

# **ProKilowatt-Berechnungshilfe zur Ermittlung des Strombedarfs elektrischer Antriebe von Pumpen und Ventilatoren**

## **Anleitung und Hinweise**

### **Anwendungshinweise für die Berechnungshilfe**

Die Berechnungshilfe dient ausschliesslich der Berechnung des Strombedarfs von bestehenden und neuen elektrischen Antrieben. Das Tool ist anwendbar für Ventilator- und Pumpenantriebe, bei Pumpen jedoch nur für geschlossene Kreisläufe (also nicht für Hebe- und Druckerhöhungspumpen). Besonders geeignet ist das Tool für einen Leistungsbereich von ca. 3 bis 100 kW. Die Anwendung des Tools setzt voraus, dass Typenschilder (bzw. entsprechende Daten) für Motor und Pumpe/Ventilator vorhanden sind. Falls für Pumpen resp. Ventilatoren kein Typenschild zu finden ist, müssen Volumenstrom und Druckdifferenz (Volllast) aus der Anlagendokumentation oder durch Messungen ermittelt werden. **Die Motoren-Nennleistung darf nicht als Leistungsbedarf der Pumpe- oder des Ventilators übernommen werden, es darf auch keinen Stromverbrauch daraus abgeleitet werden.**

Es gilt zu beachten, dass die Genauigkeit der Resultate von der Genauigkeit der Eingabedaten abhängt und dass das Tool keine projektbezogene Planung ersetzt.

Zusätzlich zur Berechnung der über einen Motorenersatz erzielbaren Stromeinsparung kann das Tool auch für einen Variantenvergleich und damit für die begründete Auswahl eines neuen und effizienteren Motors verwendet werden.

Das Tool kann für die Einsparprognose und den Einsparnachweis für ProKilowatt-Massnahmen verwendet werden. Die Verwendung des Tools ist keine Garantie dafür, dass die betroffenen Massnahmen die Förderbedingungen erfüllen.

Das Tool bzw. die Tabellen sind absichtlich nicht gesperrt, um maximale Transparenz zu gewährleisten. Weder für allfällige Fehler noch für Folgen aus Änderungen an dem Tool kann irgendeine Haftung übernommen werden. Legen Sie sich deshalb eine Sicherheitskopie des Tools an.

### **1) Datenerfassung und Strombedarf bestehende Anlage**

Mit den Typenschilddaten einer Pumpe oder eines Ventilators und den Betriebsstunden kann der Strombedarf nur grob abgeschätzt werden, da mit der Nennleistung gerechnet wird. Für eine genauere Berechnung muss mindestens ein gemessener Wert von Leistungsaufnahme, Motorenstrom oder von Volumenstrom und Druckdifferenz der Pumpe oder des Ventilators bekannt sein (vgl. 1.5 unten). Die Werte sollten bei Volllast gemessen werden.

#### 1.1 Zusammenstellung Typenschilddaten

Die Typenschilder sind in der Regel vorhanden und die entsprechenden Angaben noch ablesbar. Dabei handelt es sich jedoch um Nennleistungswerte, welche im Betrieb meist nicht erreicht werden. Deshalb ist die Überprüfung mittels Messung wichtig. Wenn der Motor-Wirkungsgrad nicht oder nur als Effizienzklasse angegeben ist, kann er näherungsweise mit einer Altersabschätzung und den Hilfstabellen 1 und 2 (im Tool auf dem Tabellenblatt „Hilfstabellen Diagramme“ abgebildet) bestimmt werden.

#### 1.2. Bestimmung Wirkungsgrad von Pumpe oder Ventilator

Der Wirkungsgrad von Pumpe oder Ventilator kann vom Typenschild oder den jeweiligen Datenblättern entnommen werden, welche häufig im Internet auf den Webseiten der Hersteller zu finden sind. Falls keine Datenblätter vorliegen, können als grobe Schätzwerte die Werte aus den Hilfsdiagrammen 1 und 2 eingesetzt werden. Für den Wirkungsgrad einer Transmission (betrifft praktisch nur Ventilatoren) werden im Tool plausible Werte vorgeschlagen.

