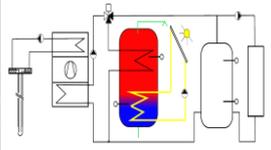


Rechenmodell Wärmepumpentool WPesti / JAZcalc

In der Schweiz wird das Wärmepumpenberechnungsprogramm unter dem Namen JAZcalc eingesetzt, in Österreich unter dem Namen WPesti.

Das Berechnungsmodell der beiden Varianten ist identisch, die Bedieneroberflächen sind länderspezifisch angepasst.

Gebäudedaten			
Klimastation			Zürich SMA
Gebäudekategorie			MFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m ²	598
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	MJ/m ² a	87
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	MJ/m ² a	189
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	MJ/m ² a	53
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	5%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	3
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -8°C	Vorschlagswert:	kW	12.3
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{WW}	MJ/m ² a	93.8
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	25%
Wärmepumpen-Anlage		Angaben unten	
Name und Typ der Wärmepumpe:		Erdsonden-Wärmepumpe einstufig	
Wärmequelle:		Heizung + Warmwasser	
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):		mit Heizungs - Speicher	
Heizungsspeicher		mit elektrischer Notheizung	
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:		Elektro Durchlauferhitzer	
Steuerung des Elektro-Heizeinsatzes			
Quellentemperatur:	°C		0
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):	°C		20.2kW / 4.5
Heizleistung bei Vorlauftemperatur 35°C	kW		20.2
COP bei Vorlauftemperatur 35°C	-		4.5
Heizleistung bei Vorlauftemperatur 55°C	kW		18.6
COP bei Vorlauftemperatur 55°C	-		2.8
Elektrische Leistungsaufnahme Solepumpe:		W	130
Erdsärmesonden:	Anzahl:	2	Länge: m
			180
Auslegungs-Sondentemperatur (optional, aus externer Berechnung in Beilage)		1.1	°C
Grösse Heizungsspeicher			Liter
			1000
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)	$T_{i,soll}$	°C	24
Vorlauftemperatur der Heizung: (Ta = -8°C)	T VL	°C	35
Rücklauftemperatur der Heizung: (Ta = -8°C)	T RL	°C	28
Differenz Speichertemperatur - Vorlauftemperatur Heizung	dT Speicher	°C	0

Arthur Huber, dipl. Ing. ETH

Martin Stalder, dipl. Ing. FH

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
1.1	Kurzbeschreibung	4
1.2	Zielsetzung	4
1.3	Änderungen gegenüber Version 2.0.....	5
1.4	Programmanforderungen	5
2	Anwendung: Dateneingabe	6
2.1	Blatt "WP"	6
2.2	Blatt "Spez"	8
2.3	Übertrag in MINERGIE-Antrag	9
3	Beispiele.....	10
3.1	Passiv-solares MINERGIE – MFH	10
3.1.1	Eingaben in Blatt "WP"	10
3.2	Eingaben in Blatt "Spez"	12
4	Nachweise mit JAZcalc.....	14
4.1	Elektrische Notheizungen.....	14
4.2	JAZ inkl. Elektro-Heizstäbe.....	14
5	Modellbeschreibung	15
5.1	Wärmepumpensysteme	15
5.2	Heizwärmeleistung und Heizwärmebedarf.....	17
5.2.1	Bin-Methode gemäss SIA 384/3 Entwurf 25.10.11	17
5.2.2	Heizwärmeleistung	17
5.3	Vorlauftemperaturen der Wärmepumpen	18
5.3.1	Vorlauftemperaturen bei Luft-Wasser-Wärmepumpen	18
5.3.2	Vorlauftemperaturen bei Sole-Wasser-Wärmepumpen	18
5.4	Warmwasser	19
5.4.1	Leistungsbedarf Warmwasser	19
5.4.2	Leistungsbedarf Warmwasser	19
5.4.3	Begleitheizbänder und Warmwasser-Zirkulation.....	19
5.4.4	Legionellenschaltungen.....	19
5.5	Heizungs-Speichermodelle.....	20
5.5.1	Grundsätzliche Überlegungen	20
5.5.2	Kombispeicher.....	20
5.5.3	Heizungs-Speicherverluste.....	21
5.6	Dezentrale Warmwasser - Wärmepumpe.....	22
5.7	Verluste	23
5.7.1	Verluste Wärmeerzeugung.....	23
5.7.2	Verluste Warmwassererzeugung	23

5.8	Definition der Arbeitszahlen JAZ.....	24
5.8.1	Berechnung der JAZ in JAZcalc	24
5.8.2	Berechnung der JAZ in JAZcalc (ohne Solaranlage)	24
5.8.3	Berechnung der JAZ in JAZcalc (mit Solaranlage)	24
5.9	Modell für die Erdsonden-Wärmepumpen	25
5.9.1	Erdsonden Quelltemperatur.....	25
5.9.2	Berechnung des COP mit konstantem Gütegrad.....	26
5.9.3	Quellen- und Sondenpumpen.....	26
5.10	Modelle für die Luft-Wasser Wärmepumpen	27
5.10.1	Umrechnung mit konstantem Gütegrad.....	27
5.10.2	Für Luft-Wasser WP benötigte Messpunkte	27
5.10.3	Ermittlung der fehlenden Stützpunkte.....	28
5.10.4	Berechnung des konkreten Betriebspunkts der Anlage	29
5.10.5	Betriebspunkte für individuelle WP-Kennlinien im Blatt Spez.....	30
5.11	Hilfsenergie-Modelle bei Eingaben auf Blatt „Spez“	31
5.11.1	Quellenpumpe	32
5.11.2	Verdampferpumpe.....	33
5.11.3	Kondensatorpumpe	33
6	Symboltabelle	34
6.1	Lateinische Symbole	34
6.2	Griechische Symbole.....	35
6.3	Indizes	35
7	Referenzen und weiterführende Literatur.....	36
8	Anhang.....	37
8.1	Bin-Methode	37
8.2	Berechnung des Lastverlaufs	38
8.2.1	Heizwärmeleistungsbedarf	38
8.2.2	Heizwärmebedarf der einzelnen Bins	39
8.3	Nutzungskategorien	44
8.3.1	Nutzungskategorien in WPesti	44
8.3.2	Nutzungskategorien in JAZcalc	44

1 Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung

2003 wurde ein Hilfsmittel für die Abschätzung der Jahresarbeitszahlen (JAZ) von monovalenten, monoenergetischen und bivalenten Luft-Wasser-Wärmepumpen sowie für Sole-Wasser-Wärmepumpen entwickelt: Das Excel-Hilfsmittel JAZcalc. Es werden damit die JAZ und der Deckungsgrad der Wärmepumpe ermittelt.

