

DIN EN 16480

ICS 23.080

**Pumpen –
Geforderte Mindesteffizienz bei Kreiselpumpen für Wasser;
Deutsche Fassung EN 16480:2016**

Pumps –
Minimum required efficiency of rotodynamic water pumps;
German version EN 16480:2016

Pompes –
Rendement minimum requis des pompes à eau rotodynamiques;
Version allemande EN 16480:2016

Gesamtumfang 77 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Diese Norm enthält Festlegungen zur Energieeffizienz vom sog. Wasserpumpen (ohne Antrieb).

Sie beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitee CEN/TC 197 „Pumpen“ im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten EN 16480:2017.

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

Diese Norm konkretisiert einschlägige Anforderungen der Ökodesign-Richtlinie 2005/32/EG (und 2009/125/EG) an erstmals im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) in Verkehr gebrachte Pumpen, um den Nachweis der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu erleichtern.

Die im Abschnitt 2 und den Literaturhinweisen zitierten Europäischen Normen sind als DIN EN- bzw. DIN EN ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht.

Für die zitierten Internationalen Normen, sofern sie nicht als DIN ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht sind, gibt es keine nationalen Entsprechungen.

Der Text dieser Norm enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheit „bar“, die in Deutschland nicht zugelassen ist. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheit im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr auf Grund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen nicht zulässig ist.“

Deutsche Fassung

Pumpen —
Geforderte Mindesteffizienz bei Kreiselpumpen
für Wasser

Pumps —
Minimum required efficiency of
rotodynamic water pumps

Pompes —
Rendement minimum requis des pompes
à eau rotodynamiques

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 4. März 2016 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, 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

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

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
3.1 Allgemeines.....	8
3.2 Auflistung der Größen mit Definitionen.....	8
3.3 Auflistung der Grundbuchstaben und Indizes.....	10
3.4 Allgemeine Definitionen	12
4 Mindest-Effizienzanforderungen und Mindest-Effizienzindex	13
4.1 Das Konzept des „Effizienzhauses“	13
4.2 Mathematische Darstellung der Mindest-Effizienzanforderungen	15
4.3 Mindest-Wirkungsgrad bei Teillast und Überlast	16
4.4 Mindest-Effizienzindex.....	17
5 Bestimmung des Wirkungsgrads einer Prüfpumpe.....	20
5.1 Allgemeines.....	20
5.2 Durchführung der Prüfung	20
5.3 Prüfbedingungen.....	21
5.4 Messunsicherheiten	22
5.4.1 Relevanz	22
5.4.2 Schwankungen	22
5.4.3 Statistische Auswertung der Gesamtmessunsicherheit	23
5.4.4 Maximal zulässige Messgeräteunsicherheit (systematische Unsicherheit).....	23
5.5 Auswertung der Prüfdaten.....	25
5.5.1 Umwandlung der Prüfergebnisse in die Nenndrehzahl oder die elektrische Nennfrequenz	25
5.5.2 Leistungskennlinien.....	26
5.5.3 Bestimmung der für die Qualifizierung oder Verifizierung relevanten Werte.....	28
5.5.4 Verfahren der Prüfung und/oder Bewertung von speziellen Pumpentypen	28
6 Nachweis des Mindest-Effizienzindex einer Pumpengröße	29
6.1 Allgemeine Bemerkungen	29
6.2 Bestimmung des Mindest-Effizienzindex einer Pumpengröße.....	30
7 Verifizierung des Mindest-Effizienzindex für eine Pumpengröße.....	31
7.1 Allgemeine Bemerkungen	31
7.2 Verfahren und Entscheidung.....	32
Anhang A (normativ) In den Anwendungsbereich fallende Pumpentypen	35
Anhang B (informativ) Allgemeine Bemerkungen zum Wirkungsgrad von Kreiselpumpen.....	37
Anhang C (informativ) Mittelwerte einer für den Mindest-Effizienzindex relevanten Größe.....	39
Anhang D (informativ) Empfohlene Verfahren für Hersteller bei der Bestimmung der Mittelwerte der hydraulischen Größen einer für den MEI relevanten Pumpengröße.....	44
D.1 Allgemeine Bemerkungen	44
D.2 Bestimmung des mittleren Wirkungsgrads einer Pumpengröße aus einer Prüfung an einer einzelnen Prüfpumpe	45

D.3	Bestimmung des mittleren Wirkungsgrads einer Pumpengröße aus einer Stichprobe aus M Prüfpumpen.....	46
Anhang E (informativ) Zahlenbeispiel		49
Anhang F (informativ) Anwendung der mathematischen Statistik auf die Prüfungen		55
F.1	Zweck der Anwendung der Statistik im Rahmen der Qualifizierung und Verifizierung.....	55
F.2	Vertrauensintervall	56
F.3	Gesetz der Fehlerfortpflanzung	58
F.4	Zahlenbeispiel	59
Anhang G (informativ) Messunsicherheiten		65
G.1	Allgemeine Bemerkungen	65
G.2	Bestimmung der Gesamt-Messunsicherheiten des Wirkungsgrads	67
Anhang H (informativ) Erläuterungen zur Methodik des Verifizierungsverfahrens und der Wahrscheinlichkeit der Ergebnisse		69
Anhang I (informativ) Protokollierung der Prüfergebnisse im Prüfbericht		72
I.1	Anforderungen an den Prüfbericht	72
I.2	Pumpenprüfblatt	72
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte, durchgeführt auf der Grundlage der EU-Verordnung 547/2012		74
Literaturhinweise		75

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 16480:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 197 „Pumpen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2016, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2016 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2009/125/EG.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie 2009/125/EG, siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, 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.

Einleitung

Zweck und Inhalt dieser Norm

Die in den Anwendungsbereich dieser Europäischen Norm fallenden Wasserpumpen werden gewöhnlich durch Pumpenhersteller in Serie mit großen bis sehr großen Stückzahlen produziert und verkauft. Die Leistungsmerkmale der von einem Hersteller produzierten Pumpen einer bestimmten Größe weisen aufgrund der Fertigungstoleranzen eine gewisse Streuung auf, werden jedoch durch Mittelwerte und Kurven beschrieben, die diese Größe repräsentieren.

Der Gesamtverbrauch an elektrischer Energie durch Wasserpumpen, die in Anwendungen verbaut sind, die im Anwendungsbereich dieser Europäischen Norm liegen, ist von der Gesamtanzahl der eingebauten Pumpen jeder Größe und von deren mittlerem Wirkungsgrad abhängig. Die Qualität einer Größe in Bezug auf deren mittleren Wirkungsgrad wird quantitativ durch den Mindest-Effizienzindex (MEI) beschrieben, der in dieser Norm definiert und verwendet wird. Um einen bestimmten Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) zu erhalten, ist ein entsprechender Mindestwert für den mittleren Wirkungsgrad der jeweiligen Größe erforderlich.

Diese Europäische Norm legt für jeden Pumpentyp und jede Pumpengröße im Anwendungsbereich dieser Norm den erforderlichen Mindestwert für den Wirkungsgrad in Abhängigkeit vom Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) fest. Darüber hinaus legt diese Norm fest, wie der durch den Hersteller angegebene Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) einer Pumpengröße durch eine unabhängige Institution verifiziert werden kann (z. B. im Rahmen der Marktüberwachung). Im Allgemeinen dürfen die Hersteller einer Pumpengröße selbst entscheiden, wie sie den angegebenen Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) einer bestimmten Größe nachweisen. Diese Norm beschreibt jedoch auch ein Verfahren, mit dem der Hersteller nachweisen kann, dass die Mittelwerte des Wirkungsgrads den Anforderungen bezüglich der Angabe eines bestimmten Werts des Mindest-Effizienzindex (MEI) entsprechen.

In der Regel beruht die Qualifizierung einer Pumpengröße in Bezug auf einen bestimmten MEI-Wert durch den Hersteller auf Prüfungen und Bewertungen einer Stichprobe aus Pumpen dieser Größe. Es ist unerlässlich, dass Prüfungen und Bewertungen zum Zwecke der Feststellung der Eignung (Qualifizierung) der entsprechenden Größe bestimmte Anforderungen erfüllen:

- Es muss möglich sein, aus den Prüfungen der Musterpumpen die Vertrauensintervalle für die entsprechenden Größen vorherzubestimmen, innerhalb derer mit einer ausreichend hohen Wahrscheinlichkeit die wahren Mittelwerte des Wirkungsgrads liegen, die für die Qualifizierung relevant sind. Nur auf diese Weise wird die Qualifizierung der Größe in Bezug auf einen erforderlichen und/oder angegebenen Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) sicherstellen, dass die angestrebte Energieeinsparungswirkung erreicht wird.
- Sofern eine Pumpengröße nach den in dieser Europäischen Norm beschriebenen Kriterien qualifiziert wurde, muss jede weitere Prüfung an einer oder mehreren Prüfpumpe(n) derselben Größe (mit einem vollen Laufraddurchmesser), die im Rahmen eines Verifizierungsverfahrens durchgeführt wird, mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit diese Qualifizierung bestätigen.

Aufgrund der technischen Anpassungsverfahren der einzelnen Pumpenbestandteile, z. B. Lager oder Wellendichtungen, wird die Leistung der Pumpe erst nach einer bestimmten Einlaufzeit erreicht.

Wege für den Nachweis und die Verifizierung des Mindest-Effizienzindex (MEI) einer Pumpengröße

Diese Europäische Norm beschreibt verschiedene Wege, wie Hersteller die Qualifizierung einer Pumpengröße für einen bestimmten Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) erreichen können und wie diese Qualifizierung durch eine unabhängige Institution verifiziert werden kann.

