



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

Standardisierte Massnahme IK-03

Kühlsysteme in Rechenzentren

Dokumentation

Massnahmennummer

IK-03

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 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 (SR 730.0) interessieren.

2 Ziel

Das Ziel des vorliegenden Dokuments ist es, die Stromeinsparungen, welche durch die Betriebsoptimierung von Kälte- und Lüftungssystemen (nachfolgend Kühltssysteme) in Rechenzentren ausgelöst werden, pauschal zu schätzen.

3 Symbole, Begriffe und Einheiten

Lateinische Buchstaben

Symbol	Begriff	Einheit
E	Jährlicher Stromverbrauch	kWh/a
\dot{E}	Elektrische Leistungsaufnahme	kW
ΔE_{eco}	Anrechenbare Stromeinsparungen	MWh
f	Faktor	-
n	Anzahl	-
N_s	Standardwirkungsdauer	a
\dot{Q}	Kühlleistung	kW
t_{on}	Jährliche Betriebsstunden	h/a
\dot{V}	Volumenstrom	m ³ /s
ΔP_0	Gesamtdruckdifferenz	Pa

Griechische Buchstaben

Symbol	Begriff	Einheit
$\Delta\theta$	Temperaturspreizung	K
$\rho \cdot c_p$	spezifische Wärmespeicherfähigkeit der Luft	kWh/(m ³ · K)
τ	Auslastungsfaktor	-
η	Wirkungsgrad	-



Indizes

x Zustand (alt, neu)

4 Beschreibung der Ex-ante-Berechnung

4.1 Anrechenbare Einsparungen

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 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: Optimierung von ULK-Redundanzen

Die meisten Rechenzentren und Serverräume werden mit Redundanzen ausgestattet, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Diese redundanten Geräte (z.B. Umluftkühlgeräte) werden meist im Standby vorgehalten und nicht in den Normalbetrieb integriert. Wenn diese Redundanzen in den Betrieb eingebunden werden, können bestimmte Geräte in Teillast und somit effizienter betrieben werden.

Die durchschnittliche Kühlleistung \dot{Q}_x und der durchschnittliche Luftstrom \dot{V}_x der Umluftkühlgeräte (ULK) können anhand der Anzahl Geräte im Normalbetrieb n_x und dem Kühlbedarf \dot{Q} berechnet werden. Das Indiz x bezeichnet den bestehenden (*alt*) oder den sanierten (*neu*) Zustand.

$$\dot{Q} = n_x \cdot \dot{Q}_x = n_x \cdot \rho \cdot c_p \cdot \dot{V}_x \cdot \Delta\theta$$

\dot{Q}	Kühlbedarf des Rechenzentrums, in kW
\dot{Q}_x	Durchschnittliche Kühlleistung, in kW
n_x	Anzahl Geräte im Normalbetrieb, in Stück
$\rho \cdot c_p$	spezifische Wärmespeicherfähigkeit der Luft
\dot{V}_x	Durchschnittlicher Volumenstrom, in m³/s
$\Delta\theta$	Temperaturspreizung (Vorlauf - Rücklauf) der Kühlluft, in K

Der durchschnittliche Luftstrom kann anhand eines Auslastungsfaktor τ_x und dem Nennluftstrom ausgedrückt werden.

$$\dot{V}_x = \tau_x \cdot \dot{V}_0$$

\dot{V}_0	Nennluftstrom, in m³/s
\dot{V}_x	Durchschnittlicher Volumenstrom, in m³/s
τ_x	Auslastungsfaktor

Die elektrische Leistungsaufnahme \dot{E}_x der ULK variiert, analog zu anderen Ventilatorsystemen, mit der Potenz 2.5 des Auslastungsgrades [1]. Dabei kann die elektrische Nennleistungsaufnahme \dot{E}_0 anhand



des Volumenstroms \dot{V}_0 , der Gesamtdruckdifferenz ΔP_0 und des gesamten Wirkungsgrades η_0 ausgedrückt werden.

$$\dot{E}_x = \dot{E}_0 \cdot \left(\frac{\dot{V}_x}{\dot{V}_0} \right)^{2.5} = \frac{\dot{V}_0 \cdot \Delta P_0}{1000 \cdot \eta_0} \cdot (\tau_x)^{2.5}$$

\dot{E}_0	Elektrische Nennleistungsaufnahme, in kW
\dot{E}_x	Elektrische Leistungsaufnahme, in kW
\dot{V}_0	Nennvolumenstrom, in m ³ /s
\dot{V}_x	Durchschnittlicher Volumenstrom, in m ³ /s
ΔP_0	Gesamtdruckdifferenz, in Pa
η_0	Wirkungsgrad
τ_x	Auslastungsfaktor