In der vorliegenden Version V8 wurde das Rechenverfahren an die Norm SIA 384/3 [1] angepasst. Ausserdem wurde den Speichern und der Regelung, sofern diese einen Einfluss auf die JAZ haben, ein grösseres Gewicht gegeben. Es wurde neu auch eine Wärmepumpen-Datenbank integriert (Datenquelle dafür ist www.baubook.at bzw. www.baubook.ch [6]), die optional verwendet werden kann. Weiterhin vorhanden ist das Solarmodell von MINERGIE.

Das Programm enthält verschiedene Tabellen, die sich im Menu ein- und ausblenden lassen (*Format -> Blatt, bzw. rechte Maustaste auf Blattbezeichnung ab Excel 2007*). Unter anderem steht das Blatt *JAZcalc* für Berechnungen im Raum Österreich zur Verfügung (wird aktiviert auf Zelle J1 des Blattes *JAZcalc*)

Im Blatt *WP* werden alle Angaben zum Gebäude und technische Daten zum Heizungssystem erfasst. Hier werden auch die zu übertragenden Resultate ausgegeben. Um spezifischere Angaben zu machen, kann auch das Blatt *Spez* als Eingabeblatt benutzt werden. Eine grafische Ausgabe der Resultate wird im Blatt *Grafik* dargestellt.

1.2 Zielsetzung

keine unbekanntenen
Eingaben

Die Zielsetzung von JAZcalc ist es, alleine mit den in einem frühen Planungsstadium erhältlichen Kennwerten (basierend auf der Norm SIA 380/1 und auf den Prüfstellen-Messwerten) die Arbeitszahl einer Wärmepumpenanlage zu berechnen. Entgegen früher angewandter Ansätze soll dabei nicht die Rechenmethode selbst („Computer sind geduldig“), sondern die dazu notwendigen Eingabedaten so einfach wie möglich gehalten werden. Das Lastverhalten soll aus den Kennwerten Heizwärmebedarf, Transmissions- und Lüftungsverluste und optional der Heizwärmeleistung berechnet werden. Mit diesen 4 Kennwerten lässt sich ein Gebäude in seinem Lastverhalten für einen gegebenen Standort charakterisieren. Mit einem empirischen Ansatz wird der Einfluss des Standortes angepasst.

konventionelle
und passiv-solare
Gebäude

Der grosse Unterschied der nachfolgenden Methode zu ähnlichen Ansätzen liegt also darin, dass damit sowohl passiv-solare, als auch konventionelle Gebäude in ihrem Verhalten erfasst werden können. Die Ergebnisverbesserung zeigt sich dabei vor allem in monoenergetischen und bivalenten Anlagen, da hier eine allfällige Modellabweichung mit dem Nutzungsgradunterschied multipliziert werden muss.

JAZ ohne Zusatz-
heizung

Bei der Definition der Jahresarbeitszahl (JAZ) wird eine gebräuchliche Abgrenzung angewendet. Zusatzheizungen, seien sie nun elektrisch oder mit einem anderen Energieträger betrieben, gehören zwar in den Nutzungsgrad, nicht aber in die JAZ der Anlage. Für eine Nutzungsgradberechnung wird deshalb auch der Deckungsgrad der Zusatzheizung berechnet. Bis zum Vorliegen besserer Modelle werden Erzeugungsverluste generell in die JAZ eingerechnet.

In Abweichung dazu wird in der österreichischen Version die Arbeitszahl JAZ immer mit elektrischer Zusatzheizung (aber ohne ev. vorhandenen, fossilen Anteil) berechnet.

JAZ_{ww} und JAZ_h

Bei der JAZ wird zwischen einem Warmwasserbetrieb und einem Heizbetrieb unterschieden. Zusätzlich wird ein Gewichtungsfaktor Heizung und ein Gewichtungsfaktor Warmwasser (Warmwasseranteil) berechnet.

1.3 Änderungen gegenüber Version 2.0

Gegenüber der Version 2.0 wurden für die Version u. a. die folgenden Verbesserungen implementiert:

- Eingaben zur Wärmepumpe können auf verschiedene Weise gemacht werden, unter anderem kann direkt Bezug auf eine bestehende Wärmepumpenliste genommen werden.
- Die Kondensator- und Verdampferpumpen können separat ausgewiesen werden, falls sie im COP noch nicht enthalten sind.
- Ein zusätzliches Berechnungsblatt für Gebäude mit Standort in Österreich ist in der aktuellsten Version des JAZcalc enthalten.
- Verschiedene Wärmepumpensysteme werden schematisch dargestellt.

1.4 Programmanforderungen

Hardware - Anforderungen: PC mit Windows oder Macintosh

Software - Anforderungen: Excel 2000, 2010 oder 2011

Installation: Keine Installation notwendig, kopieren genügt

2 Anwendung: Dateneingabe

2.1 Blatt "WP"

In diesem Blatt werden alle Kenngrößen zum Gebäude eingegeben und das Wärmepumpensystem beschrieben. Im Falle einer Installation einer Solaranlage werden diese Parameter ebenfalls hier eingegeben. Zuunserst auf diesem Blatt ist die Resultatausgabe.

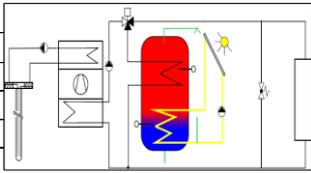
Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPesti

WPesti / V 8.0.5 / 07.12.2012
gültig bis 31.12.2013

Projekt:

--

Gebäudedaten			
Klimastation		auswählen ->	
Gebäudekategorie		auswählen ->	
Energiebezugsfläche EBF	ausfüllen ->	A _E	m ²
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	ausfüllen ->	Q _{h,eff}	MJ/m2a 1.1
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	ausfüllen ->	Q _T	MJ/m2a
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	ausfüllen ->	Q _V	MJ/m2a
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste			%
Sperrzeiten für Wärmepumpe			h/d
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei °C			kW 1.2
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1		Q _{ww}	MJ/m2a
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste			%

