

DIN EN 17038-1



ICS 23.080

**Pumpen –
Methoden zur Qualifikation und Verifikation des Energieeffizienzindex
für Kreiselpumpen –
Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Vorgehensweisen zur Prüfung und
Berechnung des Energieeffizienzindex (EEI);
Deutsche Fassung EN 17038-1:2019**

Pumps –
Methods of qualification and verification of the Energy Efficiency Index for rotodynamic pump
units –
Part 1: General requirements and procedures for testing and calculation of Energy Efficiency
Index (EEI);
German version EN 17038-1:2019

Pompes –
Méthodes de qualification et de vérification de l'indice de rendement énergétique des groupes
motopompes rotodynamiques –
Partie 1: Exigences générales et procédures d'essai et de calcul de l'indice de rendement
énergétique (EEI);
Version allemande EN 17038-1:2019

Gesamtumfang 37 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument beschreibt Methoden zur Berechnung und Überprüfung des Energieeffizienzindex (EEI) für Kreislumpen.

Dieses Dokument beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitee CEN/TC 197 „Pumpen“ im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten EN 17038-1.

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

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.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

IEC 61800-9-2	siehe	DIN EN 61800-9-2
---------------	-------	------------------

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 61800-9-2, *Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe — Teil 9-2: Ökodesign für Antriebssysteme, Motorstarter, Leistungselektronik und deren angetriebene Einrichtungen — Indikatoren für die Energieeffizienz von Antriebssystemen und Motorstartern (IEC 61800-9-2)*

Deutsche Fassung

Pumpen —
Methoden zur Qualifikation und Verifikation des
Energieeffizienzindex für Kreispumpen —
Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Vorgehensweisen zur
Prüfung und Berechnung des Energieeffizienzindex (EEI)

Pumps —
Methods of qualification and verification of the Energy
Efficiency Index for rotodynamic pump units —
Part 1: General requirements and procedures for
testing and calculation of Energy Efficiency Index (EEI)

Pompes —
Méthodes de qualification et de vérification de l'indice
de rendement énergétique des groupes motopompes
rotodynamiques —
Partie 1: Exigences générales et procédures d'essai et
de calcul de l'indice de rendement énergétique (EEI)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 15. Juli 2018 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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum 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: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Symbole und Indizes	5
4 Berechnungen des Energieeffizienzindex (EEI)	9
4.1 Allgemeine Informationen und Erläuterungen zum EEI	9
4.2 Gewichteter Mittelwert der elektrischen Leistungsaufnahme	9
4.3 Die elektrische Bezugs-Leistungsaufnahme $P_{1,ref}$	10
5 Qualifikation der Pumpenaggregattypen hinsichtlich ihres Energieeffizienzindex	11
5.1 Allgemeine Erläuterungen	11
5.2 Qualifikationsverfahren	11
6 Verifizierung des Energieeffizienzindex bei Pumpenaggregaten	12
6.1 Allgemeine Erläuterungen	12
6.2 Verfahren und Entscheidung	12
Anhang A (informativ) Mittelwert und Konfidenzintervall des Energieeffizienzindex EEI	14
Anhang B (informativ) Empfohlene Verfahren für die Qualifikation eines Pumpenaggregattyps durch Prüfung	19
B.1 Allgemeine Erläuterungen	19
B.2 Bestimmung des Mittelwerts für den EEI einer Grundgesamtheit des Pumpenaggregattyps aus einer Prüfung anhand ausschließlich eines Prüfpumpenaggregats	20
B.3 Bestimmung des Mittelwerts für den EEI einer Grundgesamtheit des Pumpenaggregattyps aus einer Prüfung von M Pumpenaggregaten	21
Anhang C (informativ) Anwendung der mathematischen Statistik auf die Prüfungen	23
C.1 Zweck der Anwendung von Statistiken im Rahmen der Qualifikation und Verifizierung	23
C.2 Normale oder Gaußsche Verteilung	23
C.3 Konfidenzintervall	24
C.4 Ausreißertest	25
Anhang D (informativ) Messunsicherheiten	27
Anhang E (informativ) Die Wahrscheinlichkeit des Ergebnisses aus dem Verifizierungsverfahren	30
E.1 Allgemeines	30
E.2 Wahrscheinlichkeit, dass die Rechtmäßigkeit in den Verifizierungsprüfungen bestätigt wird	33
E.3 Wahrscheinlichkeit, dass der numerische, vom verantwortlichen Unternehmen angegebene EEI-Wert in den Verifizierungsprüfungen bestätigt wird	34
Literaturhinweise	35

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 17038-1:2019) 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 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2019 zurückgezogen werden.

