlere Geschwindigkeit	m/s
v	Örtliche Geschwindigkeit	m/s
V	Volumen	m^3
y	Spezifische Energie	J/kg
z	Abstand zur Bezugsebene	m
z_D	Unterschied zwischen der $(NPSH)$ -Bezugsebene und der Bezugsebene (siehe 3.2.24)	m
η	Wirkungsgrad	Dimensionslose Zahl
θ	Temperatur	$^{\circ}\text{C}$
λ	Rohrreibungsbeiwert	Dimensionslose Zahl
ν	Kinematische Zähigkeit	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: $g = 9,780\,3 (1 + 0,005\,3 \sin^2 \varphi) - 3 \times 10^{-6} \cdot Z$, wobei φ für den Breitengrad und Z für die geodätische Höhe steht.

^b Der Volumenstrom (Förderstrom) kann auch mit q_v bezeichnet werden.

Tabelle 2 — Verzeichnis der als Indizes verwendeten Buchstaben und Zahlen

Index	Bedeutung
1	Eintritt
1'	Eintrittseitiger Messquerschnitt
2	Austritt
2'	Austrittseitiger Messquerschnitt
abs	absolut
amb	Umgebung
D	Unterschied, Differenz, -ebene
f	Flüssigkeit in Messrohren
G	garantiert
H	Förderhöhe der Pumpe
gr	Aggregat (Pumpe und Antrieb)
J	Verluste
M	Manometer
n	Drehzahl
P	Leistung
Q	Volumenstrom
ref	Bezugsebene
T	umgerechnet, Drehmoment
h	hydraulisch
v	Dampf (Druck)
η	Wirkungsgrad
x	an beliebiger Stelle

3.4 Allgemeine Definitionen

Sämtliche der nachstehenden Prüfungsarten gelten für den Garantiepunkt zur Erfüllung der Kundenspezifikation.

3.4.1 Werkseigene Produktionskontrolle

Es werden Pumpenprüfungen durchgeführt, um das Leistungsverhalten neuer Pumpen im Auslieferungszustand zu verifizieren und um die Wiederholpräzision der Produktionseinheiten, die Genauigkeit der Laufradeinstellungsberechnungen und das Leistungsverhalten bei Verwendung bestimmter Werkstoffe zu überprüfen. 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 können weitere Messungen, wie z. B. die der (NPSH), einbezogen werden. Als werkseigene Produktionskontrolle 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.

3.4.2 Nicht bezeugte Pumpenprüfung

3.4.2.1 Werksprüfung

Nicht bezeugte Werksprüfungen werden ohne Anwesenheit eines Käufervertreters durchgeführt. Der Pumpenhersteller trägt die Verantwortung für die Datenerfassung und für die Entscheidung über die Abnahme der Pumpe. Der Vorteil dieser Prüfung liegt in der Kostenersparnis und der beschleunigten Auslieferung der Pumpe an den Anwender. Falls der Käufer mit dem Leistungsverhalten der Pumpe vertraut ist (z. B. bei der Bestellung von Pumpen identischer Bauart) ist eine nicht bezeugte Werksprüfung häufig ausreichend.

3.4.2.2 Zertifizierte Werksprüfung

Nicht bezeugte zertifizierte Werksprüfungen werden ohne Anwesenheit eines Käufervertreters durchgeführt. Der Pumpenhersteller trägt die Verantwortung für die Einhaltung der vorliegenden Prüfnorm. Der Pumpenhersteller führt die Prüfung durch, fällt das Urteil über die Abnahme der Pumpe und erstellt ein zertifiziertes und unterzeichnetes Prüfdokument für die Pumpe. Der Vorteil dieser Prüfung ist der gleiche wie der 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.

3.4.3 Bezeugte Pumpenprüfung

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.

