



Standardisierte Massnahme KA-02

Ersatz von Kühlprodukten bis 250 kW

Dokumentation

Massnahmennummer

KA-02

Version

2.0 (11.2025)

Version	Änderungen gegenüber der vorherigen Version
1.0	Erste Fassung
2.0	Berechnung der anrechenbaren Stromeinsparungen in kWh Diverse textliche Anpassungen



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 (SR 730.0; 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 die kumulierten Stromeinsparungen (Endenergie), welche durch die Umsetzung der entsprechenden Stromeffizienzmassnahme über die Wirkungsdauer ausgelöst werden. Sie beruht auf einem Messverfahren und/oder einer Ex-ante Berechnung, welche 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 interessieren.

2 Ziel

Das Ziel des vorliegenden Dokuments ist es, die Stromeinsparungen, welche durch den Ersatz von ein oder mehreren Raumklimageräten, Komfortkühlern oder Prozesskühlern, bis 250 kW, (nachfolgend Kühlprodukten) durch eine oder mehrere effizientere Anlagen ausgelöst werden zu schätzen.

3 Symbole, Begriffe und Einheiten

Lateinische Buchstaben

Symbol	Begriff	Einheit
\dot{E}	elektrische Leistung	kW
E	Stromverbrauch	kWh
ΔE_{eco}	kumulierte Stromeinsparungen	kWh
b	Bin-Faktor	-
f	Faktor	-
JAZ	Jahresarbeitszahl	-
N_s	Standardwirkungsdauer	a
\dot{Q}	Kühlleistung	kW
t	Bin-Dauer	h/a
UA	UA-Wert	kW/K

Griechische Buchstaben

Symbol	Begriff	Einheit
η	exergetischer Wirkungsgrad	-
τ	Bin-Belastungsrate	-
θ	Bin-Temperatur	°C



Indizes

<i>x</i>	Zustand (alt, neu)
<i>i</i>	Bin
<i>comp</i>	Kompressor
<i>cond</i>	Verflüssiger
<i>evap</i>	Verdampfer
<i>ac</i>	Rückkühler
<i>aux</i>	Hilfsaggregate (Ventilatoren, usw.)
<i>fc</i>	Free-Cooling
<i>defrost</i>	Abtauung

4 Beschreibung der Ex-ante-Berechnung

4.1 Anrechenbare Einsparungen

Als anrechenbare Stromeinsparungen ΔE_{eco} der Massnahme gilt die Differenz zwischen dem aktuellen (bestehender Zustand) E_{alt} und dem neuen (sanierter Zustand) jährlichen Stromverbrauch E_{neu} , welche über die Standardwirkungsdauer N_s kumuliert ist.

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.

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

ΔE_{eco}	kumulierte Stromeinsparungen, in kWh
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 für die aktuelle und die verbesserte Kälteproduktion basiert auf einer Bin-Methode und wird als Summe des Stromverbrauchs der Kompressoren (*comp*) und Ventilatoren (*aux*) sowie der Abtauung der Verdampfer (*defrost*) bei Luftkühlern für jeden BIN berechnet. Die Indizes *i* und *x* bezeichnen unabhängig voneinander die Nummerierung der jeweiligen Bins, beziehungsweise den bestehenden (*alt*) oder den sanierten (*neu*) Zustand. Der jährliche Stromverbrauch wird somit wie folgt ausgedrückt:

$$E_x = \sum_i E_{comp,x,i} + E_{aux,x,i} + E_{defrost,x,i}$$

E_x	jährlicher Stromverbrauch, in kWh/a
$E_{x,i}$	Stromverbrauch des Bins, in kWh

Für Kälteproduktionen ohne Free-Cooling wird der Stromverbrauch der Kompressoren für jeden Bin wie folgt ausgedrückt:

$$E_{comp,x,i} = \frac{(\dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i} - \dot{Q}_{fc,x,i}) \cdot t_i}{\eta_x \cdot \left(\frac{\theta_{cond,x,i} + 273.15}{\theta_{cond,x,i} - \theta_{evap,x,i}} - 1 \right)}$$

$E_{x,i}$	Stromverbrauch des Bins, in kWh
-----------	---------------------------------



\dot{Q}_x	installierte Nennkühlleistung, in kW
t_i	Bin-Dauer, in Stunden
η_x	exergetischer Wirkungsgrad
$\tau_{x,i}$	Bin-Belastungsrate
$\theta_{cond,x,i}$	Kondensationstemperatur, in °C
$\theta_{evap,x,i}$	Verdampfungstemperatur, in °C