Dem Hersteller steht es im Allgemeinen frei, angemessene Verfahren für den Nachweis dafür zu wählen und anzuwenden, dass die Mittelwerte des Wirkungsgrads einer Größe mindestens den spezifischen Schwellenwerten für den Wirkungsgrad entsprechen. Diese spezifischen Schwellenwerte für den

Wirkungsgrad stehen im Zusammenhang mit dem für die Größe anzugebenden Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI). In dieser Norm wird beschrieben, auf welche Art diese Wirkungsgradwerte zu bestimmen sind. Sofern die durch einen Hersteller gewählte Art des Nachweises des MEI-Werts für eine Größe von der im nächsten Absatz aufgeführten Art abweicht, muss der Hersteller sämtliche Prüfungen, Bewertungen und/oder Berechnungen sowie die Verfahren dokumentieren, die zum Nachweis der berechtigten Angabe des MEI-Werts durchgeführt wurden.

Sofern sich der Hersteller dafür entscheidet, die mittleren Leistungswerte einer Größe mithilfe eines der in Anhang D dieser Norm beschriebenen Verfahren zu bestimmen, muss er Prüfungen entsprechend den Anforderungen in Anhang C dieser Norm und Bewertungen nach Anhang C dieser Norm durchführen sowie nachweisen, wie in Abschnitt 7 dieser Norm beschrieben, dass die Kriterien für das Erreichen eines bestimmten Werts des Mindest-Effizienzindex (MEI) für die Größe erfüllt wurden. Die Prüfbedingungen, Ergebnisse der Versuchsauswertung und die Erfüllung der Kriterien werden dokumentiert und aufbewahrt. Die notwendige Zeitdauer, über welche die Dokumentation für die Behörden zur Bestätigung der Konformität aufbewahrt werden muss, ist rechtlich festgelegt.

Die unabhängige Institution führt entsprechend den Anforderungen nach 5.2 bis 5.4 dieser Norm Prüfungen an Pumpen der betreffenden Größen durch, nimmt Bewertungen nach 5.5 dieser Norm vor und wendet die Methodik und Vorgehensweise nach Abschnitt 4 dieser Norm an.

Einer unabhängigen Institution stehen nach dieser Norm zwei festgelegte Vorgehensweisen zur Verifizierung des durch den Hersteller angegebenen Werts des Mindest-Effizienzindex (MEI) zur Verfügung:

- a) Wenn der unabhängigen Institution nach Aufforderung die Qualifizierungsdokumentation durch den Hersteller vorgelegt wird, beruht der durch die unabhängige Institution ausgeführte Verifizierungsablauf auf der Dokumentation der durch den Hersteller durchgeführten und dokumentierten Prüfungen und Bewertungen. In diesem Fall wird die Dokumentation durch die unabhängige Institution auf ihre Übereinstimmung mit den Anforderungen und Kriterien dieser Norm überprüft.
- b) Sofern nach Aufforderung keine Dokumentation durch den Hersteller vorgelegt wird oder wenn die durch den Hersteller nach Aufforderung vorgelegte Dokumentation nicht als Nachweis des angegebenen MEI-Werts anerkannt wird, führt die unabhängige Institution entsprechend den Anforderungen nach Anhang C dieser Norm Prüfungen an Pumpen der betreffenden Größen durch, nimmt Bewertungen nach 5.5 dieser Norm vor und wendet die Methodik und Vorgehensweise nach Abschnitt 4 dieser Norm an.

Relevanz der Abschnitte dieser Norm für Hersteller und unabhängige Institutionen

Abschnitt 4 beschreibt Nennwerte der Mindest-Effizienzanforderungen für einen bestimmten Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) und ist im Allgemeinen bei Anwendung dieser Norm relevant.

Abschnitt 5 legt Prüfverfahren, Prüfbedingungen und Bewertungen fest und ist anzuwenden

- durch einen Hersteller, sofern dieser beschließt, die Mittelwerte einer Größe durch Prüfungen an Musterpumpen dieser Größe zu bestimmen (z. B. durch Verfahren, die in Anhang D beschrieben sind),
- durch eine unabhängige Institution, sofern der Mindest-Effizienzindex (MEI) einer Pumpengröße nach der in Abschnitt 7 aufgeführten Vorgehensweise zu verifizieren ist.

Abschnitt 6 beschreibt die Vorgehensweise, die durch einen Hersteller anzuwenden ist, wenn spezifische Schwellenwerte des Wirkungsgrads für einen bestimmten Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) einer Größe zu bestimmen sind und wenn durch die Erfüllung der Kriterien für die Mittelwerte des Wirkungsgrads die berechnete Angabe des MEI-Werts nachzuweisen ist.

Abschnitt 7 beschreibt die Methodik und die Vorgehensweise, die durch eine unabhängige Institution anzuwenden sind, sofern der durch den Hersteller angegebene Mindest-Effizienzindex (MEI) einer Größe durch Prüfungen an Pumpen dieser Größe durch Dritte verifiziert werden muss.

Anhang C behandelt die Mittelwerte einer Pumpengröße, die für Hersteller zum Nachweis daraufhin relevant sind, dass die Pumpengröße einen bestimmten Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) erreicht.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Leistungsanforderungen (Methoden und Verfahren zur Prüfung und Berechnung) zur Bestimmung des Mindest-Effizienzindex (MEI) von Wasserpumpen in Kreislumpenbauart mit Stopfbuchsen zum Pumpen von sauberem Wasser einschließlich von Produkten, in welche diese Pumpen integriert sind, fest.

Die Pumpentypen und Pumpengrößen, die von dieser Norm abgedeckt sind, werden im Anhang A beschrieben. Diese Pumpen werden als Pumpen für Drücke bis 16 bar bei Pumpen mit axialem Eintritt und bis 25 bar bei mehrstufigen Pumpen für Temperaturen zwischen -10 °C und $+120\text{ °C}$ und mehrstufigen Tauchpumpen der Größe 4" oder 6" bei Betriebstemperaturen in einem Bereich zwischen 0 °C und 90 °C ausgelegt und hergestellt.

Darüber hinaus legt diese Norm fest, wie der durch den Hersteller angegebene Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) einer Pumpengröße durch die Marktüberwachung verifiziert werden kann.

Selbst wenn es dem Hersteller einer Pumpengröße überlassen wird zu entscheiden, wie der Bemessungswert des Mindest-Effizienzindex (MEI) nachgewiesen wird, legt diese Norm dennoch ein Verfahren zum Nachweis fest, dass dieser Bemessungswert die Anforderungen innerhalb der Vertrauensintervalle mit einer ausreichend hohen Wahrscheinlichkeit erfüllt.

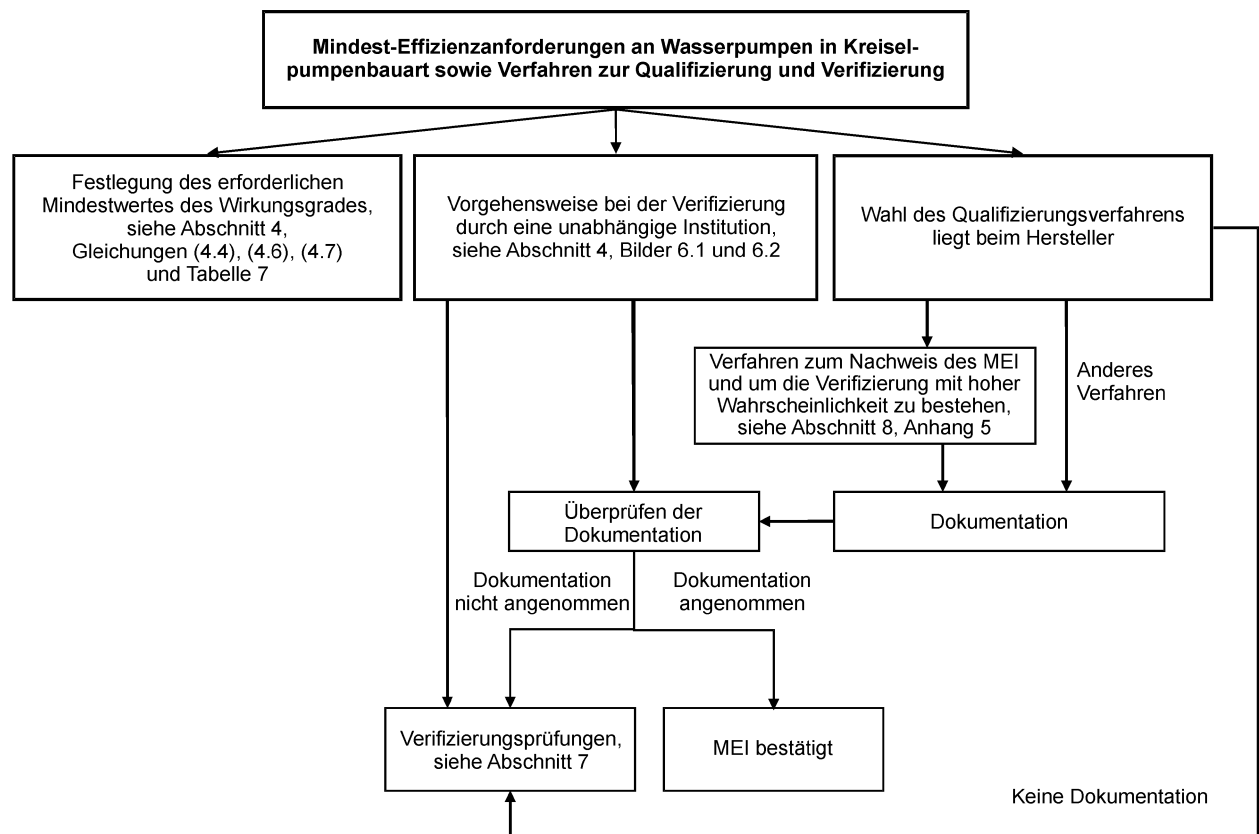


Bild 1 — Ablaufschema - Anwendung dieser Norm

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

EN ISO 9906:2012, *Kreislumpen — Hydraulische Abnahmeprüfungen — Klassen 1, 2 und 3 (ISO 9906:2012)*

3 Begriffe

3.1 Allgemeines

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die Größen, Definitionen, Symbole und Einheiten nach EN ISO 9906 und nach 3.2. 3.2 stellt abweichend von EN ISO 9906 spezielle Definitionen der in dieser Europäischen Norm verwendeten Begriffe gemeinsam mit allen zugehörigen Symbolen bereit und beruht auf ISO 80000.

