

Abnahmeversuche an Kreiselpumpen

(VDI-Kreiselpumpenregeln)

DIN
1944

Acceptance Tests on Centrifugal Pumps
(VDI Rules for Centrifugal Pumps)

Vorbemerkung

In dieser Norm wird empfohlen, mit Massen statt mit Gewichten (im Sinne von Gewichtskräften nach DIN 1305) und mit spezifischen Energien statt mit Förderhöhen zu rechnen. Trotzdem werden in den vorliegenden Regeln beide Rechenverfahren für eine Übergangszeit noch nebeneinander gestellt. Wo sich die Gleichungen bei beiden Rechenverfahren voneinander unterscheiden, stehen an erster Stelle die Gleichungen, in denen Gewichte, Wichten und Förderhöhen vorkommen, dahinter diejenigen, in denen mit Massen, Dichten und spezifischen Energien gerechnet wird. Im Text stehen jeweils die Größen der zweiten Gruppe in Klammern hinter denen der ersten. Wer sich für den Gebrauch eines dieser beiden Rechenverfahren entschieden hat, der braucht die zum anderen Rechenverfahren gehörenden Textstellen und Gleichungen nicht zu beachten.

Es wird aus Gründen der Einfachheit und Zweckmäßigkeit empfohlen, beim Rechnen mit Gewichtskräften und Förderhöhen wie bisher die technischen Einheiten (kp für die Kraft, kp/m^2 für den Druck und kp/m^3 für die Wichte) zu benutzen, beim Rechnen mit Massen und spezifischen Energien dagegen die internationalen Einheiten ($N = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ für die Kraft, $\text{N/m}^2 = \text{kg/m} \cdot \text{s}^2$ für den Druck und kg/m^3 für die Dichte). Es ergibt sich dann der praktische Vorteil, daß die Zahlenwerte für die Normwichte einer Flüssigkeit in kp/m^3 die gleichen sind wie die der Dichte in kg/m^3 . Die empfohlenen Einheiten sind in Tabelle 1 angegeben.

Die in diesem Normblatt verwendeten Begriffe, wie „Garantie“ und „Abnahme“, sind in technischem und nicht in rechtlichem Sinn zu verstehen. Die Begriffe „Garantie“ oder „garantieren“ bezeichnen also vertraglich festgelegte Werte als Grundlage für die Nachprüfung, sagen aber nichts darüber aus, welche Rechte und Pflichten entstehen, wenn diese Werte nicht erreicht oder eingehalten werden (siehe Absatz 1.2). Auch der Begriff „Abnahme“ hat hier keine rechtliche Bedeutung. Deshalb bedeutet auch ein erfolgreich durchgeführter Abnahmeversuch für sich allein noch nicht die „Abnahme“ im rechtlichen Sinn (siehe Abschnitt 7.2.6).

Inhalt

	Seite		Seite
1. Umfang und Geltungsbereich	3	4. Versuchsbedingungen	8
1.1. Umfang der Abnahmeregeln	3	4.1. Ort und Zeitpunkt der Versuche	8
1.2. Geltungsbereich der Abnahmeregeln	3	4.1.1. Ort der Versuche	8
2. Begriffe, Zeichen, Einheiten	3	4.1.2. Zeitpunkt der Versuche	8
3. Technische Garantien	4	4.2. Während des Abnahmeversuches zulässige Abweichungen von den vertraglich festgesetzten Werten	8
3.1. Allgemeine Festlegungen	4	4.2.1. Schwankungen um die Versuchsmittelwerte	8
3.1.1. Liefervertrag	4	4.2.2. Abweichungen der Versuchsmittelwerte von den Garantiewerten	8
3.1.2. Gegenstand der Garantie	4	4.2.3. Einhalten der Haltedruckhöhe (spezifischen Halteenergie) der Pumpe	8
3.1.3. Betriebsdaten	4	4.3. Versuchskosten	8
3.1.4. Antriebsmaschine	4	4.4. Wiederholung der Versuche	8
3.2. Hauptgarantien	4	5. Versuchsdurchführung	9
3.2.1. Umfang der Hauptgarantien	4	5.1. Versuchspersonal	9
3.2.2. Förderwert- und Wirkungsgradgarantien, Genauigkeitsstufen	4	5.1.1. Anforderungen	9
3.2.3. Förderwert- und Wirkungsgradgarantien der Genauigkeitsstufen I, II und III	5	5.1.2. Versuchsleiter	9
3.2.4. Garantien und Abnahmeversuch	6	5.2. Versuchsvorbereitungen	9
3.3. Erfüllung der Hauptgarantien	6	5.2.1. Unterlagen	9
3.3.1. Förderwerte	6	5.2.2. Versuchsprogramm	9
3.3.2. Wirkungsgrad	6	5.2.3. Versuchsgeräte	9
3.4. Zusätzliche Garantien	7	5.3. Das Messen	9
3.4.1. Zugelassene Haltedruckhöhe (zugelassene spezifische Halteenergie)	7	5.3.1. Vorversuche	9
3.4.2. Stabile Drosselkurve	7	5.3.2. Einstellen der Versuchspunkte	9
3.4.3. Nullförderhöhe (spezifische Nullförderarbeit)	7	5.3.3. Anzahl der Meßpunkte	10
3.4.4. Nulleistungsbedarf	7	5.3.4. Ablesen der Meßgeräte	10
3.4.5. Untere Grenzförderhöhe (untere spezifische Grenzförderarbeit) oder größter Förderstrom	7	5.3.5. Protokollblätter	10
3.4.6. Rücklaufdrehzahl	7	5.3.6. Auswerten	10
3.4.7. Ausmaß des Kavitationsverschleißes	7		
3.4.8. Leckverlust der Wellenabdichtungen	7		
3.4.9. Maschinenschallpegel der Pumpe	7		

