



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

Standardisierte Massnahme HZ-02

Ersatz von Nassläufer-Umwälzpumpen in Gebäuden

Dokumentation

Massnahmennummer

HZ-02

Version

1.0 (11.2024)



1 Vorwort

Mit dem Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien hat das Parlament in der Herbstsession 2023 eine neue Verpflichtung der Elektrizitätslieferanten zur Umsetzung von Stromeffizienzmassnahmen festgeschrieben. Gemäss Art. 46b des Energiegesetzes (EnG) müssen Elektrizitätslieferanten Massnahmen für Effizienzsteigerungen an bestehenden elektrisch betriebenen Geräten, Anlagen und Fahrzeugen bei schweizerischen Endverbraucherinnen und Endverbrauchern umsetzen oder entsprechende Nachweise erwerben, wenn Dritte die Massnahmen umsetzen. Das Bundesamt für Energie (BFE) bezeichnet jährlich eine Liste von standardisierten Massnahmen und deren anrechenbare Stromeinsparungen. Massnahmen, die nicht im Katalog der standardisierten Massnahmen enthalten sind, können dem BFE als sogenannte nicht standardisierte Massnahmen zur Zulassung vorgelegt werden.

Für jede standardisierte Massnahme stellt das BFE ein Einsparprotokoll zur Verfügung, mit dem Elektrizitätslieferanten die umgesetzten Massnahmen melden können. In der begleitenden Dokumentation wird die Methodik zur Bestimmung der anrechenbaren Stromeinsparungen nachvollziehbar erläutert. Die vorliegende Methodik schätzt pauschal die kumulierten Stromeinsparungen (Endenergie), welche durch die Umsetzung der entsprechenden Stromeffizienzmassnahme über die Wirkungsdauer ausgelöst werden. Sie beruht auf einer Ex-ante-Berechnung und verwendet Annahmen und Faktoren, die durch geltende Normen, Marktstudien, die wissenschaftliche Literatur und Expertenbeiträge definiert werden konnten.

Die Dokumentation richtet sich an Elektrizitätslieferanten, Umsetzerinnen von Stromeffizienzmassnahmen sowie an alle anderen Personen, die sich für die Stromeinsparungen im Rahmen der Effizienzsteigerungen nach Artikel 46b EnG (SR 730.0) interessieren.

2 Ziel

Das Ziel des vorliegenden Dokuments ist es, die Stromeinsparungen, welche durch den Ersatz von Nassläufer-Umwälzpumpen (nachfolgend Umwälzpumpen) in Gebäuden durch effizientere und kleinere Modelle ausgelöst werden, pauschal zu schätzen.

3 Symbole, Begriffe und Einheiten

Lateinische Buchstaben

Symbol	Begriff	Einheit
E	Jährlicher Stromverbrauch	kWh/a
ΔE_{eco}	Anrechenbare Stromeinsparungen	MWh
\dot{E}	Elektrische Leistungsaufnahme	kW
f	Faktor	-
H	Förderhöhe	kPa
N_s	Standardwirkungsdauer	a
Q	Durchfluss	m ³ /h
t_{on}	Jährliche Betriebsstunden	h/a
ΔT	Temperaturdifferenz	K

Griechische Buchstaben

Symbol	Begriff	Einheit
η	Wirkungsgrad	-
ϕ_H	Wärmeerzeugerleistung	kW

Indizes

x	Zustand (alt, neu)
y	Teillast



4 Beschreibung der Ex-ante-Berechnung

4.1 Anrechenbare Stromeinsparungen

Die anrechenbaren Stromeinsparungen ΔE_{eco} der Massnahme berechnen sich aus der Differenz zwischen dem aktuellen (bestehender Zustand) E_{alt} und dem neuen (sanierter Zustand) Stromverbrauch E_{neu} über die Standardwirkungsdauer N_s .

Um die natürliche Erneuerungs- und Optimierungsrate von Geräten und Anlagen zu berücksichtigen, die ohne gesetzliche Verpflichtungen zu einer Senkung des Energieverbrauchs führt, werden die anrechenbaren Stromeinsparungen mit Hilfe eines Reduktionsfaktors f_{eco} von 0.75 reduziert.

$$\Delta E_{eco} = 0.001 \cdot (E_{alt} - E_{neu}) \cdot f_{eco} \cdot N_s$$

ΔE_{eco}	Anrechenbaren Stromeinsparungen, in MWh
E_{alt}	Jährlicher Stromverbrauch des alten Zustandes, in kWh/a
E_{neu}	Jährlicher Stromverbrauch des neuen Zustandes, in kWh/a
f_{eco}	Reduktionsfaktor
N_s	Standardwirkungsdauer, in Jahren