Tabelle 1 enthält eine alphabetische Auflistung der verwendeten Symbole und Tabelle 2 eine Auflistung der Indizes. Die in dieser Norm verwendeten Größen, Definitionen und Symbole stimmen so weit wie möglich mit denjenigen überein, die in EN ISO 9906 verwendet werden. Größen, Definitionen und Symbole, die in EN ISO 9906 verwendet werden, in dieser Norm jedoch keine Verwendung finden, sind unter 3.2 und in den Tabellen 1 und 2 nicht enthalten, wohingegen diese Tabellen einige Größen, Definitionen und Symbole enthalten, die in EN ISO 9906 nicht aufgeführt werden.

In dieser Europäischen Norm werden sämtliche Gleichungen einheitlich in SI-Einheiten angegeben.

3.2 Auflistung der Größen mit Definitionen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe. Die meisten Begriffe entstammen der EN 9906, außer der Definition des MEI.

3.2.1

Reynolds-Zahl

dimensionslose Zahl, die ein Maß für das Verhältnis zwischen Trägheits- und Viskositätskräften bietet und in der Folge die relative Bedeutung dieser beiden Arten von Kräften für gegebene Strömungsbedingungen quantitativ bestimmt. In dieser Norm wird sie durch folgende Gleichung definiert:

$$Re = \frac{D_{\text{imp}} \cdot u}{\nu}$$

Dabei ist u die Umfangsgeschwindigkeit am Außendurchmesser des Laufrades D_{imp} .

3.2.2

Förderstrom

Volumenstrom

externer Förderstrom der Pumpe, d. h. der Förderstrom, der vom Auslaufstutzen der Pumpe in das Rohr gefördert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Pumpenbedingte Verluste oder Teilströme, d. h.:

- der für die hydraulische Entlastung des Axialschubs erforderliche Förderstrom;
- Kühlung der Lager der eigentlichen Pumpe;
- Wasservorlage bis zur Packung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Leckströme aus Armaturen/Formstücken, innere Leckströme usw. sind im Förderstrom nicht mit einzurechnen. Für andere Zwecke entnommene Ströme, wie etwa Kühlung der Motorlager und Kühlung eines Getriebekastens (Lager, Ölkühler) usw., sind dagegen im Förderstrom mit einzurechnen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Ob und wie diese Ströme berücksichtigt werden müssen, hängt von ihrem Entnahmepunkt bzw. dem Messquerschnitt ab.

3.2.3

Leistungsaufnahme des Motors

von der Antriebsmaschine der Pumpe aufgenommene Leistung

3.2.4**Pumpenwirkungsgrad**

$$\eta = \frac{P_{\text{hyd}}}{P_2} = \frac{\text{Hydraulikleistung}}{\text{Leistungsaufnahme der Pumpe}}$$

3.2.5**Wirkungsgrad des Antriebs**

$$\eta_{\text{dr}} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\text{Leistungsaufnahme der Pumpe}}{\text{Leistungsaufnahme des Motors}}$$

3.2.6**Gesamtwirkungsgrad**

$$\eta_{\text{tot}} = \frac{P_{\text{hyd}}}{P_1} = \frac{\text{Pumpenleistung}}{\text{Leistungsaufnahme des Motors}}$$

3.2.7**spezifische Drehzahl**

Maßzahl, die den Laufradtyp (radial, halbaxial, axial) bei Kreiselpumpen kennzeichnet

$$n_s = n_N \cdot \frac{\sqrt{Q_{\text{BEP}}}}{H_{\text{BEP}}^{0,75}}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei mehrstufigen Pumpen ist H_{BEP} die Förderhöhe je Stufe, die sich aus der Teilung der Gesamtförderhöhe der Pumpe am Bestpunkt durch die Anzahl der Stufen ergibt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die spezifische Drehzahl einer einzelnen Pumpe oder die mittlere spezifische Drehzahl einer Pumpengröße ist ein (maßbezogener) Wert, der die Laufradform (radial, halbaxial, axial) der Pumpe oder der Pumpengröße beschreibt. Der Zahlenwert der spezifischen Drehzahl wird durch die Gleichung nach 3.2.7 unter Verwendung spezieller Einheiten für die in dieser Gleichung verwendeten Größen definiert. Wie in Abschnitt 4 beschrieben, ist die spezifische Drehzahl einer der Parameter, von denen die Nennwerte der Mindest-Effizienzanforderungen abhängig sind.

3.2.8**Mindest-Effizienzindex****MEI**

Wert, der die Mindest-Effizienzanforderungen in Bezug auf die Qualifikationskriterien bestimmt und dadurch ein Maß für die Qualität einer Pumpengröße in Bezug auf den Wirkungsgrad darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Dimensionslose Maßeinheit für den Wirkungsgrad einer hydraulischen Pumpe bei BEP, PL und OL.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Wert für MEI ist das Ergebnis einer statistischen Analyse der Leistungsfähigkeit einer großen Anzahl kommerziell verfügbarer Pumpengrößen und entspricht den unterschiedlichen „Quartilen“ der statistischen Verteilung.

Beispielsweise entspricht $\text{MEI} = 0,40$ einem Performance Level des Wirkungsgrads, welchen 40 % der auf dem Markt verfügbaren Pumpen nicht erreichen.

3.3 Auflistung der Grundbuchstaben und Indizes

Tabelle 1 — Alphabetische Auflistung der als Symbole verwendeten Grundbuchstaben

Symbol	Größe	Einheit
<i>A</i>	Fläche	m ²
<i>C</i>	Konstante	keine
<i>D</i>	Durchmesser	m
<i>e</i>	Messunsicherheit, relativer Wert	keine
<i>f</i>	Frequenz	s ⁻¹ , Hz
<i>g</i>	Fallbeschleunigung	m/s ²
<i>H</i>	Förderhöhe der Pumpe	m
<i>k</i>	Anzahl der Ablesewerte der Messgeräte oder Anzahl der Musterpumpen	keine
<i>m</i>	Masse	kg
<i>M</i>	Anzahl der Pumpen einer Stichprobe	keine
<i>n</i>	Drehzahl	s ⁻¹ , min ⁻¹
<i>N</i>	Anzahl der Ablesewerte der Messgeräte	keine
<i>n_s</i>	spezifische Drehzahl	min ⁻¹
<i>p</i>	Druck	Pa
<i>p</i>	Wahrscheinlichkeit	keine
<i>P</i>	Leistung	W
<i>Q</i>	Förderstrom (Volumenstrom)	m ³ /s
<i>s</i>	Standardabweichung einer Stichprobe	entsprechend der spezifischen Größe
<i>t</i>	Toleranzfaktor, relativer Wert	keine
<i>t</i>	Zeit	s
<i>t</i>	Student-Faktor	keine
<i>T</i>	Drehmoment	Nm
<i>u</i>	Umfangsgeschwindigkeit	m/s
<i>U</i>	mittlere Geschwindigkeit	m/s
<i>U</i>	Spannung	V
<i>v</i>	lokale Geschwindigkeit	m/s
<i>V</i>	Volumen	m ³
<i>x</i>	allgemeine Größe	entsprechend der spezifischen Größe
<i>y</i>	allgemeine Größe	entsprechend der spezifischen Größe
<i>z</i>	Abstand über der Bezugsebene	m
<i>z</i>	Anzahl der hergestellten Pumpen	keine
<i>η</i>	Effizienz, Wirkungsgrad	keine
<i>θ</i>	Temperatur	°C
<i>ν</i>	Kinematische Viskosität	m ² /s
<i>ρ</i>	Dichte	kg/m ³
<i>ω</i>	Winkelgeschwindigkeit	rad/s
<i>σ</i>	Standardabweichung der Normalverteilung	entsprechend der spezifischen Größe

Für eine Kurzbeschreibung der im Anwendungsbereich angegebenen Pumpentypen, siehe Anhang B.