Wärmepumpen-Anlage		2.1	WP-Liste	Hersteller:	2.2
Name und Typ der Wärmepumpe:				Typ:	
Wärmequelle:				Erdsonden-Wärmepumpe einstufig 2.3	
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):				Heizung + Warmwasser	
Heizungsspeicher				ohne Heizungs - Speicher	
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:				monovalenter Betrieb Heizung	
Quellentemperatur:	°C				
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):	°C				
Heizleistung bei Vorlauftemperatur 35°C	kW				2.4
COP bei Vorlauftemperatur 35°C	-				
Heizleistung bei Vorlauftemperatur 55°C	kW				
COP bei Vorlauftemperatur 55°C	-				
Elektrische Leistungsaufnahme Solepumpe:				W	2.5
Erdwärmesonden:	Anzahl:	1	Länge:	m	
				°C	
					2.6
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)	ausfüllen ->	T _{i,soll}	°C		
Vorlauftemperatur der Heizung: (T _a = -8°C)	ausfüllen ->	T _{VL}	°C		
Rücklauftemperatur der Heizung: (T _a = -8°C)	ausfüllen ->	T _{RL}	°C		
elektrische Zusatzheizung Warmwasser:		auswählen ->			2.7
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:	auswählen ->		°C		
Warmwassertemperatur mit Elektro - Nachwärmer Q _{ww} :	auswählen ->		°C		
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband	auswählen ->				

Im Abschnitt 1 werden allgemeine Gebäudedaten eingegeben. Diese Werte können aus der Berechnung 380/1 entnommen werden. Auf den Feldern mit roter Ecke sind jeweils Erklärungen und Definitionen hinterlegt. Der Text erscheint, sobald mit dem Cursor auf dieses Feld gefahren wird.

Die Einheit der Eingabewerte kann im Feld 1.1 auf kWh/m2a umgestellt werden.

Der Heizleistungsbedarf des Gebäudes bei Auslegungstemperatur der Wetterstation (ohne Warmwasser, ohne Berücksichtigung der Sperrzeiten der Wärmepumpe, aber inklusive der Verteilverluste) ist gemäss SIA 384/3 keine Eingabegrösse für den Rechengang, sondern wird im Programm JAZcalc nach dieser Methode berechnet und als „Vorschlagswert“ angezeigt. Er bezieht sich immer auf 20°C Raumtemperatur. Der Eingabewert des Heizleistungsbedarfs im Feld 1.2 ist somit eine rein indikative Grösse ohne Einfluss auf den Rechengang.

In [Abschnitt 2](#) werden Angaben zur Wärmepumpe gemacht. Im Feld [2.1](#) kann ausgewählt werden, ob die "Angaben unten" verwendet werden, die ab Feld [2.4](#) eingegeben werden. Es kann auch die Option "WP-Liste" oder "Eingabe in 'Spez'" angewählt werden. Die Option "WP-Liste" erfordert noch Angaben zum Gerät in Feld [2.2](#). Dabei kann aus einer Liste von Wärmepumpen ausgewählt werden, deren Kennwerte dort hinterlegt sind. Um mit der Option "Eingabe in 'Spez'" zu rechnen, wird das Blatt 'Spez' ausgefüllt. Ab Feld [2.3](#) werden mittels Pull-Down Angaben zum Wärmepumpensystem gemacht. Die Auswahl zur Regelung der Wärmepumpe (Feld [2.3](#)) hat nur Einfluss, wenn die Eingaben aus dem Blatt "Spez" verwendet werden und dort weitere Angaben gemacht werden.

Bei Punkt [2.4](#) können Heizleistung und COP angegeben werden, falls oben "Angaben unten" angewählt worden ist. Die elektrische Leistungsaufnahme der Sondenpumpe ist noch nicht im COP enthalten und wird deshalb separat in Feld [2.5](#) aufgeführt oder sie wird im Blatt "Spez" detaillierter erfasst. Unter Punkt [2.6](#) werden die Auslegungsdaten von Heizungsspeicher, Vor- und Rücklauftemperaturen angegeben. Falls die Differenz zwischen $T_{i,soll}$ und der Rücklauftemperatur weniger als 4 K beträgt, wird die Rücklauftemperatur nach oben korrigiert. Wenn für die Erwärmung des Warmwassers eine elektrische Zusatzheizung benötigt wird, erfolgt die Eingabe in Punkt [2.7](#).

Solaranlage		Warmwasser + Heizung		3
Absorberfläche			m2	
Kollektorausrichtung	Azimut [°]:		Neigung [°]:	
Nettoertrag pro m2 Absorberfläche	Vorschlagswert:	0.0	kWh/m2a	
Höhe über Meer des Standortes			m.ü.M.	
Solarer Deckungsgrad Warmwasser	$\epsilon =$		%	0.0%
Solarer Deckungsgrad Heizung	$\epsilon =$		%	0.0%

Resultate				4
				0
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		2%	Etah =	98%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etaw =	94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a	
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$		JAZ _h =	
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$		JAZ _{ww} =	
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZ _{h+ww} :	exkl. el. Zusatz		-	

Die Solaranlage kann in [Abschnitt 3](#) spezifiziert werden. Dafür werden Fläche, Neigungswinkel, Azimut und Standort eingegeben.

Die Resultatausgabe erfolgt in [Abschnitt 4](#). Diese Resultate können in den MINERGIE-Antrag übertragen werden.

2.2 Blatt "Spez"

WP, individuelle Spezifikationen

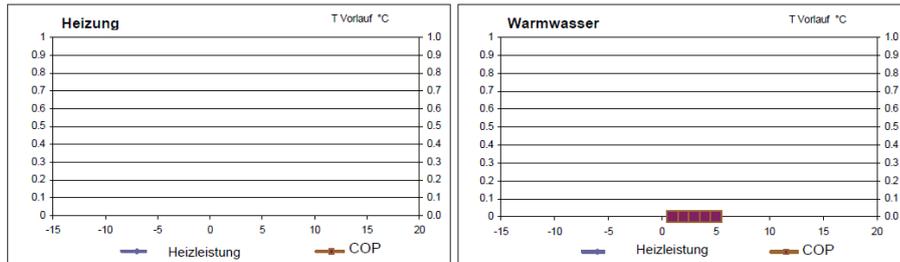
WPesti / V 8.0.1 / 07.12.2012
gültig bis 31.12.2013

Daten Wärmepumpe					
Name und Typ der Wärmepumpe:					
Leistungsdaten der Wärmepumpe:		Pumpen: Kondensator		Ventilator:	
<i>Eingabe in aufsteigender Reihenfolge nach Quellentemperatur</i>					
Heizung	T Vorlauf °C	Quellentemp. °C			
		Heizleistung kW			
		COP			
Warmwasser	T Vorlauf °C	Quellentemp. °C			
		Heizleistung kW			
		COP			

5

5.1

5.2



5.3

Quellenpumpe 1			
Name und Typ der Pumpe			
Stromaufnahme Pumpe bei Vollast	Rechenwert:	0	W
dynamischer Druckabfall bei Vollast			kPa
Durchsatz bei Vollast			m³/h
Geodätische Höhe			m
Betriebsart			
Regelung			

