



Standardisierte Massnahme LU-01

Ersatz von Lüftungsanlagen

Dokumentation

Massnahmennummer

LU-01

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 Artikel 46b des Energiegesetzes (EnG; SR 730.0) 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 können. 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 Stromsparmassnahmen sowie an alle anderen Personen, die sich für die Stromeinsparungen im Rahmen der Effizienzsteigerungen nach Artikel 46b EnG interessieren.

2 Ziel

Das Ziel des vorliegenden Dokuments ist es, die Stromeinsparungen, welche durch den Ersatz oder die Nachrüstung von bestehenden Lüftungsanlagen (mit einer mechanischen Nennleistung von maximal 18.5 kW) oder deren Komponenten ausgelöst werden, zu schätzen.

3 Symbole, Begriffe und Einheiten

Lateinische Buchstaben

Symbol	Begriff	Einheit
E	Jährlicher Stromverbrauch	kWh/a
ΔE_{eco}	Anrechenbare Stromeinsparungen	MWh
f	Faktor	-
N_s	Standardwirkungsdauer	a
q_v	Volumenstrom	m ³ /h
Δp	Gesamtdruckdifferenz	Pa
P_m	Mechanische Leistung	kW
t	Betriebsstunden	h/a

Griechische Buchstaben

Symbol	Begriff	Einheit
η	Wirkungsgrad	-

Indizes

x	Zustand (alt, neu)
i	Lastintervalle
M	Motor
T	Transmission



V	Ventilator
CF	Frequenzumrichter

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}	anrechenbare Energieeinsparungen, in MWh
E_{alt}	jährlicher Energieverbrauch des alten Zustandes, in kWh/a
E_{neu}	jährlicher Energieverbrauch des neuen Zustandes, in kWh/a
f_{eco}	Reduktionsfaktor
N_s	Standardwirkungsdauer, in Jahren

4.2 Jährlicher Energieverbrauch

Für den Ersatz von Lüftungsanlagen sind zwei Standardmethoden definiert die je nach Ausgangslage anzuwenden sind. Im besten Fall wird vorgängig eine Bedarfs- oder Feinanalyse durchgeführt. Dadurch kann die neue Anlage optimal ausgelegt werden. Aus den Erfahrungen sind bei solchen Systemen mehr Stromeinsparungen möglich. Alternativ können die erzielten Stromeinsparungen auch anhand der technischen Eigenschaften der Anlage berechnet werden. Dadurch werden Stromeinsparungen allein durch die heutzutage effizienteren Komponenten erzielt.

4.2.1 Ersatz mit Feinanalyse

Ist der elektrische Energieverbrauch des alten und neuen Zustandes E_x aus einer Feinanalyse oder Messungen bekannt, kann das Ergebnis zur Berechnung der anrechenbaren Einsparung verwendet werden.

4.2.2 Ersatz ohne Feinanalyse

Diese Methode ist auf eine installierte elektrische Gesamtleistung von 18.5 kW begrenzt. Der elektrische Energieverbrauch E_x einer Lüftungsanlage hängt vom Volumenstrom q_v , der Gesamtdruckdifferenz Δp sowie der Betriebszeit $t_{i,x}$ ab [4]. Dabei haben die Wirkungsgrade η der verwendeten Komponenten einen direkten Einfluss auf den Energieverbrauch. Das Produkt der Teilwirkungsgrade wird bei neuen Anlagen häufig zum Gesamtwirkungsgrad η_{ges} zusammengefasst. Bei neuen Kompaktanlagen ist der Gesamtwirkungsgrad auf dem Datenblatt angegeben.

Im Teillastbetrieb nimmt die elektrische Leistungsaufnahme von Ventilatoren proportional zu der 2.5 Potenz des relativen Volumenstroms ab. Somit werden für die Berechnung des Energieverbrauchs die jährlichen Teillastbetriebszeiten in verschiedene Lastintervalle aufgeteilt und anschliessend summiert. Die Indizes i und x bezeichnen unabhängig voneinander die Lastintervalle, beziehungsweise den bestehenden (*alt*) oder den sanierten (*neu*) Zustand. Der jährliche Stromverbrauch wird somit wie folgt ausgedrückt:

$$E_x = \frac{q_v \cdot \Delta p}{3.6 \cdot 10^6} \cdot \sum_i \frac{t_i}{\eta_{V,x} \cdot \eta_{T,x} \cdot \eta_{M,x} \cdot \eta_{CF,x}} \cdot \left(\frac{q_{V,i}}{q_v} \right)^{2.5}$$