### 1.3. Bestimmung der jährlichen Betriebszeit

Die jährliche Betriebszeit fließt direkt in die Berechnung des Stromverbrauchs ein. Falls diese nicht aus Steuerungseinstellungen ableitbar und kein Stundenzähler vorhanden ist, ist eine gut begründete Schätzung nötig. Meist kann das dafür verantwortliche Fachpersonal dazu gute Hinweise geben.

### 1.4 Berechnung Energieverbrauch aus Typenschilddaten bei konstantem Volumenstrom

Der Energieverbrauch, berechnet aus den Typenschilddaten der Pumpe oder des Ventilators, stellt eine Art oberen Grenzwert dar, da er auf den Nennwerten (Volumenstrom und Druckdifferenz) der anzutreibenden Pumpe oder Ventilator basiert. Der tatsächliche Energieverbrauch kann deshalb durchaus bis zu 50% tiefer liegen, auch bei konstanter Last. Der so berechnete Energieverbrauch gilt auch für eine Bypass-Volumenstromregelung.

### 1.5 Zusammenstellung Messwerte, Zwischenresultate aus Messwerten

Eine Messung der Leistungsaufnahme vor Ort ist recht aufwendig. Diese Daten können jedoch oft aus Leitsystemen entnommen werden. Diesbezüglich ist es empfehlenswert, das dazu verantwortliche Fachpersonal anzufragen. Liegen keine Leitsystemdaten vor, kann ein guter Näherungswert durch eine einfache Strommessung mittels Zangen-Amperemeter bestimmt werden (durch berechnete Fachleute ausführen lassen). Auf eine Spannungsmessung kann verzichtet werden, da sie üblicherweise 400 V mit kleinen Abweichungen beträgt (Niederspannungs-Drehstrommotoren). Der für die Leistungsberechnung erforderliche Cosinus Phi kann mit hinreichender Genauigkeit aus dem Hilfsdiagramm 3 abgeleitet werden.

Eine Messung von Volumenstrom und Differenzdruck ist aufwendig und wird nur ausgeführt, wenn dies unbedingt erforderlich ist (z.B. um Teillast-Werte zu erhalten). Wenn jedoch die Sensoren installiert sind, gibt die Messung genaueren Aufschluss über die Betriebsweise der Anlage. In die Tabelle sind die Werte für Volllast einzutragen. Allfällige Teillastwerte können für die Modellierung des Lastprofils unter 1.7 verwendet werden.

### 1.6 Berechnung Energieverbrauch aus Messwerten bei konstantem Volumenstrom (oder Bypassregelung)

Mit dem Energieverbrauch aus gemessenen Werten (E2, E3, E4) lässt sich die Berechnung aufgrund der Typenschilddaten (E1) prüfen. Meist sind die aufgrund von gemessenen Werten berechneten Verbrauchswerte tiefer als der auf Basis der Typenschilddaten der Pumpe oder des Ventilators berechnete Verbrauch.

### 1.7 Berechnung Energieverbrauch bei variablem Volumenstrom

Die Eingaben sind gemäss den Hinweisen im Tool sowie gemäss den Ausführungen im Kapitel 2.2 vorzunehmen. Die Resultate für die profilgewichtete Wellenleistung sowie für den Energieverbrauch für die bestehende Anlage bei variablem Volumenstrom sind unten unter "3) Resultate" zu finden. Falls das variable Volumenstrom-Profil nicht genau bekannt ist, kann dieses durch eine gezielte Befragung des Fachpersonals konservativ abgeschätzt werden. Typische Fragen sind „wird der Volumenstrom mit Ventilen oder Klappen zwischendurch gedrosselt“, „ist der bestehende Elektromotor polumschaltbar und werden in Abhängigkeit von unterschiedlichen Betriebsfällen verschiedene Drehzahlstufen gefahren“ etc.).