Tabelle 2 — Auflistung der als Indizes verwendeten Buchstaben und Ziffern

Index	Bedeutung
1	elektrisch
2	mechanisch
abs	absolut
amb	Umgebung
annual	je Jahr
curve	auf der Ausgleichskurve
BEP	am Bestpunkt
dr	Motor/Antrieb
D	Bezugspunkt
exp	experimentell bestimmt
G	garantiert
H	Förderhöhe der Pumpe
I	Benummerungsindex
J	Benummerungsindex
imp	Laufrad
man	Herstellung
max	maximal zulässig
mean	Mittelwert einer Pumpenbaureihe
min,requ	mindest erforderlich
N	Nenn-
OL	Überlast(ung)
Pd	vorher festgelegt
P	Leistung
PL	Teillast
Q	Förderstrom (Volumenstrom)
R	zufällig, Zufalls-
S	spezifisch, systematisch
sync	synchron
tot	gesamt
true	wahrer Wert
T	Drehmoment
T	übertragen
v	Dampf
x	der Menge x
y %	für die Wahrscheinlichkeit von y %
η	Effizienz, Wirkungsgrad
hyd	hydraulisch

3.4 Allgemeine Definitionen

3.4.1

Qualifizierung

Vorgang, in welchem der Hersteller der Pumpengröße die Erfüllung der durch diese Norm festgelegten Kriterien für den Wirkungsgrad mithilfe geeigneter Verfahren nachweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen beziehen sich die Qualifizierungskriterien auf die Mittelwerte der Pumpengröße, die für den vollen Laufraddurchmesser gelten und die durch Prüfungen und Bewertungen von Pumpen der entsprechenden Größe bestimmt werden. Diese Mittelwerte des Wirkungsgrads und deren Vertrauensintervalle werden mit den Nennwerten der Mindest-Effizienzanforderungen verglichen. Zudem sind diese Werte von Parametern abhängig (siehe Abschnitt 4), deren Werte zum Teil aus den Prüfungen gewonnen wurden und die nur mit einer gewissen Unsicherheit oder Toleranz bestimmt werden. Daher werden zu Vergleichszwecken mit den Mittelwerten im Rahmen des Qualifizierungsverfahrens sogenannte spezifische Schwellenwerte für den Wirkungsgrad bestimmt und genutzt.

3.4.2

Verifizierung

Vorgang, in welchem eine unabhängige Institution das Ergebnis der Qualifizierung im Rahmen der Marktüberwachung prüft

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Fall werden die Prüfungen und die Auswertung der Prüfdaten nach Abschnitt 5 dieser Europäischen Norm durchgeführt. Die Entscheidung wird nach der in Abschnitt 7 dieser Europäischen Norm beschriebenen Vorgehensweise getroffen.

3.4.3

unabhängige Institution/Marktüberwachung

der Marktüberwachung/Marktaufsicht zur Verifizierung der vom Hersteller angegebenen MEI-Werte unterstellte Organisation

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Organisationen werden im Allgemeinen „unabhängige Institutionen“ genannt, unabhängig von der speziellen Art der Institution (Nichtregierungsorganisation (NGO), neutrales Institut, Marktüberwachungsbehörden oder Ähnliches).

Anmerkung 2 zum Begriff: Neutrale Institutionen oder ähnliche Organisationen können ebenfalls von einem Hersteller zur Durchführung des Qualifizierungsverfahrens beauftragt werden. In diesem Falle werden diese nicht als unabhängige Institutionen bei der Anwendung dieser Norm betrachtet.

3.4.4

Mindest-Effizienzanforderung

$\eta_{\min, \text{requ}}$

Wert für den Wirkungsgrad, der erreicht werden muss, um einen bestimmten MEI-Wert zu erfüllen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wert der Mindest-Effizienzanforderung hängt von bestimmten Eigenschaften der Pumpengröße (Pumpentyp, Nenndrehzahl, Förderstrom am Bestpunkt und spezifische Drehzahl) sowie vom Mindest-Effizienzindex (MEI) ab. Bei einer bestimmten Pumpengröße sind am Bestpunkt sowie bei festgelegten Betriebspunkten bei Teillast bzw. Überlast verschiedene Mindest-Effizienzanforderungen relevant.

3.4.5

spezifische Schwellenwerte für den Wirkungsgrad

$\eta_{\text{threshold}}$

Werte, die durch Abzug der Gesamttoleranz aus den Mindest-Effizienzanforderungen berechnet werden

3.4.6

Pumpengröße

durch bestimmte Maße gekennzeichnete und in den Katalogen des Herstellers gezeigte Auswahl an Pumpen (z. B. Nenndurchmesser des Austrittsflanschs und Nenndurchmesser des Laufrades bei Pumpen mit axialem Eintritt und mehrstufigen Pumpen, äußerer Nenn-Gehäusedurchmesser bei mehrstufigen Tauchpumpen)

Anmerkung 1 zum Begriff: In einem Q - H -Diagramm deckt jede Pumpengröße einen bestimmten Bereich von Q - und H -Werten ab. Innerhalb dieses Bereichs kann jeder Betriebspunkt (Pflichtpunkt) durch eine Pumpe der entsprechenden Größe bedient werden, indem deren Q - H -Kurve durch Beschneiden des Laufrades angepasst wird, d. h. durch Verringerung des äußeren Laufraddurchmessers auf einen geeigneten Wert. Die Obergrenze des durch eine Pumpengröße abgedeckten Q - H -Bereichs wird durch den vollen Laufraddurchmesser bestimmt, der dieser Pumpengröße entspricht.

3.4.7

voller Laufraddurchmesser einer Pumpengröße

Laufrad mit maximalem Durchmesser, für welchen Leistungsmerkmale in den Katalogen eines Wasserpumpenherstellers für eine Pumpengröße angegeben werden

3.4.8

am Bestpunkt

BEP

(en: best efficiency point)

Betriebspunkt, an welchem der höchste Wert für den Wirkungsgrad der Pumpen bei Nenndrehzahl erreicht wird

3.4.9

Teillast

PL

(en: part load)

bestimmter Betriebspunkt im Bereich der Betriebspunkte mit niedrigerem Förderstrom als am Bestpunkt, bei Nenndrehzahl

3.4.10

Überlast(ung)

OL

(en: overload)

bestimmter Betriebspunkt im Bereich der Betriebspunkte mit höherem Förderstrom als am Bestpunkt, bei Nenndrehzahl

4 Mindest-Effizienzanforderungen und Mindest-Effizienzindex

4.1 Das Konzept des „Effizienzhauses“

Um das Ziel der Energieeinsparung durch den Austausch von Pumpen mit einer geringeren Energieeffizienz durch Pumpen zu erreichen, die in Bezug auf das Erfüllen der Kriterien der Mindest-Effizienzanforderungen qualifiziert wurden, sind zwei wichtige Aspekte zu berücksichtigen:

- a) Die erforderlichen Mindestwerte von η_{BEP} müssen durch die Mittelwerte der Pumpengrößen erreicht werden, die die Qualifizierungsprüfung bestanden haben und die in großen Stückzahlen hergestellt und verkauft werden. Deshalb müssen diese Mittelwerte durch angemessene Verfahren bestimmt und anschließend mit erforderlichen Mindestwerten verglichen werden, die auf allgemeinen physikalischen Zusammenhängen (siehe Anhang B) sowie auf der statistischen Auswertung bereits bestehender Pumpen beruhen, die bezüglich der Konstruktion und der Fertigungsqualität dem neuesten Stand der Technik entsprechen (siehe 4.2 und 4.3).
- b) Nicht nur der η_{BEP} -Wert ist für den Energieverbrauch und die Energieeinsparungen durch Pumpen relevant, sondern auch der Wirkungsgrad in den Teillast- und Überlast-Betriebsbereichen. Dies hat zwei Ursachen:

Das Produktprogramm eines Pumpenherstellers ist für einen bestimmten Pumpentyp — aus ökonomischen Gründen — in eine begrenzte Anzahl verschiedener Pumpengrößen unterteilt, von denen jede einen bestimmten Bereich des Förderstroms Q und der Förderhöhe der Pumpe H abdeckt. Dies führt dazu, dass nicht für jeden Q - H -Betriebspunkt (d. h. der durch den Pumpennutzer festgelegte Betriebspunkt, der im Allgemeinen der wahrscheinlichste Betriebspunkt ist) einer Pumpenanwendung eine Pumpengröße vorliegt, bei der der Bestpunkt mit dem erforderlichen Betriebspunkt identisch ist. Die Auswahl der „besten“ Größe für eine bestimmte Anwendung führt häufig dazu, dass sich der Betriebspunkt nur nahe der konstruktiven Auslegung befindet, d. h. im Teillast- oder Überlastbereich der gewählten Größe. (Für weitere Informationen zu den Aspekten der Pumpenauswahl, siehe Anhang B.)

Selbst wenn der Bestpunkt einer Pumpengröße genau mit einem erforderlichen Betriebspunkt zusammenfällt, wird die Pumpe im Normalfall in einem bestimmten Betriebsbereich betrieben und nicht ausschließlich an diesem Betriebspunkt. Dies kann sich aus Änderungen oder Schwankungen des hydraulischen Widerstandes des Stromkreises ergeben (entweder durch eine sich ändernde Anforderung an den Förderstrom des Systems oder durch Langzeitwirkungen, wie z. B. eine innere Verkrustung der Rohre verursacht), oder, im Falle des Parallelbetriebs von Pumpen, durch sich verändernde Betriebsbedingungen, wenn eine unterschiedliche Anzahl von Pumpen in Betrieb ist.

Daher beruht die Qualifizierung einer Pumpengröße in Bezug auf die Mindest-Effizienzanforderungen auf dem sogenannten Konzept des „Effizienzhauses“, das die beiden Kriterien A und B umfasst.