Schliesslich kann der jährliche Stromverbrauch mittels der jährlichen Betriebsstunden und Anzahl Geräte im Normalbetrieb berechnet werden.

$$E_x = n_x \cdot \dot{E}_x \cdot t_{on}$$

E_x	Jährlicher Stromverbrauch, in kWh/a
\dot{E}_x	Elektrische Leistungsaufnahme, in kW
n_x	Anzahl Geräte im Normalbetrieb, in Stück
t_{on}	Jährliche Betriebsstunden, in h/a

4.3 Jährlicher Stromverbrauch: Optimierung der Zulufttemperatur

Der aktuelle internationale Standard ASHRAE 90.4-2022 empfiehlt eine Zulufttemperatur von 27°C und lassen bis zu 32°C zu [2]. Dies setzt aber eine Einhausung der Racks (Trennung der Kalt- und Warmgangeinhausung) voraus. Durch die Verbesserte Luftführung können die Systemtemperaturen erhöht und somit mehr freie Kühlung genutzt werden oder zumindest die Effizienz der Kälteerzeugung (Strombedarf für Kältemaschinen und Rückkühler). Dies gilt insbesondere für Systeme mit vorhandenen Free-Cooling. Durch das Anheben der Systemtemperaturen können die Kaltwassertemperaturen im System gleichermassen erhöht werden. Dies ermöglicht die Erhöhung des Free-Cooling-Anteils und reduziert die Betriebszeiten der Kältemaschine. Dies gilt für den Seriellen und den Mix Betrieb. Für Anlagen mit reinem Kältemaschinenbetrieb erhöht sich der Free-Cooling-Anteil nicht, jedoch verbessert sich der JAZ-Wert und dadurch reduziert sich ebenso der Stromverbrauch. Die genaue Berechnungsmethode ist in der Dokumentation KA-02 detailliert beschrieben [3].

5 Eingabevariablen

Optimierung von ULK-Redundanzen

- Die elektrische Nennleistung der ULK (*ganze Zahl* > 0)
- Der Auslastungsfaktor vor und nach der Umsetzung (*Prozentsatz*)
- Die Anzahl ULK im Betrieb vor und nach der Umsetzung (*ganze Zahl* > 0)

Optimierung der Zulufttemperatur

- Die Eingabevariablen sind in der Dokumentation KA-02 aufgezeigt [3].

6 Annahmen und Daten

Allgemein

- i. Die jährlichen Betriebsstunden betragen 8'760 h/a.



Optimierung von ULK-Redundanzen

- i. Die Standardnutzungsdauer der Massnahme N_s beträgt 3 Jahre.
- ii. Die ULK (sowie im Normalbetrieb und Redundanzgeräte) haben dieselben Nennkühlleistung.

Optimierung der Zulufttemperatur

- i. Die Standardnutzungsdauer der Massnahme N_s beträgt 5 Jahre.
- ii. Die Einhausung der Racks (Trennung der Kalt- und Warmgangeinhausung) ist vorhanden oder wird gleichzeitig umgesetzt.
- iii. Weitere Annahmen sind in der Dokumentation KA-02 aufgezeigt [3].

7 Resultate

Angesichts der präsentierten Annahmen und Daten werden die anrechenbaren Stromeinsparungen für jede Optimierungsmassnahme in Bezug auf die oben genannten Eingabevariablen ermittelt. Dafür wird die öffentlich zugängliche Monitoringlisten IK-03 oder das Excel-Tool *CalcuCool* benutzt.

8 Beispiel

Szenario A: Einbindung der zwei ULK-Redundanzen in einem 400 kW Rechenzentrum welches 8 ULK im Normalbetrieb besitzt.

Installierte IT-Leistung	Elektrische Nennleistung	Aktuelle Auslastung	Anrechenbare Stromeinsparungen
	[kW]	[-]	[MWh]
Rechenzentrum 50 – 500 kW	2	0.80	51.35
Summe			51.35

9 Quellen

- [1] *Ersatz eines Lüftungsmonoblock*, Programm PEIK, Bern, 2019.
- [2] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ANSI/ASHRAE Standard 90.4-2022: Energy Standard for Data Centers, ASHRAE Standard Project Committee 90.4, 2023.
- [3] *Dokumentation zu der standardisierte Massnahmen KA-02*, Bundesamt für Energie (BFE), Bern, 2024.