Der Kühlbedarf welcher über die Free-Cooling abgedeckt ist hängt von der Aufstellung der Anlage ab und wird wie folgend berechnet:

$$\dot{Q}_{fc,x,i}^{max} = UA_{fc,x} \cdot \frac{(\theta_{0,x} - \theta_{sink,x,i}) - (\theta_{0,x} + \Delta\theta_{0,x} - \theta_{sink,x,i} - \Delta\theta_{sink,x})}{\ln(\theta_{0,x} - \theta_{sink,x,i}) - \ln(\theta_{0,x} + \Delta\theta_{0,x} - \theta_{sink,x,i} - \Delta\theta_{sink,x})}$$

$$\text{Parallel} \quad \dot{Q}_{fc,x,i} = \begin{cases} \dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i}, & \dot{Q}_{fc,x,i}^{max} \geq \dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i} \\ 0, & \dot{Q}_{fc,x,i}^{max} < \dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i} \end{cases}$$

$$\text{Serie} \quad \dot{Q}_{fc,x,i} = \begin{cases} \min(\dot{Q}_{fc,x,i}^{max}; \dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i}), & \dot{Q}_{fc,x,i}^{max} \geq 0 \\ 0, & \dot{Q}_{fc,x,i}^{max} < 0 \end{cases}$$

$UA_{fc,x}$	Free-Cooling - UA-Werte, kW/K
\dot{Q}_x	installierte Nennkühlleistung, in kW
$\dot{Q}_{fc,x,i}$	Free-Cooling - Kühlleistung des Bins, in kW
$\dot{Q}_{fc,x,i}^{max}$	Free-Cooling – maximale Kühlleistung des Bins, in kW
$\tau_{x,i}$	Bin-Belastungsrate
$\theta_{0,x}$	Temperatur des Kälteträgers (Austritt), in °C
$\Delta\theta_{0,x}$	Temperaturdifferenz des Kälteträgers, in °C
$\theta_{sink,x,i}$	Bin-Temperatur der Wärmesenke, in °C
$\Delta\theta_{sink,x}$	Temperaturdifferenz der Wärmesenke, in °C

Falls die Kälte über eine Direktverdampfung an den Raum übertragen wird, wird statt der Temperatur des Kälteträgers $\theta_{0,x}$ die Verdampfungstemperatur $\theta_{evap,x}$ benutzt.

Die Bin-Belastungsrate der Anlage wird wie folgt berechnet:

$$\tau_{x,i} = \underbrace{\frac{1}{\dot{Q}_x} \cdot (\dot{Q}_0 - \dot{Q}_{b,0}) \cdot \max\left(0; \frac{\theta_{amb,i} + \Delta\theta_{solar} - \theta_{amb,str}}{\theta_{amb,0} - \theta_{amb,str}}\right)}_{\tau_{net,x,i}} + \frac{\dot{Q}_{b,0}}{\dot{Q}_x} + \frac{f_{defrost,th,x}}{24} \cdot b_{x,i}$$

$$b_{x,i} = \begin{cases} 0, & \tau_{net,x,i} = 0 \\ 1, & \tau_{net,x,i} > 0 \end{cases}$$

$b_{x,i}$	Bin-Bedarfsfaktor
$f_{defrost,th,x}$	Kälteproduktionsfaktor (täglich) für Enteisung
\dot{Q}_0	Kühlleistung bei Auslegungsbedingungen, in kW
\dot{Q}_0	Kühlleistung bei Auslegungsbedingungen, in kW
$\tau_{x,i}$	Bin-Belastungsrate
$\Delta\theta_{solar}$	Temperaturkorrektur, in °C
$\theta_{amb,i}$	Aussenlufttemperatur des Bins, in °C
$\theta_{amb,str}$	Aussenlufttemperatur ab welcher Kühlbedarf besteht, in °C



$\theta_{amb,0}$ Aussenlufttemperatur bei Auslegungsbedingungen, in °C

Die Temperaturkorrektur $\Delta\theta_{solar}$ wird verwendet, um unter anderem den Einfluss der solaren Wärmeeinträge zu berücksichtigen, da die Komfortkühlung vor allem während dieses Zeitraums verwendet wird. Der Faktor $f_{defrost,x}$ stellt den zusätzlichen Kühlbedarf dar, um die Wärmezufuhr aufgrund der Abtauung der Verdampfer während dem Anlagenbetrieb zu kompensieren; der Faktorwert hängt von der Art des Abtauungsverfahrens ab.