Kriterium A ist die Mindest-Effizienzanforderung am Bestpunkt (BEP) der Pumpengröße:

A.

$$(\eta_{\text{BEP}})_{\text{mean}} \geq (\eta_{\text{BEP}})_{\text{min,requ}} \quad (1)$$

Kriterium B ist die Mindest-Effizienzanforderung bei festgelegten Betriebspunkten der Pumpengröße unter Teillast (PL) und Überlast (OL):

B.

$$(\eta_{\text{PL}})_{\text{mean}} \geq (\eta_{\text{PL}})_{\text{min,requ}} \quad (2)$$

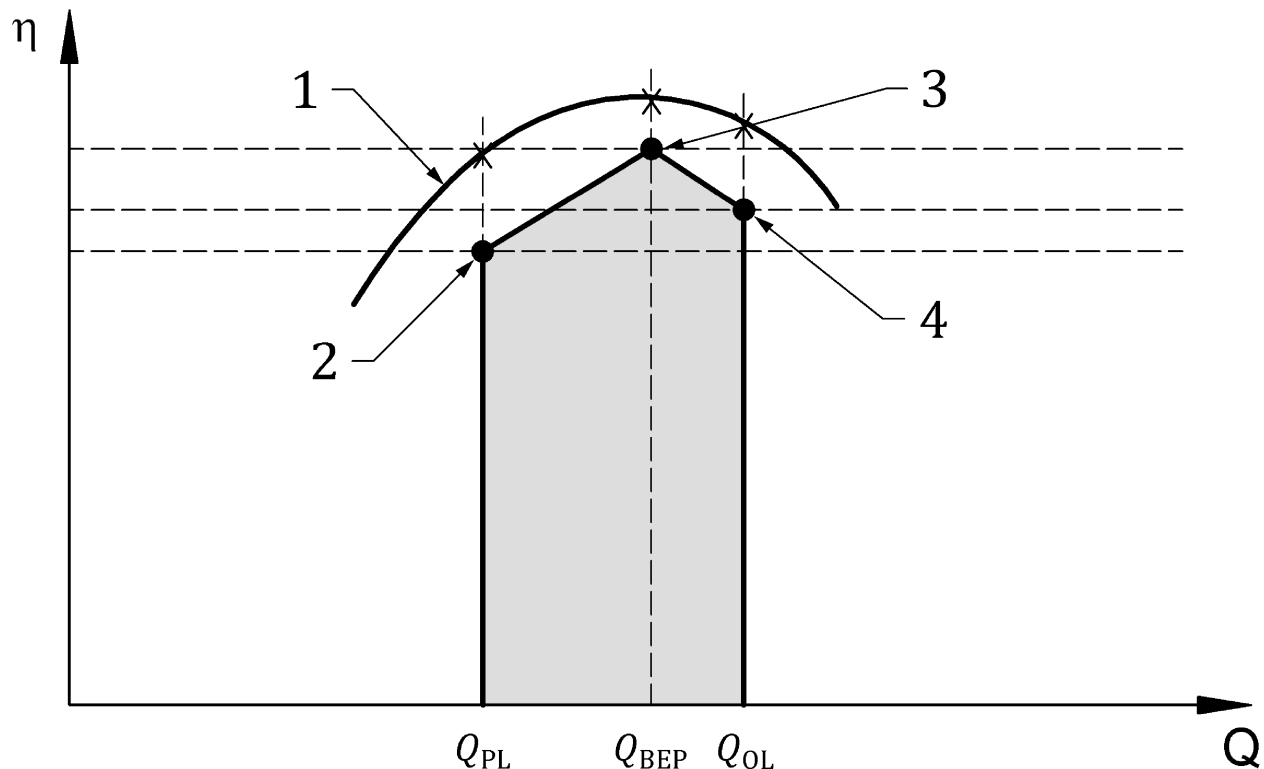
$$(\eta_{\text{OL}})_{\text{mean}} \geq (\eta_{\text{OL}})_{\text{min,requ}} \quad (3)$$

In dieser Norm sind die Betriebspunkte, die für den Wirkungsgrad in den Bereichen der Teillast und der Überlast repräsentativ sein müssen, mit $Q_{\text{PL}} = 0,75 Q_{\text{BEP}}$ und $Q_{\text{OL}} = 1,1 Q_{\text{BEP}}$ festgelegt.

Alle Wirkungsgradwerte bezüglich der vorstehend angegebenen Kriterien sind Mittelwerte der Pumpengröße und sind für Pumpen dieser Größe mit vollem Laufraddurchmesser anzusetzen.

Als Folge daraus muss die Kurve des mittleren Wirkungsgrads der Größe ein hohes Maximum und eine große Breite aufweisen, um die Qualifizierungskriterien zu erfüllen.

In Bild 2 sind die beiden Kriterien in Form eines Q - η -Diagramms dargestellt. Um die Qualifizierung zu erhalten, darf die Kurve des mittleren Wirkungsgrads der Größe, deren Maximum am Bestpunkt liegt, nicht in das „Dach“ des „Effizienzhauses“ eindringen.



Legende

η Pumpenwirkungsgrad

Bild 2 — „Effizienzhaus“ — erläuternde Darstellung

4.2 Mathematische Darstellung der Mindest-Effizienzanforderungen

Die Werte der Mindest-Effizienzanforderungen an Pumpengrößen, die die Qualifikationskriterien A und B erfüllen, beruhen auf wissenschaftlichen Analysen des erreichbaren Wirkungsgrads von Kreiselpumpen sowie auf einer statistischen Auswertung der Daten aus verschiedenen Fragebögen, die im Jahr 2007 an europäische Pumpenhersteller gesendet wurden.

Die zusammengetragenen Daten umfassen alle in den Anwendungsbereich dieser Europäischen Norm fallenden Pumpentypen. Die spezifische Drehzahl n_s der die Datenbank bildenden Pumpen liegt in einem Bereich von 6 bis $110,5 \text{ min}^{-1}$, der Bereich der Förderströme beim Bestpunkt Q_{BEP} beträgt 1,8 bis $1\,200 \text{ m}^3/\text{h}$. Bei den durch die europäischen Pumpenhersteller bereitgestellten Daten wurde davon ausgegangen, dass sie für den vollen Durchmesser der jeweiligen Pumpengrößen gültig sind.

In Bezug auf die allgemeine physikalische Abhängigkeit der erreichbaren Mittelwerte des Wirkungsgrads von den Hauptparametern (siehe Anhang B) wurden die zusammengetragenen Daten für jeden durch den Anwendungsbereich abgedeckten Pumpentyp und jede abgedeckte Nenndrehzahl entsprechend einer Darstellung in der Form $\eta_{\text{BEP}} = f(n_s, Q_{\text{BEP}})$ geordnet. Diese Korrelation ist durch eine mathematische Gleichung beschrieben (siehe nachstehende Angabe). Die Form dieser Gleichung beruht auf zuvor durchgeführten Untersuchungen. Die verschiedenen Schritte, die durchzuführen sind, um aus den zusammengetragenen Daten die quantitative Beschreibung der Gleichung $\eta_{\text{BEP}} = f(n_s, Q_{\text{BEP}})$ in Form einer dreidimensionalen quadratischen polynomen Approximation zu bilden, sind im Abschlussbericht der Auswertungsstudie ausführlicher dargestellt.

Die mathematische Gleichung zur Beschreibung der Relation $\eta_{\text{BEP}} = f(n_s, Q_{\text{BEP}})$ ist wie folgt:

$$\eta_{\text{BEP}} = -11,48 \times (\ln(n_s))^2 - 0,85 \times (\ln(Q_{\text{BEP}}))^2 - 0,38 \times \ln(n_s) \times \ln(Q_{\text{BEP}}) + 88,59 \ln(n_s) + 13,46 \times \ln(Q_{\text{BEP}}) - C \quad (4)$$

mit

η_{BEP} in [%];

n_s in [min^{-1}];

Q_{BEP} in [m^3/h];

C : eine Konstante, in [%], die vom Mindest-Effizienzindex (MEI) abhängt, siehe 4.4.

Das nach Gleichung (4) berechnete Ergebnis ist auf die erste Dezimalstelle zu runden.

Der mathematische Gültigkeitsbereich der Gleichung ist wie folgt:

$$6 \text{ min}^{-1} \leq n_s \leq 120 \text{ min}^{-1}$$

$$2 \text{ m}^3/\text{h} \leq Q_{\text{BEP}} \leq 1\,000 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Der physikalische Gültigkeitsbereich der Gleichung ist wie folgt:

$$\eta_{\text{BEP}} \leq 88 \%$$

ANMERKUNG 1 Die Begrenzung des physikalischen Gültigkeitsbereichs auf einen Höchstwert von η_{BEP} ergibt sich aus der Tatsache, dass die hydraulischen und mechanischen Verluste bei kommerziell ausgelegten und hergestellten Kreiselpumpen nicht unter eine Untergrenze sinken können.

ANMERKUNG 2 Eine weitere Verringerung der Verluste würde spezielle Maßnahmen bei Auslegung und Herstellung erfordern, die zu nicht annehmbarem Aufwand und nicht annehmbaren Kosten führen und/oder mit weiteren Anforderungen an den Pumpenbetrieb inkompatibel wären, z. B. mit einer guten Kavitationsleistung und geringen Geräusch- und Schwingungspegeln.

Unter der Annahme, dass keine weiteren Begrenzungen vorliegen, gilt Gleichung (4) für alle in den Anwendungsbereich dieser Europäischen Norm fallenden Pumpentypen, die klares kaltes Wasser fördern. Im Falle von mehrstufigen Pumpen (MS) gilt sie für eine Mindeststufenzahl von 3, im Falle von mehrstufigen Tauchpumpen (MSS) für eine Mindeststufenzahl von 9. Im Allgemeinen gilt die Gleichung für den vollen Laufraddurchmesser einer Pumpengröße.