Verdampferpumpe oder Ventilator			
Name und Typ der Pumpe			
Stromaufnahme Pumpe / Ventilator bei Vollast	Rechenwert:	0	W
Druckabfall über Verdampfer	Schätzwert:	25	kPa
Durchsatz über Verdampfer	Schätzwert aus Blatt WP:	0.0	m³/h
Betriebsart			
Regelung			

5.4

Kondensatorpumpe			
Name und Typ der Pumpe			
Stromaufnahme Pumpe P1 bei Vollast (nur Anteil für Kondensator)	Rechenwert:	25	W
Nenn-Druckabfall über Kondensator	eff. Wert:	20.0	kPa
Nenn-Durchsatz über Kondensator	Schätzwert aus Blatt WP:	0.00	m³/h
Betriebsart			
Regelung			

5.5

Erhöhung der Lufttemperatur bei Luft-Wasser-WP			
Temperaturerhöhung DT der Wärmequelle Luft DT bei einer Aussentemperatur von -7°C			K
Temperaturerhöhung DT der Wärmequelle Luft DT bei einer Aussentemperatur von 2°C			K
Temperaturerhöhung DT der Wärmequelle Luft DT bei einer Aussentemperatur von 7°C			K

5.6

In [Abschnitt 5](#) werden individuelle Spezifikationen der jeweiligen Wärmepumpen gemacht, falls die Option "Eingabe in 'Spez'", wie im vorigen Abschnitt erklärt, angewählt wird. Falls eine andere Option angewählt wird, dürfen hier keine Eingaben gemacht werden.

Unter Punkt [5.1](#) kann angegeben werden, ob die Kondensator- und Verdampferpumpe schon im COP enthalten sind. Falls nicht, können sie unter den Nummern [5.4](#) resp. [5.5](#) genauer spezifiziert werden. In [5.2](#) werden COP und Heizleistung bei angegebenen Quellentemperaturen angegeben. Die Quellentemperaturen werden von links nach rechts aufsteigend eingefügt. Es müssen mindestens jeweils zwei Einträge bei verschiedenen Quellentemperaturen gemacht werden. Bei Nummer [5.3](#) werden die Pumpenangaben bei Vollast angegeben. Die Geodätische Höhe ist der Anteil der Förderhöhe, der den Höhenabstand zwischen dem saugseitigen und druckseitigen Flüssigkeitsniveau ergibt. Im Falle einer

Luft-Wasser-WP werden die Temperaturerhöhungen der Luft bei verschiedenen Lufttemperaturen in 5.6 angegeben.

2.3 Übertrag in MINERGIE-Antrag

Die Resultate, aus der Berechnung des JAZcalc können direkt in den MINERGIE-Antrag übertragen werden.

JAZcalc Blatt "WP":

Resultate			
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	0.0%	kWh = 0
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	4.2%	kWh = 690
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etah = 94%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etaw = 94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a = 2'108
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	100.0%	JAZ _h = 4.47
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	95.8%	JAZ _{ww} = 2.86
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:		-	3.53

MINERGIE-Antrag Blatt "Produktion":

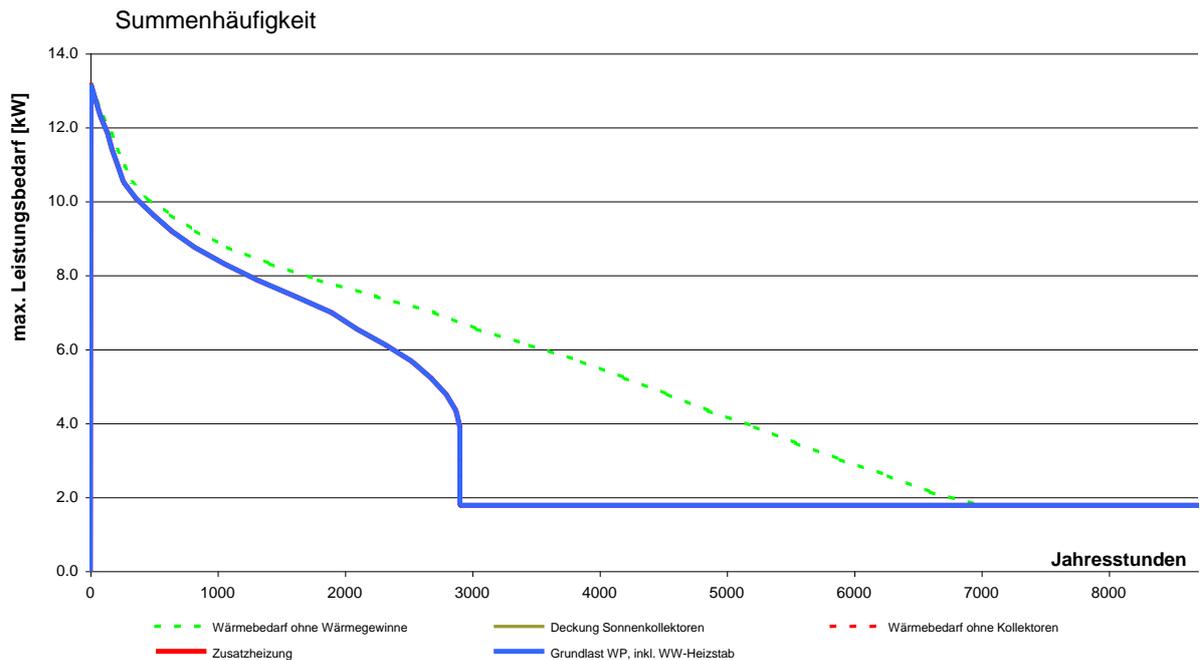
P 1	Wärmeerzeugung A Wärmepumpe, Erdwärmesonde, nur Heizung				Deckungsgrad [%]	
P 2	Beschreibung der Anlage (Marke, Typ etc.)				Heizung	Warmwasser
P 3	Jahresarbeitszahl aus Standardwert	-		3.1		
P 4	Jahresarbeitszahl berechnet (Beilage)	-		4.47		
P 5	Jahresarbeitszahl gewählt	-		4.47		
P 6	Mittl. elektr. Leistungsaufnahme der WP	W				
P 7	Wärmeleistungsbedarf Gebäude SIA 384/201	kW				
P 8	Vorlauf-Temperatur Heizung	°C				
P 9						
P 10	Zugeführte Elektrizität (ungewichtet)	kWh/m2		6.0		
P 11	Benötigte Wärme	kWh/m2		26.7		
P 12					100	
P 13	Wärmeerzeugung B Wärmepumpe, Erdwärmesonde, nur Warmwasser				Deckungsgrad [%]	
	Beschreibung der Anlage (Marke, Typ etc.)				Heizung	Warmwasser
	Jahresarbeitszahl aus Standardwert	-		2.7		
	Jahresarbeitszahl berechnet (Beilage)	-		2.86		
	Jahresarbeitszahl gewählt	-		2.86		
	Mittl. elektr. Leistungsaufnahme der WP	W				
	Temperatur Warmwasser	°C				
	Zugeführte Elektrizität (ungewichtet)	kWh/m2		7.0		
	Benötigte Wärme	kWh/m2		20.0		
					95.8	
P 14	Wärmeerzeugung C Elektro-Wassererwärmer				Deckungsgrad [%]	
	Beschreibung der Anlage (Marke, Typ etc.)				Heizung	Warmwasser
	Nutzungsgrad aus Standardwert	%		90		
	Nutzungsgrad berechnet (Beilage)	%		100		
	Nutzungsgrad gewählt	%		100		
	Temperatur Warmwasser	°C				
	Zugeführte Elektrizität (ungewichtet)	kWh/m2		0.9		
	Benötigte Wärme	kWh/m2		0.9		
					4.2	