Die Verdampfungstemperatur θ_{evap} wird wie folgt berechnet:

$$\theta_{evap,min,x,i} = \theta_{0,x} + \Delta\theta_{evap,min,x}$$

$\theta_{0,x}$ Temperatur des Kälteträgers (Austritt), in °C
 $\Delta\theta_{evap,min,x}$ minimale Temperaturdifferenz im Verdampfer¹, in °C
 $\theta_{evap,x}$ Verdampfungstemperatur, in °C

Die Kondensationstemperatur wird je nach Art des verwendeten Druckreglers wie folgt berechnet:

Thermostatisch $\theta_{cond,x,i} = \max(\theta_{th,min}; \theta_{sink,x,i} + \Delta\theta'_{cond,min,x})$

Elektronisch $\theta_{cond,x,i} = \max(\theta_{evap,x} + \theta_{el,min}; \theta_{sink,x,i} + \Delta\theta'_{cond,min,x})$

$\theta_{min,x}$ Temperaturanstieg, in °C
 $\theta_{sink,x,i}$ Bin-Temperatur der Wärmesenke, in °C
 $\Delta\theta'_{cond,min,x}$ minimale Temperaturdifferenz im Wärmeabgabesystem, in °C
 $\theta_{evap,x}$ Verdampfungstemperatur, in °C

Dabei ist $\theta_{th,min}$ die mindestens erforderliche Kondensationstemperatur bei einem thermostatischen Druckregler, $\theta_{src,i}$ die Bin-Temperatur des Kälteträgers und $\theta_{el,min}$ die mindestens erforderliche Temperaturdifferenz zwischen Kondensation und Verdampfung bei einem elektronischen Druckregler. Bei Anlagen mit flüssigen Wärmeträgern, welche die Wärme über Rückkühler an die Aussenluft abgeben, beinhaltet die minimale Temperaturdifferenz $\Delta\theta_{cond,min,x}$ die zusätzlichen Temperaturdifferenzen des Rückkühlers:

Mit Rückkühler $\Delta\theta'_{cond,min,x} = \Delta\theta_{cond,min,x} + \Delta\theta_{ac,min,x} + \Delta\theta_{ac,x}$

Andere $\Delta\theta'_{cond,min,x} = \Delta\theta_{cond,min,x}$

$\Delta\theta'_{cond,min,x}$ minimale Temperaturdifferenz im Wärmeabgabesystem, in °C
 $\Delta\theta_{cond,min,x}$ minimale Temperaturdifferenz im Verflüssiger², in °C
 $\Delta\theta_{ac,min,x}$ minimale Temperaturdifferenz im Rückkühler³, in °C
 $\Delta\theta_{ac,x}$ Temperaturdifferenz des Wärmeträgers im Rückkühler⁴, in °C

Der Bin-Stromverbrauch der Ventilatoren wird je nach Betriebsart der Geräte angegeben:

On/Off $E_{aux,x,i} = \dot{E}_{aux,x} \cdot \tau_{x,i} \cdot t_i$

¹ Austrittstemperatur des Kälteträgers minus Verdampfungstemperatur
² Kondensationstemperatur minus Eintrittstemperatur des Wärmeträgers
³ Lufteintrittstemperatur minus Austrittstemperatur des Wärmeträgers
⁴ Eintrittstemperatur minus Austrittstemperatur des Wärmeträgers



Modulierend
$$E_{aux,x,i} = \begin{cases} 0, & \tau_{x,i} = 0 \\ \dot{E}_{aux,x} \cdot \max(0.3; \tau_{x,i})^3 \cdot t_i, & \tau_{x,i} > 0 \end{cases}$$

t_i	Bin-Dauer, in Stunden
$\tau_{x,i}$	Bin-Belastungsrate
$\dot{E}_{aux,x}$	elektrische Nennleistung der Ventilatoren, in kW
$E_{aux,x,i}$	Bin-Stromverbrauch, in kWh

Dabei ist $\dot{E}_{aux,cond,x}$ und $\dot{E}_{aux,evap,x}$ die von den Ventilatoren des Verdampfers bzw. Verflüssigers aufgenommene elektrische Nennleistung (bei Volllast) und wird wie folgt berechnet:

Verdampfer
$$\dot{E}_{aux,evap,x} = \dot{Q}_{evap,x} \cdot f_{aux,x} = \dot{Q}_x \cdot f_{aux,x}$$