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

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, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Diese Europäische Norm ist der erste Teil einer Normenreihe, die eine Methodologie zur Bewertung der Energieeffizienzleistung von Pumpenaggregaten, einschließlich Pumpe und Motor mit oder ohne Frequenzumformer, auf Grundlage eines nicht dimensional numerischen Werts, dem sogenannten Energieeffizienzindex (EEI), beschreibt. Ein EEI ermöglicht die Gegenüberstellung unterschiedlicher Pumpengrößen und -typen mit einem gemeinsamen Anzeiger. Physikalische Einflüsse, wie Pumpengröße, spezifische Drehzahl, Teillast-Betrieb des Pumpenaggregats, Kenngröße des Motorwirkungsgrads und der Einfluss des Frequenzumformers werden in diese Kennzahl integriert.

Diese Normenreihe behandelt Pumpenaggregate, die komponentenweise auf den Markt gebracht und in eine Pumpeneinheit eingesetzt werden können oder die als Einzelprodukt auf den Markt gebracht werden. Zur Abdeckung beider Fälle wurde ein semi-analytisches Modell entwickelt, um den EEI allein auf Grundlage der Nenndaten zu den Bauteilen abzuleiten. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn ein Monteur von Bauteilen vor Ort das Pumpenaggregat zusammenbaut und eine Produktprüfung für diesen Monteur anschließend nicht möglich ist bzw. wenn ein Hersteller ein Pumpenaggregat anbietet, dessen Bauteile zuvor nicht kombiniert wurden.

Diese spezifische Norm gibt einen Überblick über das Grundkonzept des EEI (Abschnitt 4), die Grundkonzepte der Durchfluss-Zeit-Profil -Profile und Referenz-Regelkennlinien des Drucks, die Qualifizierung (Abschnitt 5) eines Pumpenaggregattyps hinsichtlich eines EEI sowie die Verifizierung von EEI-Werten (Abschnitt 6), die entweder durch Messung oder Berechnung zu einem Pumpenaggregattyp ermittelt wurden.

Spezifische Anforderungen an Prüfungen, ein Berechnungsverfahren für einen EEI, das so genannte semi-analytische Modell eines vollständigen Pumpenaggregats, spezifische Durchfluss-Zeit-Profil -Profile und Referenz-Regelkennlinien werden in den folgenden Teilen dieser Normenreihe festgelegt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt die Methodik, die Energie-Effizienz Leistung von Pumpenaggregaten auf der Basis einer dimensionslosen, numerischen Größe zu bewerten, die Energieeffizienzindex (EEL) genannt wird.

Dieses Dokument behandelt Pumpenaggregate, bestehend aus:

- einer einzelnen oder mehreren Kreislumpumpe(n) für Wasser, auch wenn sie in andere Produkte integriert sind, angetrieben von einem Motorsystem aus einem Elektromotor und
- entweder einem Kabelabschlusskasten, der nur den Betrieb des Pumpenaggregats bei konstanter Frequenz des Stators und daher (nahezu) konstanter Drehzahl ermöglicht,
- oder einem vollständigen Antriebsmodul (CDM, en: Complete Drive Module), das den Betrieb des Pumpenaggregats bei variabler Drehzahl entsprechend des schwankenden Bedarfsvolumenstroms und/oder der Entnahme bzw. des Differenzdrucks erlaubt.

ANMERKUNG Ein CDM wird oftmals auch drehzahl geregelter Antrieb (VSD, en: Variable Speed Drive) genannt.