3 Beispiele

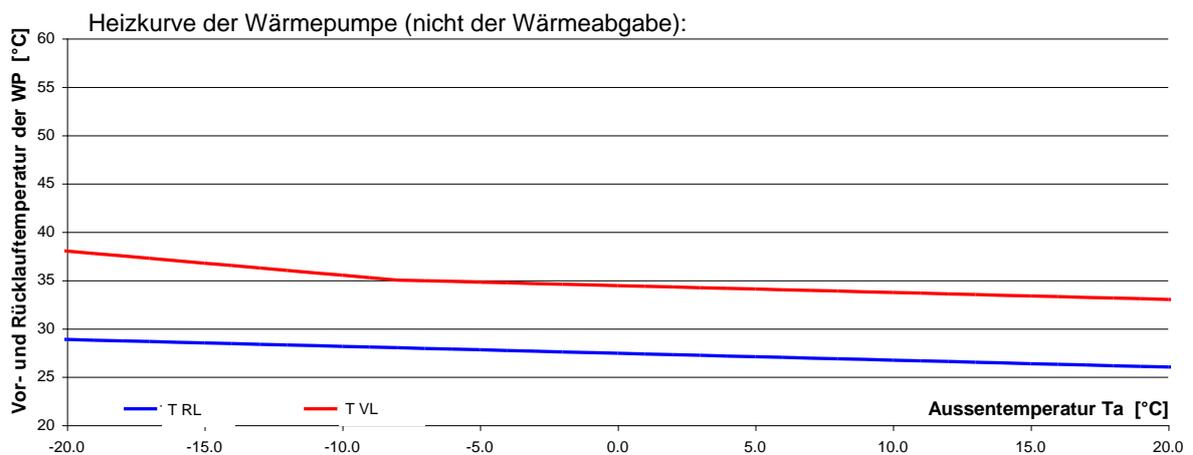
3.1 Passiv-solares MINERGIE – MFH

3.1.1 Eingaben in Blatt "WP"

Die Kennwerte der Wärmepumpe werden in diesem Beispiel direkt im Blatt "WP" eingegeben. Die graphischen Resultate sind unten abgebildet, sie geben Aufschluss über die Deckung und die Heizkurve der Wärmepumpe.



Abkürzungen: WP = Wärmepumpe; WW = Warmwasser; h = Wirkungsgrad; JAZ = Jahresarbeitszahl (ohne Zusatzheizung / ohne Heizstäbe)



Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPEsti

WPEsti / V 8.0.5 / 07.12.2012
gültig bis 31.12.2013

Projekt:

MFH Dällikon

Gebäudedaten			
Klimastation			Zürich SMA
Gebäudekategorie			MFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m ²	598
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	MJ/m2a	97
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	MJ/m2a	189
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	MJ/m2a	53
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	5%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	3
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -8°C	Vorschlagswert: 12.4	kW	12.3
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	MJ/m2a	93.8
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	25%

Wärmepumpen-Anlage		Thermalia Twin 20 II	Angaben unten						
Name und Typ der Wärmepumpe:									
Wärmequelle:						Erdsonden-Wärmepumpe zweistufig			
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):						Heizung + Warmwasser			
Heizungsspeicher						mit Heizungs - Speicher			
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:						mit elektrischer Notheizung			
Steuerung des Elektro-Heizeinsatzes	Elektro Durchlauferhitzer								
Quellentemperatur:	°C				0				
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):	°C				20.2kW / 4.5				
Heizleistung bei Vorlauftemperatur 35°C	kW				20.2				
COP bei Vorlauftemperatur 35°C	-				4.5				
Heizleistung bei Vorlauftemperatur 55°C	kW				18.6				
COP bei Vorlauftemperatur 55°C	-				2.8				
Elektrische Leistungsaufnahme Solepumpe:				W	130				
Erdwärmesonden:	Anzahl:	2	Länge:	m	180				
Auslegungs-Sondentemperatur (optional, aus externer Berechnung in Beilage)			1.1	°C					
Grösse Heizungsspeicher				Liter	1000				
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)		$T_{i,soll}$	°C		24				
Vorlauftemperatur der Heizung: ($T_a = -8°C$)		T VL	°C		35				
Rücklauftemperatur der Heizung: ($T_a = -8°C$)		T RL	°C		28				
Differenz Speichertemperatur - Vorlauftemperatur Heizung		dT Speicher	°C		0				
elektrische Zusatzheizung Warmwasser:	Elektroeinsetz zur Nachwärmung								
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:				°C	58				
Warmwassertemperatur mit Elektro - Nachwärmer Q_{ww} :				°C	58				
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband		Nicht vorhanden							
Solaranlage	Keine Solaranlage								

Resultate			
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	0.0%	kWh = 0
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	0.0%	kWh = 0
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	E _{tah} = 94%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	E _{taw} = 94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a = 1'761
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	100.0%	JAZ _h = 4.47
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	100.0%	JAZ _{ww} = 2.76
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		- 3.45

3.2 Eingaben in Blatt "Spez"

Das Blatt „Spez“ bietet eine weitere Möglichkeit, die Kenndaten der Wärmepumpenanlage, inkl. der Hilfspumpen zu definieren (anstelle der Eingabe auf dem Blatt „WP“ oder der Auswahl aus der Wärmepumpen-Liste).

Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPesti

WPesti / V 8.0.5 / 07.12.2012
gültig bis 31.12.2013

Projekt:

MFH Dällikon

Weitere Angaben auf Zusatzblatt 'Spez'

Gebäudedaten

Klimastation				Zürich SMA
Gebäudekategorie				MFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m^2	598	
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	$MJ/m2a$	97	
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	$MJ/m2a$	189	
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	$MJ/m2a$	53	
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste			%	5%
Sperrzeiten für Wärmepumpe			h/d	3
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -8°C	Vorschlagswert:	12.4	kW	12.3
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	$MJ/m2a$	93.8	
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste			%	25%

Wärmepumpen-Anlage

Eingabe in "Spez"

Name und Typ der Wärmepumpe:								
Wärmequelle:					Erdsonden-Wärmepumpe zweistufig			
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):					Heizung + Warmwasser			
Heizungsspeicher					mit Heizungs - Speicher			
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:					mit elektrischer Notheizung			
Steuerung des Elektro-Heizeinsatzes	Elektro Durchlauferhitzer							
Quellentemperatur:	°C			0				
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):	°C			20.2kW / 4.5				

Erdwärmesonden:	Anzahl:	2	Länge:	m	180
Auslegungs-Sondentemperatur (optional, aus externer Berechnung in Beilage)			1.1	°C	
Grösse Heizungsspeicher				Liter	1000
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)		$T_{i,soll}$		°C	24
Vorlauftemperatur der Heizung: (Ta = -8°C)		T VL		°C	35
Rücklauftemperatur der Heizung: (Ta = -8°C)		T RL		°C	28
Differenz Speichertemperatur - Vorlauftemperatur Heizung		dT Speicher		°C	0

elektrische Zusatzheizung Warmwasser:	Elektroereinsatz zur Nachwärmung			
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:			°C	55
Warmwassertemperatur mit Elektro - Nachwärmer Q_{ww} :			°C	57
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband	Nicht vorhanden			

Solaranlage

Keine Solaranlage

Resultate

Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	0.0%	kWh =	0
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	4.3%	kWh =	705
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etah =	94%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etaw =	94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a	1'761
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	100.0%	JAZ _h =	4.47
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	95.7%	JAZ _{ww} =	2.91
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		-	3.57

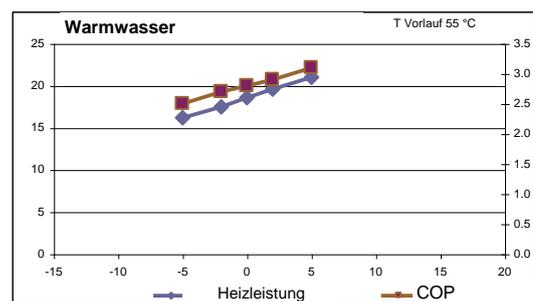
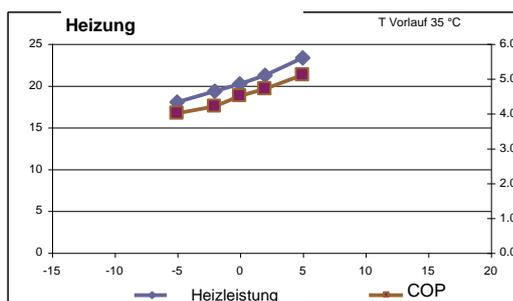
Kleinwärmepumpen werden heute auf Prüfständen nach der Norm EN 14511 geprüft. Diese Prüfnorm definiert auch den COP (Verhältnis von Wärmeabgabe zu Stromaufnahme der Wärmepumpe). Gemäss der EN 14511 gehört auch der Strombedarf der Verdampferpumpe und der Kondensatorpumpe zur Überwindung des Druckverlustes im Verdampfer und Kondensator zur Stromaufnahme der Wärmepumpe. Bei Grosswärmepumpen ist es aber üblich, dass die Leistungszahl (Verhältnis der Wärmeabgabe des Kondensators zur Stromaufnahme des Kompressors) als COP bezeichnet wird. Auf dem Blatt „Spez“ muss deshalb deklariert werden, ob der angegebenen COP gemäss EN 14511 den Strombedarf der Kondensator- und Verdampferpumpe schon enthält, oder ob dieser noch dazugezählt werden muss. Je nach Auswahl dieses Feldes erscheinen unten weitere Eingabegrösse zu den Hilfspumpen. Weitere Angaben dazu sind in Kapitel 5.11 zu finden.

Die Kennlinie der Wärmepumpe kann je für eine feste Vorlauftemperatur für den Heizbetrieb und für den Warmwasserbetrieb definiert werden. Die Umrechnung auf den effektiven Betriebspunkt erfolgt darauf basierend gemäss Kapitel 5.9 oder 5.10 .

WP, individuelle Spezifikationen

WPesti / V 8.0.5 / 07.12.2012
gültig bis 31.12.2013

Daten Wärmepumpe								
Name und Typ der Wärmepumpe:		Hoval Thermalia Twin 20 II						
Leistungsdaten der Wärmepumpe:		Pumpen:		Kondensator	bereits in COP enthalten	Verdampfer	bereits in COP enthalten	
Eingabe in aufsteigender Reihenfolge nach Quelltemperatur								
Heizung	T Vorlauf	Quellentemp.	°C	-5	-2	0	2	5
	°C	Heizleistung	kW	18	19.3	20.2	21.2	23.3
	T Vorlauf 35 °C	COP	-	4	4.2	4.5	4.7	5.1
Warmwasser	T Vorlauf	Quellentemp.	°C	-5	-2	0	2	5
	°C	Heizleistung	kW	16.2	17.5	18.6	19.6	21
	T Vorlauf 55 °C	COP	-	2.5	2.7	2.8	2.9	3.1



Quellenpumpe 1			
Name und Typ der Pumpe		Biral A 16-1	
Stromaufnahme Pumpe bei Vollast	Rechenwert:	258	W
dynamischer Druckabfall bei Vollast			kPa
Durchsatz bei Vollast			m³/h
Geodätische Höhe			m
Betriebsart	Nur Betrieb bei WP ein		
Regelung	einstufig		

4 Nachweise mit JAZcalc

4.1 Elektrische Notheizungen

Als Notheizung wird eine Heizung bezeichnet, die die Leistung einer bestehenden Wärmeerzeugungsanlage wie einer Wärmepumpe, die nach dem Stand der Technik dimensioniert wurde, vervollständigen soll, wenn die Aussentemperatur tiefer ist als die Auslegetemperatur. In einigen Kantonen sind elektrische Zusatzheizungen nur als Notheizungen zulässig. Dies bedeutet, dass bis zur Auslegungs-Aussentemperatur gemäss Norm SIA 384.201 die Wärmepumpe ohne elektrische Zusatzheizung auskommen muss. Der Nachweis für eine ausreichende Dimensionierung kann mit dem Programm JAZcalc erbracht werden. Ist die Bedingungen bei der Auslegungs-Aussentemperatur nicht mehr eingehalten, so erscheint beim Resultate - Block auf dem Blatt „WP“ die Bezeichnung „Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung“ auf einem rosa Balken. Dies bedeutet, dass die Wärmepumpe zu klein dimensioniert ist, um die Heizleistung bis zur Auslegetemperatur ohne Notheizung erbringen zu können.