4.2 Jährlicher Stromverbrauch

Der jährliche Stromverbrauch der Umwälzpumpen wird anhand der aufgenommenen elektrischen Leistungsaufnahmen $\dot{E}_{y,x}$ bei 25%, 50%, 75% und 100% des Nenndurchflusses sowie der jährlichen relativen Betriebsdauer $f_{t,y}$ für die jeweiligen Teillasten geschätzt. Die absolute jährliche Betriebsdauer wird durch die Variable t_{on} definiert. Der Index x bezeichnet einmal den bestehenden (*alt*) und ein zweites Mal den sanierten (*neu*) Zustand.

$$E_x = t_{on} \cdot (f_{t,100\%} \cdot \dot{E}_{100\%,x} + f_{t,75\%} \cdot \dot{E}_{75\%,x} + f_{t,50\%} \cdot \dot{E}_{50\%,x} + f_{t,25\%} \cdot \dot{E}_{25\%,x})$$

E_x	Jährlicher Stromverbrauch, in kWh/a
t_{on}	Jährliche Betriebsstunden, in Stunden pro Jahr
$f_{t,y}$	Jährliche relative Betriebsdauer bei Teillast y
$\dot{E}_{y,x}$	Elektrische Leistungsaufnahme bei Teillast, in kW

Die elektrische Nennleistung (d. h. bei 100 % des Nenndurchflusses) wird vom Hersteller der Pumpe angegeben und ist in der Regel auf dem Typenschild der Pumpe zu finden (Wert P1). Die elektrische Leistungsaufnahme bei Teillast wird anhand der folgenden Gleichungen je nach Drehzahlregulierung geschätzt. Der Index y bezeichnet die Teillast (25%, 50% und 75% des Nenndurchflusses).

A. Für Pumpen mit **fester** oder wählbarer Drehzahl:

$$\dot{E}_{y,x} = -0.34 \cdot \dot{E}_{100\%,x} \cdot y^2 + 0.67 \cdot \dot{E}_{100\%,x} \cdot y + 0.67 \cdot \dot{E}_{100\%,x}$$

B. Für Pumpen mit **variabler** Drehzahl:

$$\dot{E}_{y,x} = y \cdot \left(1 - \frac{1 - 4 \cdot (1 - y) \cdot f_R}{3} \right) \cdot \dot{E}_{y,x} \cdot \frac{\eta_{100\%,x}}{\eta_{y,x}}$$

Der Parameter f_R steht für den Regulierungsfaktor und $\eta_{y,x}$ für den Wirkungsgrad bei verschiedenen Teillasten. Für dynamische Pumpen wird dieser wie folgt definiert:

$$\eta_{y,x} = -\eta_{100\%,x} \cdot y^2 + 2 \cdot \eta_{100\%,x} \cdot y$$

y	Teillast, in Prozent
η_y	Teillastwirkungsgrad



f_R Regulierungsfaktor

Da die Schätzung der elektrischen Leistungsaufnahmen bei Teillast nur von der elektrischen Nennleistung $\dot{E}_{100\%,x}$ abhängt, wird die Formel für den jährlichen Stromverbrauch E_x mithilfe einer Konstante f_a vereinfacht.

$$E_x = t_{on} \cdot \dot{E}_{100\%,x} \cdot f_a$$

E_x	Jährlicher Stromverbrauch, in kWh/a
t_{on}	Jährliche Betriebsstunden, in Stunden pro Jahr
$\dot{E}_{100\%,x}$	Elektrische Leistungsaufnahme bei Volllast, in kW
f_a	Faktor / Konstante

5 Eingabevariablen

Umwälzpumpen für Heizgruppen

- Gebäudezustand (*Mehrfachauswahl*)
- Benötigte Heizleistung (*ganze Zahl*)
- Anzahl der Umwälzpumpen (*ganze Zahl*) und für jede Umwälzpumpe:
 - Art der Wärmeabgabe (*Auswahl*: zwischen Heizkörpern und Fussboden)
 - Drehzahlregulierung (*Auswahl*: zwischen fester oder variabler Drehzahl)
 - Anteil der versorgten Energiebezugsfläche (*Prozentzahl*)
 - alte elektrische Nennleistung $P1_{alt}$ in Watt (*ganze Zahl*)
 - neue elektrische Nennleistung $P1_{neu}$ in Watt (*ganze Zahl*)

Warmwasserzirkulationspumpen

- Gebäudekategorie (*Mehrfachauswahl*)
- Energiebezugsfläche (*ganze Zahl*)
- Anzahl der Umwälzpumpen (*ganze Zahl*) und für jede Umwälzpumpe:
 - alte elektrische Nennleistung $P1_{alt}$ in Watt (*ganze Zahl*)
 - neue elektrische Nennleistung $P1_{neu}$ in Watt (*ganze Zahl*)