Pumpenaggregate entsprechend der obenstehenden Definition werden hinsichtlich ihrer Energieeffizienz als erweiterte Produkte behandelt.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe, Symbole und Indizes

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC unterhalten unter folgenden Adressen terminologische Datenbanken zur Verwendung in der Standardisierung:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org>
- ISO Online browsing platform: verfügbar unter <http://iso.org/obp>

3.1

feste Drehzahl

konstante Frequenz des Stators

3.2

variable Drehzahl

wechselnde Frequenz des Stators

3.3

Energieeffizienzindex

EEL

Verhältnis zwischen $P_{1,avg}$ und $P_{1,ref}$

3.4

elektrische Bezugs-Leistungsaufnahme $P_{1,ref}$

berechnete Leistungsaufnahme des Pumpenaggregats am Bestpunkt

3.5

mittlere elektrische Leistungsaufnahme $P_{1,avg}$

nach dem Lastprofil gewichtete Leistungsaufnahme

3.6

Pumpenaggregat

von einem Motorsystem angetriebene Pumpe

3.7

Motorsystem

Kombination aus einem Elektromotor und entweder einem Kabelabschlusskasten oder einem CDM

3.8

Pumpenaggregattyp

identische Pumpenaggregate der gleichen Konfiguration

3.9

Druckkennlinie

funktionale Abhängigkeit der geforderten Energiehöhe H vom gelieferten Förderstrom Q in Form einer nicht dimensional Korrelation $H/H_{100\%} = f(Q/Q_{100\%})$

3.10

Referenz-Druckkennlinie

vordefinierte funktionale Abhängigkeit $H/H_{100\%} = f(Q/Q_{100\%})$ für genormte Messungen und Berechnungen der mittleren Leistungsaufnahme $P_{1,avg}$

3.11

vollständiges Antriebsmodul

CDM

(en: Complete Drive Module)

elektronischer Frequenzumrichter eingebunden zwischen der Spannungsversorgung und einem Motor sowie Erweiterungen wie etwa Schutzeinrichtungen, Umformern und Nebenaggregaten

[QUELLE: EN 61800-2]

3.12

Antriebs- und Motorsystem

PDS

(en: Power Drive System)

Kombination aus vollständigem Antriebsmodul und Motor

Tabelle 1 — Liste der grundlegenden Buchstaben und Indizes

Symbol	Größe	Einheit
C	Konstante	dimensionslose Zahl
D	Durchmesser	m
e	Messunsicherheit, relativer Wert	dimensionslose Zahl
E	Allgemeine Messunsicherheit	dimensionslose Zahl
f	Frequenz	s ⁻¹ , Hz
g	Beschleunigung aufgrund der Schwerkraft	m/s ²
H	Förderhöhe der Pumpe	m
k	Anzahl der Probepumpen	dimensionslose Zahl
m	Gewicht	kg
M	Anzahl der Pumpen in einer Stichprobe	dimensionslose Zahl
n	Drehzahl	s ⁻¹ , min ⁻¹
N	Anzahl der Ablesungen der MSR-Geräte	dimensionslose Zahl
n_s	spezifische Drehzahl	min ⁻¹
p	Druck	Pa
p	Wahrscheinlichkeitsdichte	dimensionslose Zahl
P	Leistung	W
Q	(Volumen)-Förderstrom	m ³ /s
s	Standardabweichung einer Stichprobe	entsprechend spezifischer Größe
t	Toleranzfaktor, relativer Wert	dimensionslose Zahl
t	Uhr	s
t	Student-t-Faktor	dimensionslose Zahl
T	Drehmoment	Nm
u	Umfangsgeschwindigkeit	m/s
U	mittlere Geschwindigkeit	m/s
U	Spannung	V
v	örtliche Geschwindigkeit	m/s
V	Volumen	m ³
x	allgemeine Größe	entsprechend spezifischer Nutzung
y	allgemeine Größe	entsprechend spezifischer Nutzung
z	Abstand über der Bezugsebene	m
z	Anzahl hergestellter Pumpen	dimensionslose Zahl
η	Wirkungsgrad	dimensionslose Zahl
θ	Temperatur	°C
ν	kinematische Viskosität	m ² /s
ρ	Dichte	kg/m ³
ω	Winkelgeschwindigkeit	rad/s
σ	Standardabweichung der Normalverteilung	entsprechend spezifischer Größe