Resultate				
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	0.7%	kWh =	130
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	16.0%	kWh =	2'651
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etah =	94%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etaw =	94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a	1'764
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	99.3%	JAZ_h =	4.47
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	84.0%	JAZ_{ww} =	3.07
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		-	3.73

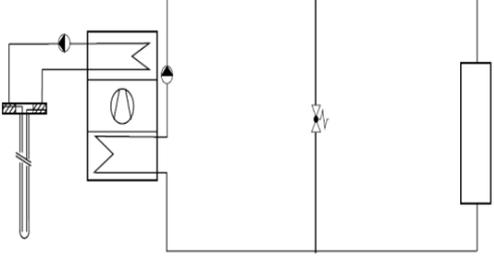
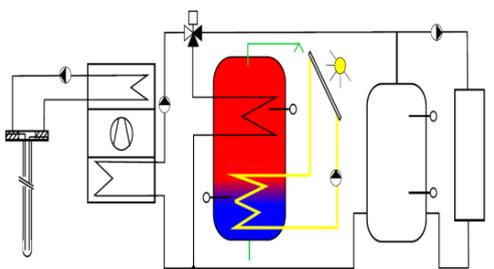
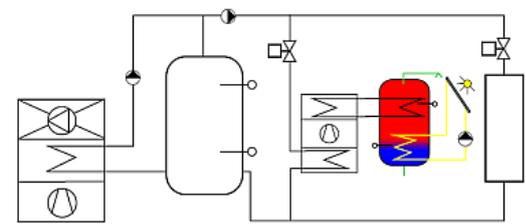
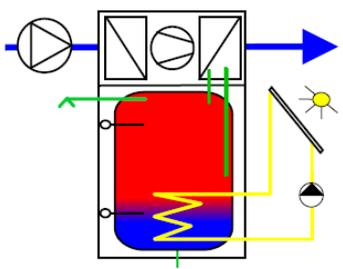
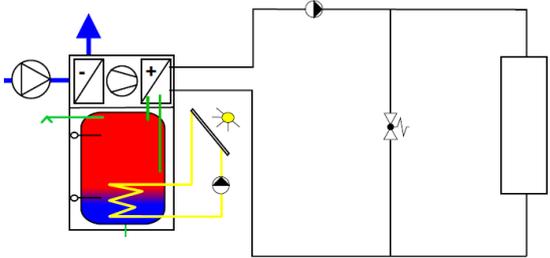
4.2 JAZ inkl. Elektro-Heizstäbe

Um in den Genuss von Subventionen zu kommen, werden häufig Minimalanforderungen an die Arbeitszahl JAZ inkl. aller Elektro-Zusatzheizungen gestellt. Für diesen Nachweis kann die Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZ_{h+ww} auch unter Berücksichtigung aller Elektro-Heizstäbe für Heizung und Warmwasser dargestellt werden. Dazu muss auf dem grünen Feld E60 „inkl. el. Zusatz“ angewählt werden. Die genauen Rechenformeln dazu sind in Kapitel 5.8.1 zu finden:

Resultate				
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	0.7%	kWh =	130
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	16.0%	kWh =	2'651
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etah =	94%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etaw =	94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a	1'764
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	99.3%	JAZ_h =	4.47
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	84.0%	JAZ_{ww} =	3.07
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	inkl. el. Zusatz			3.06

5 Modellbescrieb

5.1 Wärmepumpensysteme

	<p>WP für Heizung, ohne Warmwasser, ohne Heizungsspeicher</p>
	<p>WP für Heizung und Warmwasser, mit Heizungsspeicher Verlustmodelle in 5.5.3</p>
	<p>Heizung und dezentrale Warmwasser-WP Modellbescrieb in 5.6</p>
	<p>Abluft-Wärmepumpe ohne Lüftungs-WRG, für Warmwasser Behandlung wie Luft-Wärmepumpe mit konstant 20°C Lufttemperatur</p>
	<p>Abluft-Wärmepumpe ohne Lüftungs-WRG, für Heizung+ Warmwasser Behandlung wie Luft-Wärmepumpe mit konstant 20°C Lufttemperatur</p>

	<p>Heizung und Warmwasser mit Kombispeicher, 1 WP-Rücklauf aus Speicher</p> <p>Modellbeschreibung in 5.5</p>
	<p>Heizung und Warmwasser mit Kombispeicher, 2 WP-Rücklauf aus Speicher</p> <p>Modellbeschreibung in 5.5</p>
	<p>In JAZcalc: Heizung und Warmwasser mit Kombispeicher, Stasch-Schaltung</p> <p>Modellbeschreibung in 5.5</p>
	<p>In JAZcalc: Heizung und Warmwasser mit Hygienespeicher WP optimiert</p> <p>Modellbeschreibung in 5.5</p>

5.2 Heizwärmeleistung und Heizwärmebedarf

5.2.1 Bin-Methode gemäss SIA 384/3 Entwurf 25.10.11

Die Bin-Methode geht von einem bekannten Heizwärmebedarf eines Gebäudes aus. Der Heizwärmebedarf wird aufgeteilt auf die für die jeweilige Meteostation vorkommenden Stundenwerte der Aussentemperaturen. Dabei wird zugrunde gelegt, dass die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste linear mit der Temperaturdifferenz von Aussen- zu Raumtemperatur ansteigen.

Für jeden Temperatur-Bin wird sodann ein durchschnittlicher Wirkungsgrad oder COP ermittelt. Mit der Aufteilung des Heizwärmebedarfs auf die einzelnen Temperatur-Bins ist damit auch der Gewichtungsfaktor für die unterschiedlichen COPs gegeben, so dass daraus ein mittlerer COP und eine mittlere Arbeitszahl errechnet werden kann. Eine detaillierte Beschreibung der Bin-Methode ist im Anhang unter 8.1 zu finden.

5.2.2 Heizwärmeleistung

Die Heizwärmeleistung ist die Gesamtwärmeverlustleistung des Gebäudes. Für die Berechnungen wird folgender Verlauf der Heizwärmeleistung angenommen (cf. Abb. 5-1):

- Wenn die Aussentemperatur gleich oder grösser als die Raumtemperatur ist, ist die Heizwärmeleistung Null (0).
- Bei Norm-Aussentemperatur erreicht die Heizwärmeleistung ihr Maximum. Bei tieferen Aussentemperaturen als der Norm-Aussentemperatur bleibt sie konstant.
- Zwischen Raumtemperatur und Norm-Aussentemperatur nimmt die Heizwärmeleistung linear zu.