## 2) Datenerfassung und Strombedarf neue Anlage

### 2.1 Berechnung Energieverbrauch bei konstantem Volumenstrom (oder Bypassregelung)

**Die durch einen alleinigen Motorenersatz erzielbaren Einsparungen sind meist recht bescheiden.** Oft sind durch eine gute Volumenstromregelung (mittels Reduktion der Drehzahl von Pumpe/Ventilator) wesentlich grösseren Einsparungen erzielbar. Falls nur der Motor ersetzt werden soll, ist die Belastung zu beachten: War der alte Motor stark unterbelastet, so kann allenfalls neu ein kleinerer eingebaut werden. Allerdings hat ein kleinerer Motor einen tieferen Wirkungsgrad als ein grösserer Motor und erfordert evt. aufwändige Anpassungen bei der Montage (Achshöhe). Zudem haben neue Elektromotoren (IEC-Induktionsmotoren) ihr Wirkungsgradoptimum bei etwa 75% Belastung und nicht etwa bei Nennleistung (!). Eine entsprechende Überdimensionierung wäre somit höchstens eine Investitionsfrage.

### 2.2 Berechnung Energieverbrauchs bei variablem Volumenstrom

Oft ist der benötigte Volumenstrom (Lastprofil) nicht konstant, sondern variabel. Ermitteln und Erfragen Sie die wirklichen Prozessanforderungen !

#### Vorgehen für polumschaltbare Motoren

Polumschaltbare Motoren waren für die Volumenstromanpassung bei Ventilatoren recht beliebt. Sie haben deutlich schlechtere Wirkungsgrade als 2- oder 4-polige Motoren mit konstanter Drehzahl. Sie werden kaum mehr angeboten, deshalb sind für diese Motoren auch keine Werte in der IEC 60034-30-1 zu finden. Für die polumschaltbaren Motoren sind in der Tabelle die entsprechenden Fördervolumina gemäss Hilfstabelle 3 anzugeben: Die Berechnung des Energieverbrauchs basiert auf den Werten mit FU mit einer Korrektur für den schlechteren Motorwirkungsgrad.

#### Vorgehen für Volumenstromregelung mittels Spannungsabsenkung

Volumenstromregelung mittels Spannungsabsenkung durch Phasenanschnitt (Thyristoren) oder Spartrafo wird nur für kleinere Leistungen unter ca. 1 kW eingesetzt, da grössere Motoren dabei überlastet werden können. Sie wird im vorliegenden Tool nicht behandelt, gegebenenfalls kann behelfsweise wie für eine Drosselung gerechnet werden.

#### Vorgehen zur Eingabe des effektiven Profils des Fördervolumens (Lastprofil)

Die Zeitanteile müssen zusammen 100% ergeben (Kontrolle). Die Fördervolumenstufen werden in der Grafik sofort angezeigt. Wenn keine zuverlässigen Angaben der bestehenden Fördervolumenstufen existieren (z.B. auf Basis der Klappen-/Ventil-Einstellungen), sollten sie durch Messungen ermittelt werden. Bei Ventilatoren ist dies durch Anemometer relativ einfach möglich. Bei Pumpen können diese eventuell aus den Temperaturdifferenzen Vor-/Rücklauf bei bekannter Wärmeleistung berechnet werden oder mittels Leistungs-/Strom-Messung und Pumpendiagramm bestimmt werden.

Wenn mit dem neuen Motor auch ein Frequenzumrichter eingebaut wird, resultiert im Vergleich zum Lastprofil der bestehenden Anlage ein neues Lastprofil. Dieses ist in der Tabelle einzutragen. Auch wenn das Lastprofil mit Drosselung verändert wird, ist das neue Lastprofil entsprechend zu erfassen. Falls das Lastprofil der neuen Anlage dem Lastprofil der bestehenden Anlage entspricht, können die Werte aus der oberen Tabelle (unter 1.7) übernommen werden.

## 3) Zusammenfassung Resultate

In der Tabelle werden die profilgewichtete Wellenleistung des Motors sowie der jährliche Stromverbrauch für verschiedene Varianten der bestehenden und der neuen Anlage sowie die entsprechenden Energieeinsparungen im Überblick dargestellt. Bei den berechneten Werten für die Variante „Motor mit FU“ handelt es sich um Abschätzungen basierend auf dem Proportionalitätsgesetz. Die Tabelle kann einerseits für die Einsparprognose sowie den Einsparnachweis beim Ersatz einer alten Anlage durch eine neue Anlage verwendet werden. Andererseits erlaubt die Tabelle auch einen Vergleich verschiedener Varianten für die neue Anlage.