6 Annahmen und Daten

Allgemein

- Die Standardnutzungsdauer der Massnahme N_s beträgt 15 Jahre.
- Die Anzahl Betriebsstunden von Umwälzpumpen für Heizgruppen in Bezug auf den spezifischen Heizbedarf entspricht den vom GEAK-Verein angenommen Richtwerten [6].
- Die Anzahl Betriebsstunden für die Warmwasserzirkulation entspricht den vom GEAK-Verein angenommen Richtwerten [6].
- Die Berechnungsmethode des Energieeffizienzindex (EEI) für Umwälzpumpen nach EU 641/2009 [1] gilt als repräsentativ hinsichtlich der Verteilung der jährlichen Heizlast [2].
- Für eine Pumpe mit *fester* oder *manuell wählbarer* Drehzahl wird eine vom Durchfluss abhängige verbrauchte Leistung angenommen, die einer Parabel folgt, deren Scheitelpunkt der maximalen Leistung für einen 100% Durchfluss entspricht und bei 0% Durchfluss eine Leistung von 67% der maximalen Leistung aufweist [2].
- Der Wirkungsgrad bei 75%, 50% und 25% Durchfluss für *dynamische* Umwälzpumpen wird mit einer Parabel ausgedrückt, deren Scheitelpunkt dem Wirkungsgrad bei 100% Durchfluss entspricht und die durch den Ursprung verläuft [2].



- vii. Der Regulierungsfaktor für Umwälzpumpen mit variabler Drehzahl entspricht dem Verhältnis zwischen der Mindestdruckhöhe bei 25% des Durchflusses und der Mindestdruckhöhe bei 100% des Durchflusses, je nach Typ der Regulierung [2].
- viii. Die Werte von f_a sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1 Werte der Konstante f_a

Drehzahlregulierung	Wert für f_a
Fester oder wählbarer Drehzahl (nicht reguliert)	0.89
Delta P konstant	0.66
Delta P proportional zum Durchfluss	0.50

Tabelle 2 Jährliche Betriebsdauern

Anwendungsfall	Jährliche Betriebsstunden				
	Gesamt	bei 100%	bei 75%	bei 50%	bei 25%
	[h]	[%]	[%]	[%]	[%]
Heizen (Bestand ≤ 800 m)	5'400	6	15	35	44
Heizen (Bestand > 800 m)	6'400	6	15	35	44
Heizen (sanitert ¹)	4'400	6	15	35	44
Warmwasser (MFH ² , Hotel)	8'760	100	0	0	0
Warmwasser (andere)	3'000	100	0	0	0

Tabelle 3 Regulierungsfaktor f_R

Drehzahlregulierung	Wert für f_R
Fester oder wählbarer Drehzahl (nicht reguliert)	-
Delta P konstant	100%
Delta P proportional zum Durchfluss	62.5%

7 Resultate

Angesichts der präsentierten Annahmen und Daten werden die anrechenbaren Stromeinsparungen in Bezug auf die elektrische Nennleistung P_1 der alten (*alt*) und der neuen (*neu*) Umwälzpumpe für die verschiedenen Anwendungsfälle in Tabelle 4 ermittelt.

Tabelle 4 Anrechenbare Stromeinsparungen

Anwendungsfall	Drehzahlregulierung		Anrechenbare Stromeinsparungen
	<i>alt</i>	<i>neu</i>	[MWh/Gerät]
Heizen (≤ 800 m ü. M.)	nicht reguliert	ΔP konstant	$0.061 \cdot (0.89 \cdot P_{1\text{alt}} - 0.66 \cdot P_{1\text{neu}})$
	nicht reguliert	ΔP proportion.	$0.061 \cdot (0.89 \cdot P_{1\text{alt}} - 0.50 \cdot P_{1\text{neu}})$
Heizen (> 800 m ü. M.)	nicht reguliert	ΔP konstant	$0.072 \cdot (0.89 \cdot P_{1\text{alt}} - 0.66 \cdot P_{1\text{neu}})$
	nicht reguliert	ΔP proportion.	$0.072 \cdot (0.89 \cdot P_{1\text{alt}} - 0.50 \cdot P_{1\text{neu}})$

¹ Die Qualität der Gebäudehülle entspricht mindestens der GEAK-Klasse C

² Mehrfamilienhaus



Heizen (saniert)	nicht reguliert	ΔP konstant	$0.050 \cdot (0.89 \cdot P1_{alt} - 0.66 \cdot P1_{neu})$
	nicht reguliert	ΔP proportion.	$0.050 \cdot (0.89 \cdot P1_{alt} - 0.50 \cdot P1_{neu})$
Warmwasser (MFH, Hotel)	nicht reguliert	nicht reguliert	$0.100 \cdot (0.89 \cdot P1_{alt} - 0.89 \cdot P1_{neu})$
Warmwasser (Andere)	nicht reguliert	nicht reguliert	$0.034 \cdot (0.89 \cdot P1_{alt} - 0.89 \cdot P1_{neu})$

8 Beispiel

Szenario: Ersatz von zwei Umwälzpumpen für Heizgruppen (mit Heizkörpern) in einem Wohngebäude in Genf mit einer Energiebezugsfläche von 800 m².