Tabelle 2 — Liste der als Indizes verwendeten Buchstaben und Bilder

Index	Bedeutung
1	elektrisch
2	mechanisch
abs	absolut
allowable	zulässig z. B. nach Verordnungen
declared	vom Hersteller angegeben
verification	im Verifizierungsverfahren erlaubt
individual	spezifisch für eine Pumpeneinheit
amb	Umgebung (en: ambient)
annual	pro Jahr
BEP	Punkt des besten Wirkungsgrads (en: best efficiency point)
dr	Antrieb (en: drive)
D	Datum
exp	experimentell bestimmt
G	garantiert
H	Gesamtenergiehöhe der Pumpe
I	Nummerierungsindex
J	Nummerierungsindex
imp	Laufwerk (en: impeller)
man	Herstellung (en: manufacturing)
max	maximal zulässig
mean	arithmetischer Mittelwert
min,requ	minimal gefordert
N	Nenn-
OL	Überlast (en: overload)
Pd	vordefiniert
P	Leistung (en: power)
PL	Teillast (en: part load)
Q	(Volumen-)Durchfluss
R	zufällig (en: random)
S	spezifisch, systematisch
sync	synchron
tot	gesamt, Gesamt- (en: total)
true	wahrer Wert
T	Drehmoment (en: torque)
v	Dampf (en: vapour)
x	der Größe x
y %	zu einer Wahrscheinlichkeit von y %

4 Berechnungen des Energieeffizienzindex (EEI)

4.1 Allgemeine Informationen und Erläuterungen zum EEI

Das Verhältnis zwischen $P_{1,avg}$ und $P_{1,ref}$ ist ein quantitativer Indikator für die Energieeffizienz von Pumpenaggregaten. Dieses wird als Energieeffizienzindex (EEI) bezeichnet und wird anhand der folgenden Gleichung bestimmt (1):

$$EEI = \frac{P_{1,avg}}{P_{1,ref}} \quad (1)$$

Um den Wirkungsgrad von Pumpenaggregaten zu bewerten, wird deren tatsächliche elektrische Leistungsaufnahme $P_{1,avg}$ mit einem Bezugswert $P_{1,ref}$ verglichen. Dieser ist eine Nennleistungsaufnahme eines fiktiven Pumpenaggregats, das bei einem Nennpunkt von 100 % betrieben wird.

Der Wert von $P_{1,ref}$ für die unterschiedlichen Pumpentypen wird in anderen Teilen dieser Norm festgelegt.

Der angegebene EEI-Wert basiert auf den tatsächlichen Pumpenkennlinien, unabhängig ob diese mit einem Laufrad mit vollem Durchmesser, einem abgedrehten Laufrad oder einer leistungsbeschränkten Kennlinie erreicht wurden.

ANMERKUNG Im Gegensatz zu den Wirkungsgrad-Werten η der Aggregatbauteile ist die Energieeffizienz der Pumpenaggregate umso besser, je tiefer der numerische EEI-Wert ist.

4.2 Gewichteter Mittelwert der elektrischen Leistungsaufnahme

Im Allgemeinen sollte die Quantifizierung der Energieeffizienz von Pumpenaggregaten auf dem gewichteten Mittel der elektrischen Leistungsaufnahme $P_{1,avg}$ beruhen.

Der Gewichtungsfaktor bei der Mittelung der elektrischen Leistungsaufnahme P_1 ist der Anteil der Betriebszeit bei entsprechendem Förderstrom. Im Allgemeinen gibt es für sämtliche Anwendungen eine kontinuierliche Funktion, die die Abhängigkeit des (differentialen) Zeitanteils dt/t_{tot} am relativen Förderstrom $Q/Q_{100\%}$ beschreibt, wobei t_{tot} die gesamte Betriebszeit und $Q_{100\%}$ in den spezifischen Teilen dieser Norm festgelegt ist.

Zur Bewertung der Energieeffizienz von Pumpenaggregaten sind allgemeine und genormte *Durchfluss-Zeit-Profil* als Grundlage für die Angabe der Energieeffizienz erforderlich. Das Durchfluss-Zeit-Profil wird für jeden Pumpentyp in anderen Teilen dieser Norm festgelegt.