3.4.3.1 Bezeugung durch den Vertreter des Käufers

Ein Vertreter des Käufers ist bei der Prüfung physisch anwesend. Dieser Vertreter zeichnet die Rohdaten der Prüfung ab, um zu bestätigen, dass diese in zufrieden stellender Weise ausgeführt wurde. Die Entscheidung über die endgültige Abnahme des Leistungsverhaltens der Pumpe kann von diesem Zeugen getroffen werden, dies braucht aber nicht notwendigerweise der Fall zu sein. 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. Nachteile der bezeugten Prüfung können die Verlängerung der Lieferzeit und die erhöhten Kosten sein. Bei den heutigen Just-in-time-Produktionsverfahren erfordert die Planung von bezeugten Prüfungen ein erhebliches Maß an Flexibilität auf Seiten des Zeugen und kann zur Entstehung weiterer Kosten führen, falls der Zeitplan des Zeugen Produktionsverzögerungen zur Folge hat.

3.4.3.2 Fernbezeugung durch den Vertreter des Käufers

Der Käufer oder sein Vertreter kann die Prüfung des Leistungsverhaltens der Pumpe auch aus der Ferne bezeugen. Mit Hilfe eines 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 Pumpe(n).

4 Pumpenmessungen und Abnahmekriterien

4.1 Allgemeines

Der festgelegte und vertraglich vereinbarte Bemessungspunkt (Pflichtpunkt) – im Folgenden als Garantiepunkt bezeichnet – ist im Bezug auf genau eine Klasse zu beurteilen. Für eine Prüfung des Pumpenleistungsverhaltens muss dieser Garantiepunkt grundsätzlich den Garantievolumenstrom Q_G und die Garantieförderhöhe H_G und kann er wahlweise zusätzlich einen Garantiewirkungsgrad, eine Garantiewellenleistung oder eine geforderte Garantie-Haltdruckhöhe (*NPSHR*) festlegen. Falls zutreffend sind diese fakultativen Garantieparameter für die entsprechenden Prüfungen festzulegen, siehe die einschlägigen Prüfabschnitte 4.4.3 und 5.8.

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

Garantiepunkte können in einem schriftlichen Vertrag, in einer kundenspezifischen Kennlinie der Pumpenleistung oder in einer ähnlichen schriftlichen und projektspezifischen Dokumentation detailliert festgelegt werden.

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

- 1) Toleranzen für die Abnahmeklassen in Übereinstimmung mit den in Tabelle 5 angegebenen Klassen;
- 2) die Prüfungen müssen auf dem im Werk des Herstellers befindlichen Prüfstand mit kaltem klarem Wasser unter Einhaltung der in der vorliegenden Internationalen Norm festgelegten Prüfverfahren und Prüfanordnungen durchgeführt werden;
- 3) die Pumpenleistung zwischen Eintritts- und Austrittsflansch der Pumpe muss garantiert sein;
- 4) die außerhalb der Pumpe befindlichen Rohrleitungen und Armaturen (Krümmer, Druckminderer und Ventile) sind nicht Gegenstand der Garantie.

Die Kombination der Fertigungs- und Messunsicherheiten macht in der Praxis die Anwendung von Toleranzen auf die geprüften Werte erforderlich. Die in Tabelle 5 angegebenen Toleranzen berücksichtigen sowohl die Herstellungs- als auch die Messungstoleranzen. Zu näheren Einzelheiten siehe Anhang B.

Das Leistungsverhalten einer Pumpe hängt in hohem Maße von der Beschaffenheit des zu pumpenden Fördermediums ab. Obgleich es nicht möglich ist, allgemeine Regeln anzugeben, nach denen sich das Leistungsverhalten bei Verwendung von reinem kaltem Wasser zur Vorhersage der Leistung mit anderen Fördermedien verwenden lässt, ist zu wünschen, dass die beteiligten Parteien empirische Regeln miteinander vereinbaren, die den jeweiligen Umständen angemessen sind. Für weitere Informationen siehe ISO/TR 17766.

Falls der Kauf einer Anzahl identischer Pumpen ansteht, ist die Anzahl der zu prüfenden Pumpen zwischen dem Käufer und dem Hersteller bzw. Lieferer zu vereinbaren.

Sowohl der Käufer als auch der Hersteller/Lieferer hat 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 Einstellungen der Prüfeinrichtung zu überprüfen.