Dimensionierung

Heizgruppe	Wärme- erzeuger- leistung	Versorgte Fläche	Durchfluss	Förderhöhe	Hydraulische Leistung
	[kW]	[m ²]	[m ³ /h]	[kPa]	[Watt]
Gruppe A	40	400	1.72	25	12
Gruppe B		400	1.72	25	12
Gesamt		800		-	24

Einsparungen

Heizgruppe	Elektrische Leistung (<i>alt</i>)	Drehzahl- regulierung (<i>alt</i>)	Elektrische Leistung (<i>neu</i>)	Drehzahl- regulierung (<i>neu</i>)	Anrechenbare Strom- einsparungen
	[Watt]	[-]	[Watt]	[-]	[MWh]
Gruppe A	55	nicht reguliert	25	dP prop.	2.2
Gruppe B	55	nicht reguliert	25	dP prop.	2.2
Gesamt	110	-	50	-	4.4



9 Anhang I

Allein auf der Grundlage der elektrischen Nennleistung P_1 der alten Umwälzpumpe ist es nicht möglich, eine Überdimensionierung beim Austausch zu erkennen. Um dies zu beheben, ist es notwendig, die minimal erforderliche hydraulische Leistung P_{hyd} zu schätzen. Die wichtigsten Daten für die Schätzung der hydraulischen Leistung sind der Durchfluss Q in m^3/h und die Förderhöhe H in Pa.

$$P_{hyd} = \frac{Q \cdot H}{3600}$$

Durchfluss

Der nominale Durchfluss in m^3/h kann geschätzt werden anhand von:

- erforderliche Leistung des Wärmeerzeugers für die Heizung $\phi_{H,gen}$ in kWh/a, die gemäß der Vorgehensweise im Datenblatt [5] ermittelt wird,
- Temperaturdifferenz der Wärmeabgabesysteme am Auslegungspunkt ΔT in K. Diese wird je nach Art der Wärmeabgabe in Tabelle 5 pauschal festgelegt.

Bei mehreren Heizgruppen dienen die Energiebezugsflächen (EBF) der Gruppen als Verteilschlüssel.

$$Q = \frac{\phi_{H,gen}}{1.161 \cdot \Delta T}$$

Förderhöhe

Die Förderhöhe in Pa der Umwälzpumpen für Heizgruppen wird je nach Art der Wärmeabgabe in Tabelle 5 pauschal geschätzt.

Tabelle 1 Kennwerte von Heizsystemen

Wärmeabgabesystem	Förderhöhe [kPa]	Temperaturdifferenz [K]
Fussbodenheizung	50	5
Radiatoren (Standard)	25	10

10 Anhang II

Die maximal zulässige elektrische Nennleistung P_1 von neuen Warmwasserzirkulationspumpen nach SIA 385/1:2020 [3] wird anhand der Länge (der horizontalen und vertikalen Leitungen) des Zirkulationskreises ermittelt. Dieses kann linear mit Hilfe der Energiebezugsfläche (EBF) geschätzt werden. Die jeweiligen Kennwerte und Funktionen sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 2 Typische Länge von Zirkulationskreisen [4]

Element	Typische Länge
Horizontale Leitungen [m]	$26 + 0.02 \cdot \text{EBF}$
Vertikale Leitungen [m]	$0.075 \cdot \text{EBF}$
Gesamt [m]	$26 + 0.1 \cdot \text{EBF}$



11 Quellen

- [1] Europäische Kommission, *Verordnung (EG) Nr. 641/2009 der Kommission vom 22. Juli 2009 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von externen Nassläufer-Umwälzpumpen und in Produkte integrierten Nassläufer-Umwälzpumpen*, Brüssel, 2009.
- [2] *Ersatz von Pumpen*, Programm PEIK, Bern, 2019.
- [3] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, *Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden - Grundlagen und Anforderungen*, SIA 385/1, 2020.
- [4] Wolff, D., von Krosigk, D. et al, *Einfluss der Verteilungsverluste bei der energetischen Modernisierung von Mehrfamilienhäusern. Analyse und Ableitung von Optimierungsmaßnahmen*, Projekt im Auftrag des proKlima enercity-Fonds, Hannover/Braunschweig/Wolfenbüttel, 2012.
- [5] *Ermittlung der Wärmeerzeugerleistung*, EnergieSchweiz, Bern, 2015.
- [6] Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), *Normierung des GEAK - Version 2.1.0*, Verein GEAK-CECB-CECE, Bern, 2023.