Die Wirkungsgradwerte betreffen ausschließlich den Pumpenwirkungsgrad und nicht den Gesamtwirkungsgrad, dies gilt sogar im Falle von direktgekoppelten Motor-Pumpenaggregaten.

4.3 Mindest-Wirkungsgrad bei Teillast und Überlast

Die durch die Hersteller bereitgestellten Pumpendaten wurden auch bei ausgewählten Betriebspunkten mit Teillast ($0,75 Q_{\text{BEP}}$) und Überlast ($1,10 Q_{\text{BEP}}$) bewertet.

Koeffizienten der Teil- und Überlast definiert durch

$$x_{\text{PL}} = \frac{\eta_{\text{PL}}}{\eta_{\text{BEP}}}; x_{\text{OL}} = \frac{\eta_{\text{OL}}}{\eta_{\text{BEP}}} \quad (5)$$

wurden für jeden Pumpentyp berechnet. Als Mittelwerte dieser Koeffizienten ergaben sich für als gute Näherungswerte für alle Pumpentypen $x_{PL} = 0,947$ und $x_{OL} = 0,985$.

Unter Anwendung der unter 4.2 für η_{BEP} beschriebenen Gleichung sind die Mindest-Effizienzanforderungen für die ausgewählten Betriebspunkte bei Teil- und Überlast wie folgt:

$$(\eta_{PL})_{\min, \text{requ}} = 0,947 \times (\eta_{BEP})_{\min, \text{requ}} \quad (6)$$

$$(\eta_{OL})_{\min, \text{requ}} = 0,985 \times (\eta_{BEP})_{\min, \text{requ}} \quad (7)$$

4.4 Mindest-Effizienzindex

Durch Variieren der Konstanten C in der Gleichung für η_{BEP} werden die sich aus Gleichung (4) ergebenden und für konstante Werte von Q_{BEP} in einem n_s - $\eta_{\min, \text{requ}}$ -Diagramm abgebildeten Kurven in vertikaler Richtung verschoben (siehe Bild 3 für ein Beispiel). Unter Anwendung eines ausgewählten Werts von C für einen Pumpentyp und eine Drehzahl, die innerhalb des Anwendungsbereichs liegen, werden die bereits bestehenden und durch europäische Hersteller gefertigten Pumpen dieses Typs in einen Prozentsatz der Gesamtanzahl der bereits die entsprechenden Mindest-Effizienzanforderungen (in Bezug auf die Kriterien A und B) erfüllenden Pumpengrößen und den (ergänzenden) Prozentsatz der Pumpengrößen aufgeteilt, die diese Anforderungen nicht erfüllen und daher auf dem Markt durch Pumpen ersetzt werden, die in Bezug auf die Kriterien A und B qualifiziert sind. Die quantitativen Auswirkungen der Qualifikationskriterien (die abschließend durch den Wert C bestimmt werden) auf den Markt und die Energieeinsparungswirkungen sind durch den Mindest-Effizienzindex (MEI) gekennzeichnet. In der statistischen Auswertung wurde der Mindest-Effizienzindex (MEI) so bestimmt, dass sein Wert, multipliziert mit 100, den Prozentsatz der bestehenden Pumpen angibt, die für den entsprechenden Wert C nicht die Qualifikationskriterien A und B erfüllen. Um zu diesen Ergebnissen zu gelangen, wurden die durch die Pumpenhersteller für jede Pumpe bereitgestellten Daten als repräsentativ für die Gesamtanzahl der Pumpen der entsprechenden Größe mit vollem Laufraddurchmesser angenommen.

Der (wie vorstehend beschrieben definierte) Mindest-Effizienzindex ist ein Maß für die Qualität einer Pumpengröße in Bezug auf den Wirkungsgrad. An der Untergrenze $\text{MEI} = 0$ können die entsprechenden Wirkungsgrade der Pumpengrößen auf einem geringen Auslegungs- und Herstellungsniveau erreicht werden. Bei Werten von $\text{MEI} > 0,7$ können die entsprechenden Wirkungsgrade der Pumpengrößen nur durch eine sehr spezielle hydraulische Auslegung, die ausschließlich auf einen hohen Wirkungsgrad abzielt, keine weiteren hydraulischen Aspekte, wie z. B. eine gute Kavitationsleistung, berücksichtigt und zusätzlich durch außergewöhnliche Maßnahmen in Bezug auf die mechanische Auslegung und Herstellung erreicht werden. Daher sind MEI-Werte über 0,7 praktisch nicht für in Massenproduktion gefertigte Pumpen erreichbar.

ANMERKUNG 1 Die maximalen Auswirkungen der Verringerung des Energieverbrauchs durch Einsatz von Pumpen mit hohem MEI werden nur erreicht, wenn die Pumpen für die jeweilige Aufgabe sorgfältig ausgewählt werden (siehe Anhang B).

Tabelle 3 enthält die Werte von C für die durch den Anwendungsbereich abgedeckten Pumpentypen und für verschiedene Werte des Mindest-Effizienzindex (MEI).

Tabelle 3 — Werte für die Konstante C für verschiedene Werte des Mindest-Effizienzindex (MEI)

	Mindest-Effizienzindex						
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70
C (ESOB 1450)	132,58	130,68	129,35	128,07	126,97	126,10	124,85
C (ESOB 2900)	135,60	133,43	131,61	130,27	129,18	128,12	127,06
C (ESCC 1450)	132,74	131,20	129,77	128,46	127,38	126,57	125,46
C (ESCC 2900)	135,93	133,82	132,23	130,77	129,86	128,80	127,75
C (ESCCi 1450)	136,67	134,60	133,44	132,30	131,00	130,32	128,98
C (ESCCi 2900)	139,45	136,53	134,91	133,69	132,65	131,34	129,83
C (MS-V 2900)	138,19	135,41	134,89	133,95	133,43	131,87	130,37
C (MSS 2900)	134,31	132,43	130,94	128,79	127,27	125,22	123,84

Beispiele für Wirkungsgradwerte, die sich für bestimmte MEI-Werte aus Gleichung (4) ergeben, sind in den Bildern 3 und 4 dargestellt.

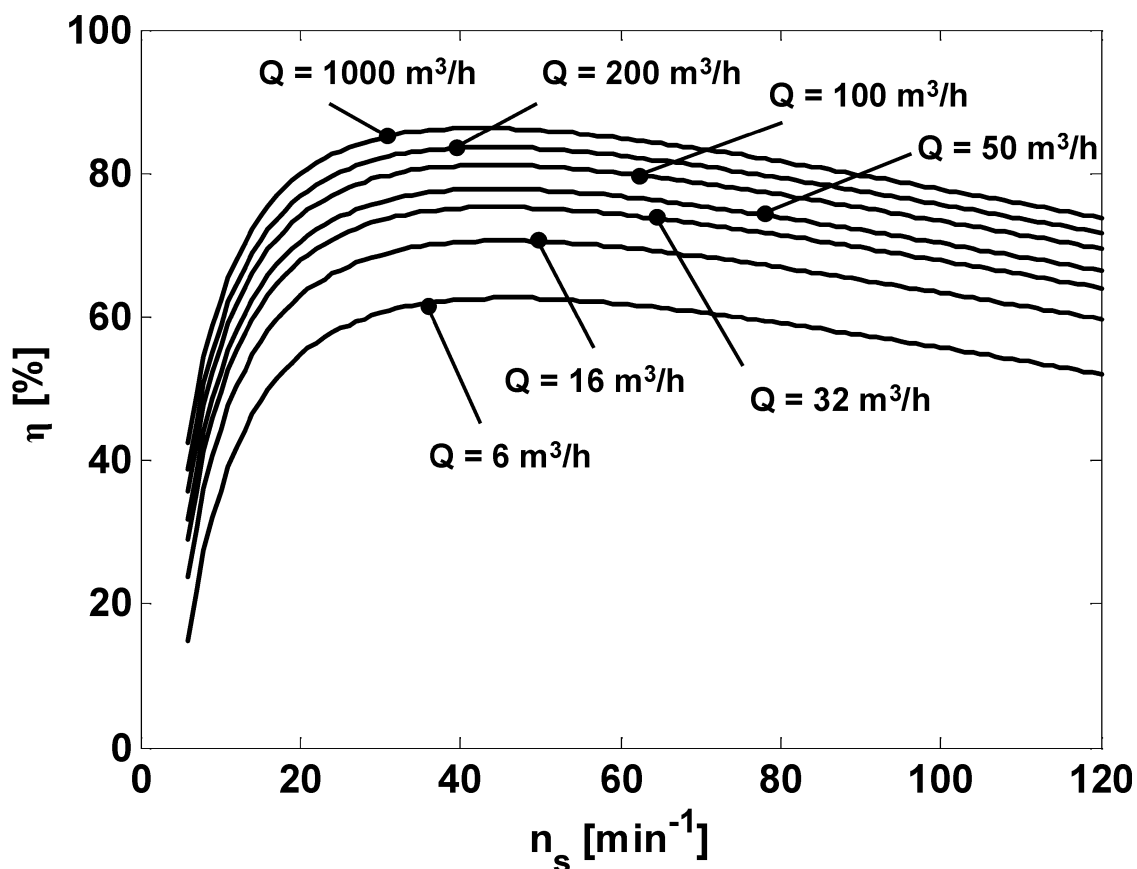


Bild 3 — Zweidimensionale Darstellung von $\eta_{\text{BEP}} = f(n_s, Q_{\text{BEP}})$ für ESOB, $n = 2\,900 \text{ min}^{-1}$ und $\text{MEI} = 0,70$ (siehe Tabelle 3)