4.2 Garantien

Der Hersteller garantiert, dass die gemessene Pumpenkennlinie für den Garantiepunkt und bei Bemessungsdrehzahl (bzw. in bestimmten Fällen bei der Bemessungsfrequenz und -spannung) in einem durch die geltende Abnahmeklasse festgelegten Toleranzbereich verläuft, der den Garantiepunkt umgibt (siehe Tabelle 5 und die Bilder 1 und 2).

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

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

- | | | |
|--|---|--|
| <p>1) a) Mindestwirkungsgrad der Pumpe η_G oder höchste Leistungsaufnahme der Pumpe P_G; oder</p> <p>b) im Falle eines kombinierten Pumpen- und Motoraggregats der kombinierte Mindestwirkungsgrad η_{grG} oder die höchste Leistungsaufnahme des Pumpenmotoraggregats P_{grG}</p> | } | festgelegt in 4.4.3 und den Bildern 3, 4 und 5 |
|--|---|--|
- 2) Höchste geforderte (*NPSH*) (*NPSHR*) beim garantierten Volumenstrom.

Die maximale Leistungsaufnahme darf für den Garantiepunkt oder für einen Bereich von Punkten im Verlauf der Pumpenkennlinie garantiert werden. Zu diesem Zweck müssen Besteller und Hersteller/Lieferer jedoch eventuell größere Toleranzbereiche vereinbaren.

4.3 Messunsicherheiten

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.

4.3.2 Schwankung

Falls 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 der Beobachtungen 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
Druckhöhe	± 2	± 3	± 6
Saughöhe	± 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 zufälligen Messunsicherheit

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

Im Falle eines einzigen Prüfdurchlaufs sind die in Tabelle 3 angegebenen Werte als Höchstwerte für die zufällige Unsicherheit e_R anzusehen und dürfen für die Berechnung der Gesamtmessunsicherheit nach 4.3.3.4 verwendet werden.

Im Falle von Wiederholungsprüfungen und für eine genauere Betrachtung ist die zufällige Unsicherheit e_R wie folgt zu berechnen:

Der Schätzwert der zufälligen Unsicherheit der Messunsicherheit wird aus dem Mittelwert und der Standardabweichung der Beobachtungen errechnet. Für die Unsicherheit der Ablesungen 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:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$$

Die Standardabweichung s dieser Beobachtungen ist gegeben durch:

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

Der Relativwert der Unsicherheit e_R des auf Zufallseffekte zurückzuführenden Mittelwerts ist gegeben durch:

$$e_R = \frac{t s}{\bar{x} \sqrt{n}},$$

wobei t eine Funktion von n nach den Angaben in Tabelle 4 ist.

Tabelle 4 — Werte der Student- t -Verteilung

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 systematischen Unsicherheit

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 verschwindet. Diese Unsicherheit lässt sich auch durch Wiederholung der Messungen unter Verwendung derselben Messeinrichtung nach demselben Verfahren nicht verringern.

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

ANMERKUNG Nach der Definition in dieser Norm wird die systematische Unsicherheit mit der gerätebezogenen Messunsicherheit gleichgesetzt (ISO/IEC-Leitfaden 99:2007, 4.24).

Tabelle 5 — Zulässige Relativwerte der systematischen Unsicherheit e_s

Gemessene Größe	Größte zulässige systematische Unsicherheit (am Garantiepunkt)	
	Klasse 1 %	Klassen 2 und 3 %
Förderstrom	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$
Differenzdruckhöhe	$\pm 1,0$	$\pm 2,5$
Druckhöhe	$\pm 1,0$	$\pm 2,5$
Saughöhe	$\pm 1,0$	$\pm 2,5$
Saughöhe für die (NPSH)-Prüfung	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$
Leistungsaufnahme für den Antrieb	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
Drehzahl	$\pm 0,35$	$\pm 1,4$
Drehmoment	$\pm 0,9$	$\pm 2,0$

4.3.3.3 Gesamtmessunsicherheit

Der Wert der Gesamtunsicherheit e ist gegeben durch:

$$e = \sqrt{e_R^2 + e_S^2}$$

Zulässige Werte für die Gesamtmessunsicherheit e sind in Tabelle 6 angegeben.