In dieser Norm werden verschiedene Durchfluss-Zeit-Profilen anhand einer begrenzten Zahl an Punkten und nicht anhand einer kontinuierlichen Linie oder Funktion beschrieben, um es weiter zu vereinfachen, einen Wert zu bestimmen, der die Energieeffizienz von Pumpenaggregaten kennzeichnet. Diese diskreten Punkte sind Paare der Werte von $Q/Q_{100\%}$ und $\Delta t/t_{tot}$. Diese Werte bestimmen die diskretisierten Durchfluss-Zeit-Profil-Profile. Sie werden in den spezifischen Teilen dieser Norm als Bezugs-Durchfluss-Zeit-Profil angegeben. (In diesem Fall ist Δt der finite Anteil der Betriebszeit und $Q/Q_{100\%}$ ist der Mittelwert des relativen Förderstroms innerhalb dieses Zeitanteils.)

ANMERKUNG 1 Die in dieser Norm für den Betrieb mit variablem Durchfluss festgelegten Bezugs-Durchfluss-Zeit-Profil-Profile geben die typischen Bereiche und Schwankungen des geforderten Förderstroms in diesen Arten von Anwendungen wieder und beruhen auf experimentellen Feldstudien, siehe [1], [2].

Für ein bestimmtes Bezugs-Durchfluss-Zeit-Profil wird das gewichtete Mittel der elektrischen Leistungsaufnahme $P_{1,avg}$ mit der folgenden Gleichung (2) berechnet:

$$P_{1,avg} = \sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{\Delta t}{t_{tot}} \right)_i \cdot P_{1,i} \right] \quad (2)$$

Dabei ist

- i die fortlaufende Zahl der Punkte des Durchfluss-Zeit-Profil-Profils und N die Gesamtanzahl an Punkten des Durchfluss-Zeit-Profil -Profils.

Für die Berechnung von $P_{1,avg}$ muss die elektrische Leistungsaufnahme P_1 für jeden Wert von $Q/Q_{100\%}$ des Bezugs-Durchfluss-Zeit-Profil -Profils bekannt sein.

Wie für das Durchfluss-Zeit-Profil sind allgemeine und genormte Korrelationen $H/H_{100\%} = f(Q/Q_{100\%})$ als Grundlage für die Angabe und den Vergleich der Energieeffizienz von Pumpenaggregaten erforderlich, die auf dem Markt erhältlich sind und/oder als erweiterte Produkte in Betrieb genommen werden. Diese genormte Korrelationen $H/H_{100\%} = f(Q/Q_{100\%})$ werden in dieser Norm als Referenz-Druckkennlinie bezeichnet und werden in den folgenden Teilen dieser Norm festgelegt.

Für die Berechnung von $P_{1,avg}$ bei Betrieb mit variabler Drehzahl muss die elektrische Leistungsaufnahme P_1 bei den relativen Förderstromwerten $Q/Q_{100\%}$ des relevanten Bezugs-Lastfluss-Profils und für die entsprechende Drehzahl n bestimmt werden.

ANMERKUNG 2 Insbesondere bei niedrigen Werten von $Q/Q_{100\%}$ ist die elektrische Leistungsaufnahme P_1 bei Pumpenaggregaten, die bei konstanter Frequenz des Stators betrieben werden, wesentlich höher als bei drehzahlgeregelten Pumpenaggregaten. Dies gilt unabhängig von der tatsächlichen Regelkennlinie des Drucks.

4.3 Die elektrische Bezugs-Leistungsaufnahme $P_{1,ref}$

Zur Bewertung der Energieeffizienz von Pumpenaggregaten im Anwendungsbereich dieser Norm ist ein nicht dimensionaler Wert erforderlich, der die Energieeffizienz von Pumpenaggregaten direkt wiedergibt. Die numerische Größe dieses Werts muss von den Parametern unabhängig sein, die den Wirkungsgrad der Aggregat-Bauteile grundlegend beeinflussen, wie z. B. ihre geometrische Größe und Nennleistung. Zu diesem Zweck wird die tatsächliche, nach Gleichung (1) gemittelte elektrische Leistungsaufnahme $P_{1,avg}$ durch einen geeigneten Referenzwert $P_{1,ref}$ geteilt. Dieser Referenzwert muss

- eine physikalische Grundlage haben,
- maßgebende Einflüsse auf die elektrische Leistungsaufnahme der Pumpenaggregate berücksichtigen,
- vom Wirkungsgrad in Bezug auf die Qualität der einzelnen Bauteile des Pumpenaggregats unabhängig sein.

Die gewählten Definitionen von $P_{1,ref}$ die diese Anforderungen erfüllen, sind in anderen Teilen dieser Norm aufgeführt.