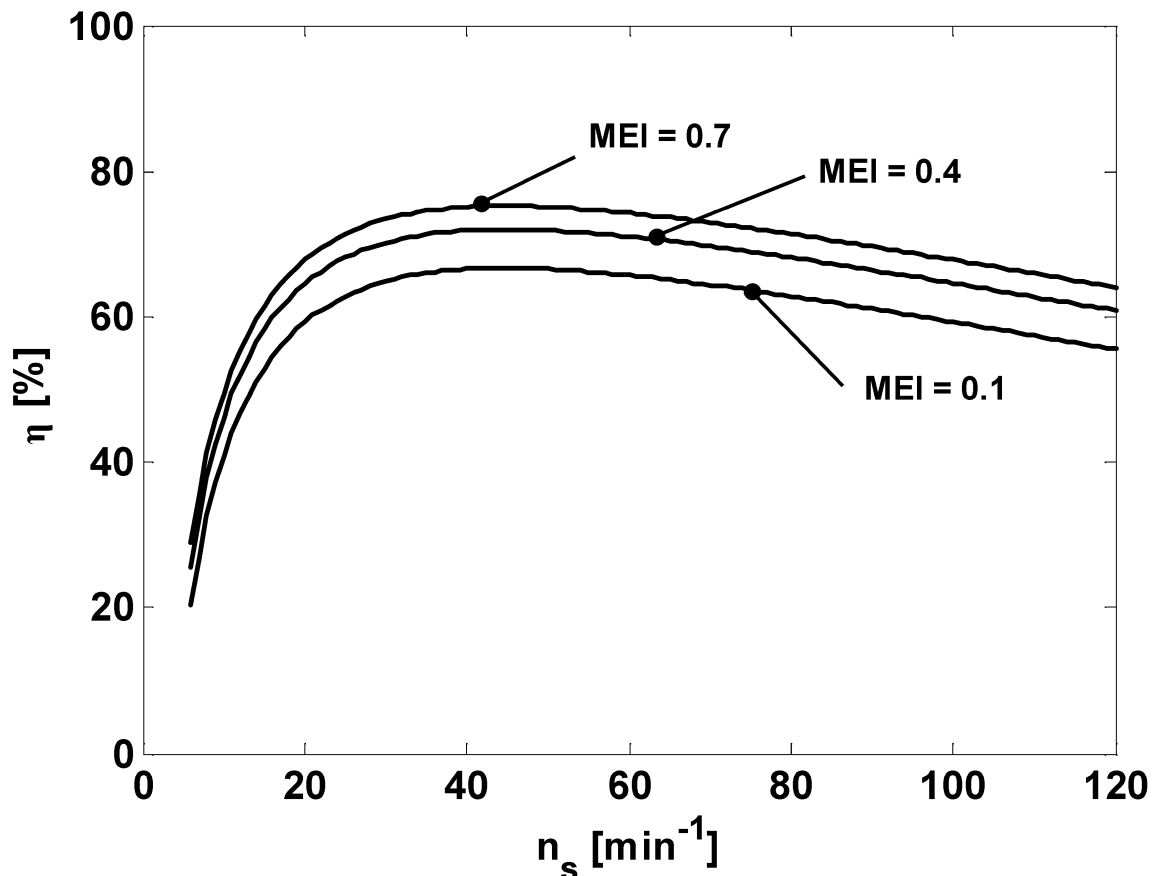


Bild 4 — $\eta_{\text{BEP}} = f(n_s)$ für ESOB mit $Q_{\text{BEP}} = 32 \text{ m}^3/\text{h}$, $2\,900 \text{ min}^{-1}$ und für verschiedene MEI-Werte (siehe Tabelle 3)

Für die Auswahl des MEI-Werts im Rahmen des Qualifizierungsverfahrens gilt Folgendes:

- Der Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) kann durch den Pumpenhersteller ausgewählt (und auf der Grundlage eines Qualifizierungsverfahrens nachgewiesen) werden, um die Qualität einer Pumpengröße in Bezug auf den Wirkungsgrad anzugeben.
- Die Mindestwerte des MEI können durch Gesetze bzw. behördliche oder EU-Verordnungen für die Marktzulassung festgelegt werden, um den Gesamt-Energieverbrauch zu verringern.

Beispiele für graphische Darstellungen eines Pumpentyps und einer Drehzahl sind in den Bildern 3 und 4 angegeben. Bild 3 zeigt die grundsätzliche Abhängigkeit des Werts $\eta_{\text{min,requ}}$ von der spezifischen Drehzahl n_s und vom Förderstrom beim besten Wirkungsgrad Q_{BEP} . In Bild 4 sind die Auswirkungen einer Veränderung des MEI-Werts auf $\eta_{\text{min,requ}}$ dargestellt.

Im Rahmen der Qualifizierung oder Verifizierung einer Pumpengröße müssen die Werte Q_{BEP} und n_s , von denen $\eta_{\text{min,requ}}$ abhängt, selbst durch Prüfungen an Musterpumpen bestimmt werden und sind nicht von vornherein bekannt oder ergeben sich als genaue oder wahre Werte aus den Prüfungen. Die Bestimmung von Q_{BEP} und n_s aus Prüfungen an Musterpumpen unterliegt Auswirkungen der Fertigungstoleranzen innerhalb der Größe (siehe Anhang C) und der Messunsicherheiten (siehe Abschnitt 5). Daher können die Werte von Q_{BEP} und n_s nur innerhalb der Begrenzungen der entsprechenden Toleranz- oder Vertrauensintervalle bestimmt werden. Bei Berechnung von $\eta_{\text{min,requ}}$ nach Gleichung (4) pflanzen sich die Unsicherheiten von Q_{BEP} und n_s in das Ergebnis fort. In dieser Norm wird der Wert $\eta_{\text{min,requ}}$, der unter Anwendung der gemessenen (und, im Falle einer Stichprobe von $M > 1$ Pumpen, arithmetisch gemittelten) Werte von Q_{BEP} und n_s nach Gleichung (4) berechnet wird, als Nennwert der Mindest-

Effizienzanforderungen bezeichnet. Die kombinierten Auswirkungen der Fertigungstoleranzen innerhalb der Größe und der Messunsicherheiten werden durch Anwendung einer negativen Gesamttoleranz auf den Nennwert der Mindest-Effizienzanforderungen $\eta_{\min, \text{requ}}$ berücksichtigt. Die sich aus der Anwendung der negativen Gesamttoleranz auf die Werte $\eta_{\min, \text{requ}}$ ergebenden Werte werden spezifische Schwellenwerte genannt und in den in dieser Norm festgelegten Qualifizierungs- und Verifizierungsverfahren für den Vergleich mit den tatsächlichen Wirkungsgraden von Pumpen der betreffenden Größe verwendet.

ANMERKUNG 2 Die Anwendung einer negativen Gesamttoleranz auf die Nennwerte der Mindest-Effizienzanforderungen entspricht weitgehend der Anwendung einer Gesamttoleranz auf die Garantiewerte der hydraulischen Größen im Verfahren nach EN ISO 9906. Der Unterschied besteht darin, dass in dieser Europäischen Norm die Werte, auf die die Gesamttoleranz angewendet wird, aus Prüfungen resultieren, während sie im Falle der EN ISO 9906 vertraglich festgeschrieben sind.

5 Bestimmung des Wirkungsgrads einer Prüfpumpe

5.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt werden Leistungsprüfungen und -bewertungen an nach dem Zufallsprinzip aus einer Größengruppe entnommenen Prüfpumpen festgelegt, die durch Folgendes vorgenommen werden:

- eine unabhängige Institution (beispielsweise im Rahmen der Marktüberwachung), um den durch den Hersteller angegebenen Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) zu verifizieren;
- durch einen Hersteller für den Fall, dass er die Entscheidung getroffen hat, die Größe durch Anwendung dieser Prüfungen und Bewertungen in Bezug auf einen bestimmten Wert des Mindest-Effizienzindex (MEI) zu qualifizieren.

Diese Prüfungen und Bewertungen müssen die für das in Abschnitt 6 beschriebene Verifizierungsverfahren oder das in Abschnitt 7 beschriebene Qualifizierungsverfahren erforderlichen Informationen zu den tatsächlichen Leistungswerten der Prüfpumpen liefern. Diese Werte umfassen Folgendes:

- a) den Förderstrom am Bestpunkt Q_{BEP} , aus dem auch die Werte des Förderstroms Q_{PL} bzw. Q_{OL} bei festgelegten Betriebspunkten unter Teil- bzw. Überlast (unter 4.1 definiert) abgeleitet werden können;
- b) den maximalen Wirkungsgrad η_{BEP} bei Q_{BEP} und die Werte des Wirkungsgrads η_{PL} und η_{OL} bei den entsprechenden Werten des Förderstroms Q_{PL} und Q_{OL} ;
- c) die spezifische Drehzahl n_s , die für die Bestimmung der Mindest-Effizienzanforderungen erforderlich ist (siehe 4.2 bis 4.4).

Hinsichtlich der Anforderungen an Prüfaufbauten und Messausrüstung ist EN ISO 9906 anzuwenden.

5.2 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung ist nach EN ISO 9906, Klasse 2B, durchzuführen. Die Ausnahme für eine Leistungsaufnahme von 10 kW und darunter (siehe EN ISO 9906:2012, 4.4.2) ist zu ignorieren.

Bei Pumpen $(P_2) < 1\text{KW}$ wird empfohlen, eine Musteranzahl größer 3 zu prüfen, um eine höhere Zuverlässigkeit bei der Bestimmung der Mittelwerte sicherzustellen.