(Fortsetzung umseitig)

6. Versuchsauswertung	10	8.1.3. Messen mit eichbaren Zählern	16
6.1. Meßwerte	10	8.1.4. Messen mit einem Schwebekörperdurchflußmesser	17
6.1.1. Mittelwertbildung von Meßwerten	10	8.1.5. Messen mit einem Meßschirm	17
6.1.2. Für die Versuchsauswertung notwendige Meßgrößen	10	8.1.6. Messen mit dem Allen-Salzgeschwindigkeits-Verfahren	18
6.2. Umrechnung der Versuchswerte auf Garantiegrundlage	11	8.1.7. Messen mit einem Drosselmeßgerät	19
6.2.1. Zweck der Umrechnung	11	8.1.8. Messen mit hydrometrischen Flügeln	19
6.2.2. Umrechnung der Versuchswerte auf die garantierte Drehzahl	11	8.1.9. Messen mit Stauohren	22
6.2.3. Umrechnung der Versuchswerte auf die garantierte Haltedruckhöhe (spezifische Halteenergie)	11	8.1.10. Messen mit einem Überfall	22
6.2.4. Umrechnung der Versuchswerte auf die garantierte Flüssigkeit	11	8.1.11. Messen mit dem Salzverdünnungsverfahren	23
6.3. Meßunsicherheiten	11	8.1.12. Messen mit einem induktiven Durchflußmeßgerät	24
6.3.1. Allgemeines	11	8.1.13. Ermitteln des Förderstromes aus Messungen nach dem thermodynamischen Meßverfahren	24
6.3.2. Ermitteln der durch die Meßunsicherheiten verursachten Streuungen	12	8.2. Förderhöhe (spezifische Förderarbeit)	24
6.3.3. Berücksichtigen der Meßunsicherheiten bei der Versuchsauswertung	12	8.2.1. Zusammensetzung der Förderhöhe (spezifischen Förderarbeit)	24
6.3.4. Ungültige Meßpunkte	12	8.2.2. Messen von Höhen	25
6.4. Erfüllung der Garantien	12	8.2.3. Messen von Druckhöhen (spezifischen Druckenergien)	26
6.4.1. Förderwerte	12	8.2.4. Geschwindigkeitshöhen (spezifische Geschwindigkeitsenergien)	28
6.4.2. Wirkungsgrad	12	8.2.5. Berechnen der Verlusthöhe (spezifischen Verlustenergie)	28
6.5. Zu erwartende Gesamtmeßunsicherheiten	13	8.3. Drehzahl	28
6.5.1. Genaue Ermittlung und Richtwerte	13	8.3.1. Meßprinzip	28
6.5.2. Richtwerte für Meßunsicherheiten	13	8.3.2. Meßgeräte und Einrichtungen	29
6.5.3. Meßunsicherheiten für die gemessenen Förderwerte und für den Wirkungsgrad	14	8.3.3. Wahl der Meßstelle	29
6.5.4. Meßunsicherheiten für die umgerechneten Förderwerte	14	8.3.4. Meßvorgang	29
7. Versuchsbericht	14	8.3.5. Versuchsauswertung	29
7.1. Ausarbeiten des Berichtes	14	8.4. Leistungsbedarf	29
7.2. Inhalt des Berichtes	14	8.4.1. Messen des Drehmomentes	29
7.2.1. Allgemeine Angaben über den Abnahmeversuch	14	8.4.2. Messen der aufgenommenen elektrischen Leistung	30
7.2.2. Angaben über die Pumpe	14	8.5. Pumpenverluste, Pumpenwirkungsgrade	30
7.2.3. Angaben über den Antrieb	15	8.5.1. Verluste und Wirkungsgrade	30
7.2.4. Angaben über die Versuchsdurchführung	15	8.5.2. Bestimmen des inneren Pumpenwirkungsgrades (thermodynamisches Meßverfahren)	31
7.2.5. Angaben über die Versuchsauswertung	15	8.5.3. Bestimmen des mechanischen Wirkungsgrades	38
7.2.6. Schlußfolgerungen	15	Erläuterung	39
8. Meßverfahren	15		
8.1. Förderstrom	15		
8.1.1. Übersicht über die Meßverfahren	15		
8.1.2. Messen mit einem Behälter	15		

1. Umfang und Geltungsbereich

1.1. Umfang der Abnahmeregeln

Die vorliegenden Regeln sind Grundlagen von allgemeiner Gültigkeit für Abnahmeversuche an Kreiselpumpen. Sie enthalten:

- eindeutige Definitionen aller Größen, die für die Beschreibung der Funktion einer Kreiselpumpe und für die Festlegung der Garantien für ihre Förderwerte (die hydraulische Größe der Pumpe) und für ihren Wirkungsgrad (die hydraulische Güte der Pumpe) benötigt werden;
- Festlegungen über die technischen Garantien und deren Erfüllung;
- Empfehlungen für das Vorbereiten und Durchführen von Abnahmeversuchen zwecks Prüfung der Garantien;
- Festlegungen für den Vergleich der Meßergebnisse mit den garantierten Werten und für die Schlußfolgerungen;
- Empfehlungen für das Abfassen des Versuchsberichtes;
- Beschreibungen der wichtigsten bei Abnahmeversuchen an Pumpen heute gebräuchlichen Meßverfahren sowie Beschreibung der Durchführung und der Auswertung von Versuchen unter Berücksichtigung der unvermeidlichen Meßunsicherheiten.

1.2. Geltungsbereich der Abnahmeregeln

Die Regeln gelten für alle Bauarten von Kreiselpumpen. Die Pumpe wird durch genau definierte Endquerschnitte, nämlich durch den Eintrittsquerschnitt und durch den Austrittsquerschnitt abgegrenzt.

Für Speicherpumpen ist die Norm DIN 4325 in Vorbereitung. Sie ist eine Übersetzung der IEC-Publikation 198, Internationale Regeln für Abnahmeversuche an Speicherpumpen in Kraftwerken, Ausgabe 1966.

Abnahmeversuche an Modellpumpen werden in diesen Regeln nicht behandelt.

In die Abnahmeregeln wurden nicht aufgenommen:

- Empfehlungen für das Abfassen kaufmännischer Vorschriften, einschließlich der Garantieklausel des Liefervertrages;
- Richtlinien für das Beurteilen der Konstruktion der Pumpe oder ihrer Einzelteile;
- Empfehlungen für die Wahl und die Prüfung der Werkstoffe.

2. Begriffe, Zeichen, Einheiten

Die Formelzeichen nach Tabelle 1 stimmen mit DIN 24260 „Kreiselpumpen und Kreiselpumpenanlagen — Begriffe, Zeichen, Einheiten“ überein. Bei den empfohlenen Einheiten stehen an erster Stelle die Einheiten, die ein kohärentes System bilden; benutzt man sie bei der Auswertung der im Text angegebenen Größengleichungen, so treten keine Umrechnungsfaktoren auf. In Klammern sind einige übliche Einheiten angegeben, die nicht kohärent sind, so daß Umrechnungsfaktoren einzusetzen sind.

Tabelle 1. Begriffe, Formelzeichen, Einheiten.

Begriff	Formelzeichen	Empfohlene Einheiten	
		technische	internationale (SI)
Förderstrom der Pumpe	Q	$m^3/s, (m^3/h)$	m^3/s
Förderhöhe der Pumpe	H	m	—
Spezifische Förderarbeit der Pumpe	Y	—	$\frac{Nm}{kg} = m^2/s^2$
Haltdruckhöhe der Pumpe	H_H	m	—
Spezifische Halteenergie der Pumpe	Y_H	—	$\frac{Nm}{kg} = m^2/s^2$
Verlustrhöhe	H_v	m	—
Spezifische Verlustarbeit	Y_v	—	$\frac{Nm}{kg} = m^2/s^2$
Geschwindigkeit der Förderflüssigkeit	v	m/s	m/s
Druck	p	kp/m ² (kp/cm ² = at)	N/m ² , (bar)
Druckhöhe	p/γ	m	—
Spezifische Druckenergie	p/ρ	—	$\frac{Nm}{kg} = m^2/s^2$
Höhenlage	z	m	m
Förderleistung	P_Q	$\frac{kp \cdot m}{s}, (kW)$	$\frac{kg \cdot m^3}{s^3} =$ $= \frac{Nm}{s} = W,$ (kW)
Leistungsbedarf	P	$\frac{kp \cdot m}{s}, (kW)$	$\frac{kg \cdot m^3}{s^3} =$ $= \frac{Nm}{s} = W,$ (kW)
Pumpenwirkungsgrad	η	—	—
Drehzahl	n	1/s, (1/min)	1/s, (1/min)
Örtliche Fallbeschleunigung	g	m/s ²	m/s ²
Wichte	γ	kp/m ³	—
Dichte	ρ	—	kg/m ³
Kinematische Viskosität	ν	m ² /s	m ² /s
Isobare spezifische Wärmekapazität	c_p^*	—, (kcal/kp grad)	—
Isobare spezifische Wärmekapazität	c_p	—	Nm/kg grad $= m^2/s^2 \cdot grad$
Indizes		für eine Größe	
N		als Nennwert	
m		als mittleren Wert	
min		als Kleinstwert	
max		als Größtwert	
mech		als mechanischer Wert	
s		im Eintrittsquerschnitt	
d		im Austrittsquerschnitt	
1		im saugseitigen Meßquerschnitt	
2		im druckseitigen Meßquerschnitt	