E_{alt}	Jährlicher Stromverbrauch des alten Zustandes, in kWh/a
q_v	Volumenstrom, in m ³ /h
Δp	Gesamtdruckdifferenz, in Pa
t_x	Betriebsstunden, in h/a
$f_{M,i,x}$	Verschlechterung des Motorwirkungsgrads im Teillastbetrieb
$\eta_{V,x}$	Wirkungsgrad des Ventilators
$\eta_{T,x}$	Wirkungsgrad der Transmission
$\eta_{M,x}$	Wirkungsgrad des Motors
$\eta_{CF,x}$	Wirkungsgrad des Frequenzumrichters

Sind keine genaueren Angaben der alten Anlage vorhanden, kann alternativ der Energieverbrauch der Lüftungsanlage über die Nenndaten des ursprünglichen Motors (Typenschild) abgeschätzt werden. Auf Grund der höheren Ungenauigkeit und möglicher Überdimensionierung wird hier mit einem pauschalen Abschlagfaktor von 0.75 gerechnet. Die elektrische Leistungsaufnahme kann in diesem Fall wie folgt berechnet werden:

$$E_{alt} = 0.75 \cdot \frac{P_{m,alt}^{nom}}{\eta_{M,alt} \cdot \eta_{CF,alt}} \cdot \sum_i t_i \cdot \left(\frac{q_{V,i}}{q_V} \right)^{2.5}$$

E_{alt}	Jährlicher Stromverbrauch des alten Zustandes, in kWh/a
$t_{i,alt}$	Betriebsstunden, in h/a
q_v	Volumenstrom, in m ³ /h
$\eta_{M,alt}$	Wirkungsgrad des Motors
$\eta_{CF,alt}$	Wirkungsgrad des Frequenzumrichters
$P_{m,alt}^{nom}$	Nennleistung des Motors (Welle), in kW

Der Wirkungsgrad von Frequenzumrichter kann als Funktion der Motornennleistung (an der Welle) $P_{m,x}^{nom}$ ausgedrückt werden [4]:

$$\eta_{CF,x} = 0.79 + 0.22 \cdot \left(1 - \frac{1}{\log_{10}(40 \cdot P_{m,x}^{nom})} \right)$$

$P_{m,x}^{nom}$	Nennleistung des Motors (Welle), in kW
$\eta_{CF,i,x}$	Wirkungsgrad des Frequenzumrichter

5 Eingabevariablen

Allgemein

- Volumenstrom in m³/h (*Zahl*)
- Druckdifferenz in Pa (*Zahl*)
- Nennleistung (Welle) des Motors in kW (*Zahl*)
- Anzahl Pole (*Mehrfachauswahl*)
- Baujahr des Motors (*Mehrfachauswahl*)
- Typ des Getriebes (*Mehrfachauswahl*)
- Typ des Betriebes (*Mehrfachauswahl*)
- SIA Raumnutzung (*Mehrfachauswahl*)

6 Annahmen und Daten

Allgemein

- i. Die Standardnutzungsdauer der Massnahme N_s beträgt 15 Jahre.



- ii. Die Wirkungsgrade der Motoren entsprechen den Mindestanforderungen an die Effizienzklassen IE gemäss der europäischen Verordnung 2019/1781 [1]. Die Effizienzklasse des alten Motors wird in Abhängigkeit vom Baujahr des Geräts gemäss Tabelle 1 bestimmt.

Tabelle 1 Effizienzklassen nach Baujahr [4]

Baujahr	Klasse
< 1999	IE1
1999 – 2008	IE2
2008 – 2016	IE3
≥ 2016	IE4

- iii. Die Wirkungsgrade der üblichen Getriebearten für Ventilatoren sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2 Wirkungsgrade der üblichen Getriebearten [3]

Getriebeart	Wirkungsgrad $\eta_{T,x}$ [-]
Kein / Direkt	1.000
Flach oder Zahnriemen	0.980
Keilriemen	0.905

- iv. Für die Berechnung des Wirkungsgrades der bestehenden Ventilatoren $\eta_{V,alt}$ wird ein einziger Wert benutzt, welcher aus einem Anteil axial oder rückwärtsgekrümmte Ventilatoren und 1/3 vorwärtsgekrümmte Ventilatoren besteht und als Funktion der Motornennleistung (an der Welle) $P_{m,alt}^{nom}$ ausgedrückt wird [7]. Für die Berechnung der neuen Anlage wird der Gesamte Wirkungsgrad $\eta_{ges,neu}$ gemäss Datenblatt benutzt.

$$\eta_{V,alt} = 0.0357 \cdot \ln(P_{m,alt}^{nom}) + 0.6656$$

- v. Die Volumenströme im Teillastbereich $q_{V,i}$ für die verschiedenen Betriebsarten werden anteilmässig zum Nennvolumenstrom q_V ausgedrückt und sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