- a) Prüfungen sind an Prüfständen des Herstellers oder in Laboratorien und in Übereinstimmung mit den in EN ISO 9906 festgelegten Verfahren und Prüfanordnungen durchzuführen.
- b) Die Pumpenleistung ist zwischen dem Eintritts- und dem Austrittsflansch der Pumpe zu bestimmen.

Die zur Sicherstellung einer zufriedenstellenden Messung der Leistungsmerkmale erforderlichen Bedingungen sind unter 5.3 festgelegt.

ANMERKUNG 1 Empfehlungen und allgemeine Hinweise zu Rohranordnungen, die sich zur Sicherstellung zufriedenstellender Messungen von Förderstrom und Förderhöhe eignen, sind in EN ISO 9906:2012, Anhang A, angegeben; erforderlichenfalls können sie in Verbindung mit den Internationalen Normen zu den verschiedenen Verfahren der Messung von Förderströmen in geschlossenen Rohrleitungen verwendet werden (siehe EN ISO 9906:2012, Anhang A).

Wie in EN ISO 9906:2012, A.1.4, erläutert, kann die für die Bestimmung des Pumpenwirkungsgrads erforderliche Leistungsaufnahme der Pumpe experimentell bestimmt werden durch

- Messungen der Drehzahl und des Drehmoments oder
- Messungen der elektrischen Leistung.

Im Falle der Bestimmung der Leistungsaufnahme der aus einer Größengruppe entnommenen Prüfpumpen durch Messungen der elektrischen Leistung muss ein Elektromotor verwendet werden, der nach den in EN ISO 9906:2012, A.1.4.3, zitierten IEC- oder IEEE-Normen kalibriert ist und nur unter Bedingungen betrieben wird, bei denen der Motorwirkungsgrad mit ausreichender Genauigkeit bekannt ist.

Im Falle der Prüfung einer Pumpe mit integriertem Elektromotor (wie bei den Pumpentypen ESCC oder MSS) im Rahmen des Verifizierungsverfahrens muss der von der Motorlast abhängige Motorwirkungsgrad auf geeignete Weise festgestellt werden, z. B. durch die vom Motorhersteller bereitgestellten Informationen oder durch Demontage der Prüfpumpe und Kalibrierung des Motors entsprechend den in EN ISO 9906:2012, A.1.4.3, zitierten IEC- oder IEEE-Normen.

Für Größen von mehrstufigen Pumpen, die vom Hersteller mit verschiedenen Anzahlen von Stufen angeboten und verkauft werden, sind die Prüfungen an Prüfpumpen, die (in Bezug auf den Wirkungsgrad) für die Größe repräsentativ sein sollten, an Pumpenversionen mit mindestens 3 Stufen für mehrstufige (nicht tauchfähige) Pumpen (MS-V) und mit mindestens 9 Stufen für mehrstufige Tauchpumpen (MSS) vorzunehmen.

Die für eine bestimmte Pumpengröße entnommenen Prüfpumpen müssen über ein Laufrad mit dem vollen Durchmesser der entsprechenden Pumpengröße verfügen.

ANMERKUNG 2 Die Einstellung einer Pumpe einer gegebenen Größe durch Verkleinern des Laufraddurchmessers verringert den Wirkungsgrad der Pumpe im Vergleich zum Wirkungsgrad bei derselben Pumpengröße mit vollem Durchmesser.

Die Prüfergebnisse sind in einem Bericht (Protokoll) zusammenzufassen. Weitere Hinweise zum Inhalt des Prüfberichts und zu einem geeigneten Pumpenprüfblatt sind in EN ISO 9906:2012, Anhang F, angegeben.

5.3 Prüfbedingungen

Die Prüfungen sind mit reinem kaltem Wasser durchzuführen. Die Dauer der Prüfung muss ausreichen, um wiederholbare Ergebnisse zu erhalten; insbesondere die Auswirkungen des Einlaufens sind zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Auswirkungen des Einlaufens können bis zu einem Tag Betriebsdauer in Anspruch nehmen.

Alle Messungen sind unter stationären Bedingungen (siehe 5.4) durchzuführen.

Die Prüfungen sollten unter Bedingungen durchgeführt werden, unter denen das Leistungsverhalten der Pumpe nicht durch Kavitation beeinträchtigt wird.

ANMERKUNG 2 Sofern während der Prüfung ein beträchtliches Maß an Kavitation in der Prüfpumpe vorliegt, kann dies nicht nur zu einer Qualitätsabnahme in der Förderhöhe der Pumpe, sondern auch des Pumpenwirkungsgrads führen, was wiederum zu einer Unterbewertung des Pumpenwirkungsgrads führt.

Für alle Leistungsprüfungen sind mindestens sieben Prüfpunkte innerhalb des Bereichs von 60 % bis 120 % des am BEP erwarteten Förderstroms zu bestimmen. Vier dieser Punkte sind zwischen 60 % und 95 %, zwei zwischen 105 % und 120 % und ein Punkt zwischen 95 % und 105 % des am Bestpunkt erwarteten Förderstroms zu verteilen. Vorzugsweise sollten die Prüfungen bei Drehzahlen n nahe der in der technischen Dokumentation des Herstellers angegebenen Nenndrehzahl n_N ausgeführt werden. Unter bestimmten Umständen, z. B. wenn der Elektromotor mit konstanter Frequenz läuft und seine Drehzahl mit der Belastung durch die Prüfpumpe variiert, die vom Betriebspunkt der Pumpe abhängt, dürfen die Prüfungen bei Drehzahlen durchgeführt werden, die vom Nennwert abweichen. In diesem Fall sollte die Drehzahl bei der Prüfung innerhalb des Bereichs von 80 % bis 110 % der Nenn-Drehzahl liegen, um den Förderstrom, die Förderhöhe der Pumpe und die Leistungsaufnahme zu bestimmen. Bei Prüfung bei anderen Drehzahlen kann der Wirkungsgrad beeinträchtigt werden. Jedoch gilt die Änderung des Wirkungsgrads als vernachlässigbar, sofern die Variation der Drehzahl innerhalb von 20 % der Nenndrehzahl liegt.

In bestimmten Fällen ist die Pumpenwelle nicht für die Messung der Drehzahl zugänglich, z. B. bei mehrstufigen Tauchpumpen, und/oder wenn in der technischen Dokumentation des Herstellers für die Pumpengröße eine elektrische Nennfrequenz f_N anstelle einer Nenndrehzahl angegeben wird. In diesen Fällen sind die Prüfungen bei einer elektrischen Versorgungsfrequenz f durchzuführen, die um nicht mehr als 1 % von der Nennfrequenz f_N abweicht. Die in der Prüfung angewendete elektrische Versorgungsspannung U darf nicht mehr als 5 % über- oder unterhalb der Spannung liegen, auf der die in der technischen Dokumentation der Hersteller angegebenen Kenngrößen beruhen.

5.4 Messunsicherheiten

5.4.1 Relevanz

In der Tabelle 5 bzw. den Tabellen 6 und 7 sind die maximal zulässigen Werte für die Messgeräteunsicherheit und die Gesamtunsicherheit angegeben. Die in diesen Tabellen angegebenen Werte sind in Analogie zu den in EN ISO 9906, Klasse 2, für Pumpenabnahmeprüfungen angegebenen Werten festgelegt. Bei der Durchführung von Prüfungen nach Abschnitt 7 dieser Europäischen Norm müssen sie erreicht werden.

Bei Prüfungen, die von einem Pumpenhersteller mit dem Ziel der Qualifizierung einer Pumpengröße durchgeführt werden, ist es aus den in Abschnitt 6 beschriebenen Kriterien und Verfahren offensichtlich, dass es in Bezug auf die Erfüllung der Qualifizierungskriterien von Vorteil ist, eine möglichst geringe Breite des Vertrauensintervalls der mittleren Wirkungsgrade der Größe zu haben. Unabhängig davon, welches Verfahren der Hersteller anwendet, um die Mittelwerte und deren Vertrauensintervalle zu bestimmen, die für den Nachweis der Erfüllung der Qualifizierungskriterien erforderlich sind, wird empfohlen, dass der Hersteller zufällige und systematische Messunsicherheiten erreicht, die so klein wie möglich sind (siehe Anhang G).

Bei Prüfungen, die von einer unabhängigen Institution im Rahmen des Verifizierungsverfahrens nach Abschnitt 6 vorgenommen werden, ist die Situation anders. Jede für die Verifizierungsprüfungen ausgesuchte Prüfpumpe muss individuell in Bezug auf ihren Wirkungsgrad bewertet und beurteilt werden. Die sich aus den Prüfungen ergebenden Wirkungsgrade müssen mit den entsprechenden spezifischen Mindest-(Schwellen-)werten verglichen werden, die teilweise in denselben Prüfungen erhalten wurden. In diesem Fall ist das „Bestanden oder Nicht bestanden“-Ergebnis stark von den Gesamt-Messunsicherheiten abhängig. Daher müssen, um den Einfluss der Messunsicherheiten auf das Ergebnis der Verifizierung zu neutralisieren, die in dieser Europäischen Norm festgelegten maximal zulässigen Messunsicherheiten erfüllt und mithilfe von Prüfungen nachgewiesen werden, die auf die Verifizierung des durch den Hersteller angegebenen Werts des Mindest-Effizienzindex (MEI) abzielen.

5.4.2 Schwankungen

Die in Tabelle 4 angegebenen Schwankungen dürfen nicht überschritten werden. Wenn eine Dämpfungsvorrichtung vorgesehen wird, dann muss diese für eine Integration über mindestens einen vollständigen Schwankungszyklus sorgen.