Verflüssiger
$$\dot{E}_{aux,cond,x} = \dot{Q}_{cond,x} \cdot f_{aux,x}$$

\dot{Q}_x	installierte Nennkühlleistung, in kW
$\dot{Q}_{cond,x}$	installierter Rückkühlbedarf, in kW
$f_{aux,x}$	spezifische elektrische Aufnahmeleistung der Ventilatoren
$\dot{E}_{aux,x,i}$	elektrische Nennleistung der Ventilatoren, in kW

Die Leistung $\dot{Q}_{cond,x}$ wird wie folgt berechnet:

$$\dot{Q}_{cond,x} = \dot{Q}_x + \frac{\dot{Q}_x}{\eta_x \cdot \left(\frac{\theta_{sink,x,0} + \Delta\theta_{cond,x} + 273.15}{\theta_{sink,x,0} + \Delta\theta_{cond,x} - \theta_{evap,x}} - 1 \right)}$$

$\dot{Q}_{cond,x}$	installierter Rückkühlbedarf, in kW
\dot{Q}_x	installierte Nennkühlleistung, in kW
η_x	exergetischer Wirkungsgrad
$\theta_{sink,x,0}$	Temperatur des Wärmeträgers bei Auslegungsbedingungen, in °C
$\Delta\theta_{cond,x}$	Temperaturdifferenz im Wärmetauscher ⁵ , in °C
$\theta_{evap,x}$	Verdampfungstemperatur, in °C

Der direkte monatliche Stromverbrauch für die Abtauung der Verdampfer wird wie folgt angegeben:

$$E_{defrost,x,i} = \dot{Q}_x \cdot \frac{f_{defrost,el,x}}{24} \cdot b_{x,i} \cdot t_i$$

$b_{x,i}$	Bin-Bedarfsfaktor
$E_{defrost,x,i}$	Bin-Stromverbrauch für die Abtauung, in kWh
$f_{defrost,el,x}$	spezifischer (täglicher) elektrischer Stromverbrauch für die Abtauung
\dot{Q}_x	installierte Nennkühlleistung, in kW

Die jährliche Brutto-Kälteproduktion wird wie folgt ermittelt:

$$Q_x = \dot{Q}_x \cdot \sum_i \tau_{x,i} \cdot t_i$$

Q_x	jährliche Brutto-Kälteproduktion, in kWh/a
-------	--

⁵ Kondensationstemperatur minus Eintrittstemperatur des Wärmeträgers



\dot{Q}_x	installierte Nennkühlleistung, in kW
t_i	Bin-Dauer, in Stunden
$\tau_{x,i}$	Bin-Belastungsrate

Es handelt sich um eine Brutto-Produktion, weil sie den Produktionsüberschuss, der für die Kompensation der thermischen Energiezufuhr aus der Abtauung erforderlich ist, enthält. Der Jahresarbeitszahl der Anlage wird wie folgt angegeben:

$$JAZ_x = \frac{Q_x}{E_x}$$

E_x	jährlicher Stromverbrauch, in kWh/a
Q_x	jährliche Brutto-Kälteproduktion, in kWh/a
JAZ_x	Jahresarbeitszahl

5 Eingabevariablen

Allgemein

- Klima- und hydrologische Stationen (*Mehrfachauswahl*)
- Auslegeaussenlufttemperatur, in °C (*ganze Zahl*)

Anlage

- Nennkühlleistung, in kW (*Kommazahl*)
- Baujahr der Anlage (*Mehrfachauswahl*)
- Vorhandensein von Free-Cooling (*Mehrfachauswahl*)
- Typ von Expansionsventil-en (*Optional, Mehrfachauswahl*)
- Typ von Verdichter-n (*Optional, Mehrfachauswahl*)
- Typ von Verdampfer-n (*Optional, Mehrfachauswahl*)
- Typ von Verflüssigern-n (*Optional, Mehrfachauswahl*)
- Typ von Rückkühlern-n (*Optional, Mehrfachauswahl*)

Kältebedarf

- Bedarfsprofil (*Mehrfachauswahl*)
- Auslegungskühlleistung, in kW (*Kommazahl*)
- täglichen Betriebsstunden, in Stunden (*ganze Zahl*)
- Anwendungstemperatur, in °C (*Kommazahl*)

6 Annahmen und Daten

Allgemein

- Die Standardnutzungsdauer der Massnahme N_s beträgt 15 Jahre.
- Der Standardwert für die Auslegegetemperatur (Aussenluft) $\theta_{amb,0}$ beträgt 35°C.
- Die BIN-dauern der jeweiligen Klimastationen entsprechen den Standardwerten des SIA-Merkblatts 2028:2010 [1]. Die jeweiligen hydrologischen Bin-temperaturen sind in der Tabelle 1 aufgeführt [2].