- vi. **Tabelle 3** Fördermengen im Teillastbereich nach Betriebsart [4]

Lastintervalle i	Eine Geschwindigkeit mit Zeitschaltung	Zwei Geschwindigkeiten mit Zeitschaltung	Modulierend, Regelung über Sonde
0 %	0	0	0
1 % – 25 %	q_V	$0.67 \cdot q_V$	$0.30 \cdot q_V$
25 % – 50 %	q_V	$0.67 \cdot q_V$	$0.50 \cdot q_V$
50 % – 75 %	q_V	$0.67 \cdot q_V$	$0.75 \cdot q_V$
75 % – 100 %	q_V	q_V	q_V

- vii. Die Betriebszeiten in den verschiedenen Lastintervallen i werden anhand der Raumflächen und Raumnutzungen gemäss des Merkblatts SIA 2024 bestimmt [6]. Standardweise werden die typischen Flächenanteile der Raumnutzungen pro SIA-Gebäudekategorie gemäss Anhang 6 des Merkblatts benutzt.

7 Resultate

Angeichts der präsentierten Annahmen und Daten werden die anrechenbaren Stromeinsparungen für Lüftungsanlagen einheitlich ermittelt. Je nach Umfang der vorhandenen Datengrundlage kann die anrechenbare Einsparung auf verschiedenen Wegen bestimmt werden. Diese Standardisierte Berechnungsmethode bietet zudem Standardwerte für nahezu alle Parameter an, die verwendet werden



können, wann immer die zur Berechnung notwendige Angaben nicht vorhanden sind. Dafür wird die öffentliche zugängliche Monitoringliste LU-01a benutzt.

8 Beispiel

Szenario A: Es werden die Ventilatoren (inkl. Antriebssystem) der gesamten Lüftungsanlage eines Einkaufszentrums ersetzt. Die einzelnen Parameter und jährlichen Stromverbräuche vor und nach der Umsetzung werden durch eine Feinanalyse gemessen, bzw. berechnet.

Nutzung	Jährlicher Stromverbrauch (alt) [kWh/a]	Jährlicher Stromverbrauch (neu) [kWh/a]	Anrechenbare Stromeinsparungen [MWh]
Verkauf	150'000	100'000	526.5

Szenario B: Es wird ein Ventilator (inkl. Antriebssystem) der Lüftungsanlage eines Schulhauses ersetzt. Die einzelnen Parameter und jährlichen Stromverbräuche vor und nach der Umsetzung werden aus den Datenblättern und Typenschildern entnommen:

Aktueller Zustand

- Ventilator: Volumenstrom 33'100 m³/h, Gesamtdruckdifferenz 750 Pa
- Motor: Nennleistung 3 kW, 4 Pole, Baujahr 1999 – 2008
- Getriebe: Flachriemen
- Regelung: 2 Geschwindigkeiten, mit Zeitschaltuhr

Neuer Zustand

- Ventilator: Volumenstrom 33'000 m³/h, Gesamtdruckdifferenz 750 Pa
- System: Gesamteffizienz 65.2 %

Nutzung	Jährlicher Stromverbrauch (alt) [kWh/a]	Jährlicher Stromverbrauch (neu) [kWh/a]	Anrechenbare Stromeinsparungen [MWh]
Schule	22.8	13.4	106.2

9 Quellen

- [1] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) 2019/1718 der Kommission vom 1. Oktober 2019 zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Elektromotoren und Drehzahlregelungen gemäß der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 641/2009 im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von externen Nassläufer-Umwälzpumpen und in Produkte integrierten Nassläufer-Umwälzpumpen und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 640/2009 der Kommission*, Brüssel, 2019.
- [2] C. Burt, X. Piao, F. Gaudi, B. Busch, and N. Taufik, *Electric Motor Efficiency under Variable Frequencies and Loads*, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 134 (2), Pages 129-136, April 2008.
- [3] A. Huser, A. Huber et G. Huser, *Ravel Manuel de l'industrie – Notions et données d'économies d'énergie*, Bundesamt für Energie (BFE), Bern, 1994.
- [4] *Ersatz eines Lüftungsmonoblock*, Programm PEIK, Bern, 2019.
- [5] Europäische Kommission, *Verordnung (EU) Nr. 327/2011 der Kommission vom 30. März 2011 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von*



Ventilatoren, die durch Motoren mit einer elektrischen Eingangsleistung zwischen 125 W und 500 kW angetrieben werden, Brüssel, 2011.

- [6] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, *Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik*, SIA 2024, 2021.
- [7] *Projektdaten ProKilowatt Förderprogramme von Lüftungsprojekte im Rahmen von Optivent 1, Optivent 2, OptiFood, OptiTown, OptiCare, OptiAct*, Renera AG, 2024.