Tabelle 1 Hydrologische Bin-Werte [2, 4]

Hydrologische Station	Bin-Temperatur θ_{sink} [°C]
Seewasser (> 45m Tiefe)	7.5



Fluss (Durchschnitt)	$\min (\max (4.71 + 0.76 \cdot \theta_{\text{amb},i}; 22.0); 3.0) *$
----------------------	--

* $\theta_{\text{amb},i}$ entspricht der Aussenlufttemperatur des Bins, in °C

Anlage

- iv. Die Standardwerte für den Expansionsventiltyp sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2 Expansionsventiltypen [2]

Expansionsventil	Baujahr der Anlage [-]
Thermostatisch	< 1995
Elektronisch	≥ 1995

- v. Die exergetischen Wirkungsgrade η je nach Kompressortyp sind in der Tabelle 3 auf gezeigt (der Standardwert beträgt 0.45).

Tabelle 3 Wirkungsgrad nach Kompressortyp [2]

Kompressortyp	Wirkungsgrad η [-]
Hubkolbenverdichter (hermetisch)	0.37
Hubkolbenverdichter (halbhermetisch)	0.45
Scrollverdichter	0.45
Schraubenverdichter	0.49
Turboverdichter	0.54

- vi. Die Standardwerte für die Temperaturdifferenzen $\Delta\theta_{\text{evap},\min}$ in den Verdampfern je nach Typ und Kälteübertragungsmedium sind in der Tabelle 4 abgebildet.

Tabelle 4 Temperaturdifferenzen der Verdampfer [3]

Verdampfer	Kälteübertragungsmedium	$\Delta\theta_{\text{evap},\min}$ [°C]
Lamellen (trocken)	Direktverdampfung	10.0 *
Lamellen (überflutet)	Direktverdampfung	5.5 *
Platten	Flüssigkeitskühlung	4.5 **
Rohrbündel	Flüssigkeitskühlung	4.0 **
Nicht bekannt (gasförmig)	Direktverdampfung	8.0 *
Nicht bekannt (flüssig)	Flüssigkeitskühlung	4.5 **

* Eintrittstemperatur der Aussenluft minus Verdampfungstemperatur (am Austritt)

** Austrittstemperatur des Kälteübertragungsmediums minus Verdampfungstemperatur (am Austritt)

- vii. Die Standardwerte für die Temperaturdifferenzen $\Delta\theta_{\text{cond},\min}$ in den Verflüssigern je nach Typ und Wärmeträgermedium sind in der Tabelle 5 abgebildet.

Tabelle 5 Temperaturdifferenzen der Verflüssiger [3]

Verflüssiger	Wärmeträger	$\Delta\theta_{\text{cond},\min}$ [°C]
Lamellen (Direktverflüssigung)	Direktverflüssigung	8.5 *
Platten	Wasser	3.5 **
Rohrbündel	Wasser	2.5 **



Nicht bekannt (gasförmig)	Direktverflüssigung	12.5 *
Nicht bekannt (flüssig)	Wasser	3.5 **

* Eintrittstemperatur der Kühlluft minus Verflüssigungstemperatur (am Eintritt)

** Austrittstemperatur des Wärmeträgers minus Verflüssigungstemperatur (am Eintritt)

- viii. Die Standardwerte für die Temperaturdifferenzen $\Delta\theta_{ac,min}$ und $\Delta\theta_{ac}$ in den Rückkühlern je nach Typ sind in der Tabelle 6 abgebildet.

Tabelle 6 Temperaturdifferenzen der Verflüssiger [3]

Verflüssiger	$\Delta\theta_{ac}$ [°C]	$\Delta\theta_{ac,min}$ [°C]
Trocken	2.0	7.0 *
Nicht bekannt / Andere	2.0	8.0 *
Kein Rückkühler	0.0	0.0

* Lufteintritts- minus Wärmeträgertemperatur (am Austritt)

- ix. Die Standardwerte für die Regelung und die spezifische elektrische Aufnahmeleistung der Ventilatoren von Verdampfern und Verflüssigern (inkl. Rückkühlern) nach Bauperiode sind in der Tabelle 7 zusammengefasst. Für Free-Cooling Luft-Wärmetauscher wird als Standardwert das Baujahr > 2005 angenommen.

Tabelle 7 Regulierung und elektrische Leistung der Ventilatoren [2]

Baujahr der Anlage	Regelung	Spez. elektrische Leistung [kW/kW]
< 1995	On/Off	0.050
1995 – 2005	On/Off	0.035
> 2005	Modulierend	0.020

- x. Die spezifischen Standardwerte für den zusätzlichen täglichen Stromverbrauch $f_{defrost,el}$ sowie den zusätzlichen täglichen Kältebedarf $f_{defrost,th}$ nach Abtauungsverfahren sind in der Tabelle 8 abgebildet.

Tabelle 8 Zusätzlicher Kältebedarf und Stromverbrauch für die Abtauung der Luftkühler [2]

Abtauungsverfahren	Temperatur des Kälteträgers [°C]	Spez. thermische Leistung [kW/kW]	Spez. elektrische Leistung [kW/kW]
Enteisung mit Heissgas	< 0	0.5	0.250
Fremdbelüftung	0 – 8	0.5	0.125
Keines	> 8	0.0	0.000

- xi. Die Kühlleistung des zusätzlichen Free-Cooling-Wärmetauschers bei Auslegungsbedingungen ist gleich der installierten Rückkühlleistung $\dot{Q}_{cond,x}$.
- xii. Bei Luft-Verflüssigern oder Rückkühlern sind die Auslegungstemperaturen für die Wärmesenke-, bzw für die Wärmeträgerseite 35°C / 39°C und 46°C / 42°C.
- xiii. Bei Wasser-Verflüssigern sind die Auslegungstemperaturen für die Wärmesenke-, bzw für die Wärmeträgerseite 10°C / 14°C und 15°C / 19°C.
- xiv. Der UA-Wert des zusätzlichen Free-Cooling-Wärmetauschers wird anhand der Auslegungsbedingungen berechnet (siehe Punkt xi.-xiii.).

Kältebedarf



- xv. Die Aussenlufttemperatur, ab welcher Raumklimabedarf besteht, beträgt 20°C. Für die anderen Anwendungen beträgt dieser Wert 5°C (mit Ausnahme von der Grundlast, welche immer anfällt).
- xvi. Die täglichen Betriebsstunden betragen standardmässig 24 h/a.
- xvii. Der Grundlastanteil (d. h. der durchschnittliche Kältebedarf während dem kältesten Monat des Jahres) wird anhand der Anwendungskategorie definiert. Die Standwerte sind in der Tabelle 9 abgebildet.

Tabelle 9 Grundlastanteil nach Anwendung

Anwendung	Grundlastanteil [%]
Raumklima	0
Gewerbe Plus-Kälte	40
Gewerbe Plus-Minus	60
Prozesskälte / IT-Server	80

7 Resultate

Angesichts der präsentierten Annahmen und Daten werden die anrechenbaren Stromeinsparungen für jede Kühlanlage in Bezug auf die festgelegten Eingabevariablen ermittelt. Dafür wird das öffentlich zugänglich Excel-Tool *CalcuCool* benutzt.

8 Beispiele

Szenario A: Ersatz einer 120 kW Luft-Wasser Klimaanlage (inkl. Rückkühler und ohne Free-Cooling) aus dem Jahr 2002 in einem Bürogebäude (Zürich, ZH). Die Auslegungskühlleistung beträgt 100 kW und Bedarfstemperatur von 16°C. Die Rückkühler werden nicht ersetzt.

Anwendung	Eingabevariablen	Werte		Anrechenbare Stromeinsparung [kWh]
		<i>alt</i>	<i>neu</i>	
Raumklima (< 2000 h/a)	Nennkälteleistung, kW	120	120	
	Auslegungskühlleistung, kW	100	100	
	Betriebsstunden, h/d	24	24	
	Bedarfstemperatur, °C	16	16	
	Baujahr	1995 - 2005	> 2005	
	Verdampfer	k. A.	Platten	
	Verflüssiger	k. A.	Platten	
Summe				33'700

9 Quellen

- [1] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, *Klimadaten für Bauphysik Energie- und Gebäudetechnik*, SIA 2028, 2010.
- [2] *Ersatz der Kälteproduktion*, Programm PEIK, Bern, 2019.
- [3] *Optimierung von Kälteanlagen: Massnahmen und Potenziale*, EnergieSchweiz, Bern, 2020.
- [4] Bundesamt für Umwelt (BAFU), *Messnetze Wassertemperatur*.