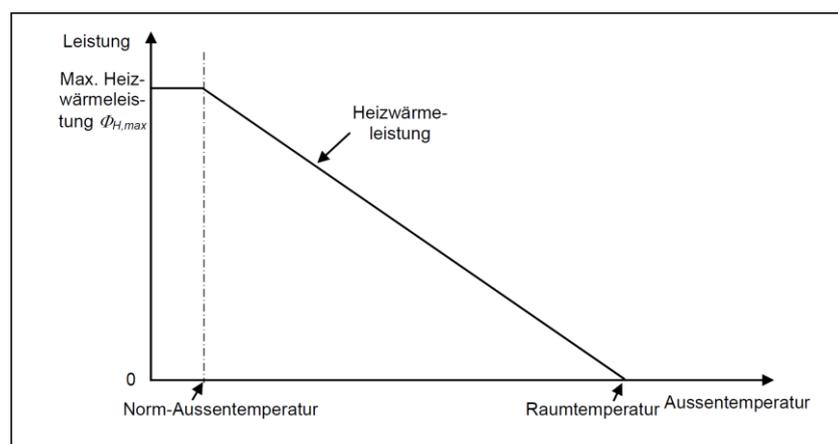


Abb. 5-1: Verlauf der Heizleistung in Abhängigkeit der Aussentemperatur

Die Berechnung der Heizwärmeleistung aus den totalen Wärmeverlusten (Transmissions- und Lüftungsverluste) und den gewichteten Temperaturdifferenzen Innen-Aussen wird im Anhang unter 8.2 erläutert.

5.3 Vorlauftemperaturen der Wärmepumpen

5.3.1 Vorlauftemperaturen bei Luft-Wasser-Wärmepumpen

In JAZcalc ist eine aussentemperaturabhängigen Rücklauftemperatur - Regelung für die Wärmepumpe hinterlegt. Die Rücklauftemperatur der Wärmepumpe wird bei der Auslegungs-Aussentemperatur (im Beispiel in Abb. 5-2 bei $T_a = -8^\circ\text{C}$) auf den eingegebenen Auslegungs-Wert gesetzt (im vorliegenden Beispiel auf 28°C). Bei einer Aussentemperatur von 20°C wird die Rücklauftemperatur 2°C höher gesetzt als die Raumtemperatur T_i auf dem Eingabebblatt (die im Beispiel in Abb. 5-2 bei 21°C liegt, womit die Rücklauftemperatur bei $T_a = 20^\circ\text{C}$ bei 23°C liegt). Diese beiden Punkte ergeben die Gerade für die Heizkurve der Rücklauftemperatur.

Die Vorlauftemperatur im Auslegungsfall wird aus dem Eingabebblatt (TVL) übernommen. (im Beispiel Abb. 5-2 35°C). Für alle übrigen Aussentemperaturen wird, ausgehend von der aktuellen Heizleistung in diesem Bin gemäss Kapitel 5.10.4 die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf der Wärmepumpe ermittelt und diese zur Rücklauftemperatur addiert. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf im Auslegungsfall auch der aktuellen Heizleistung der Wärmepumpe im Auslegungsfall entspricht.

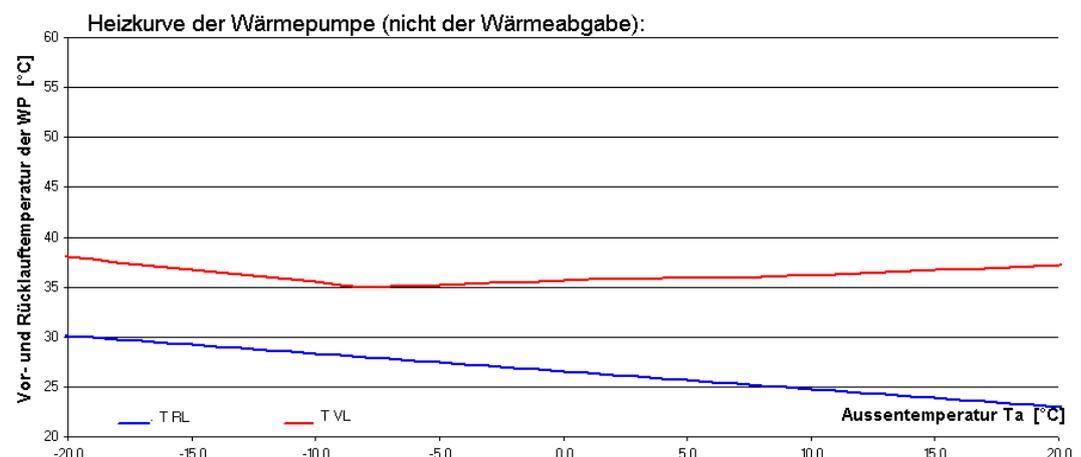


Abb. 5-2: Vor- und Rücklauf-Temperaturen in JAZcalc

Eine allfällige Temperaturdifferenz zwischen Speicher und Vorlauftemperatur der Wärmeabgabe gemäss Eingabebblatt erhöht die Heizkurven der Wärmepumpe bei allen Bins um diesen Eingabewert (Parallelschiebung).

Bei der Wahl eines Kombispeichers wird die Vorlauftemperatur gemäss Kapitel 5.5.2 zusätzlich erhöht.

5.3.2 Vorlauftemperaturen bei Sole-Wasser-Wärmepumpen

Die Heizkurven der Sole-Wasser-Wärmepumpen werden analog zu den Luft-Wasser-Wärmepumpen berechnet, wobei die Heizleistung unabhängig von der Aussentemperatur T_a als konstant angenommen wird.

5.4 Warmwasser

5.4.1 Leistungsbedarf Warmwasser

Der Warmwasserbedarf wird nach der Norm SIA 380/1 berechnet. Der dazu nötige, zusätzliche Leistungsbedarf berechnet sich aus

$$\dot{Q}_{ww} = \frac{Q_{ww} \cdot EBF \cdot \eta_{Vert} \cdot 1000 \text{kJ} / \text{MJ}}{8760 \text{h} \cdot 3600 \text{s} / \text{h}} \quad [\text{kW}] \quad \text{Gl. 5.1}$$

Diese Gleichung basiert auf einer Tagesbilanzüberlegung. Am „imaginären“ Dimensionierungstag für die Raumheizung gemäss Norm SIA 384.201 (d.h. während 24 Stunden nur Transmissions- und Lüftungswärmeverluste, aber weder interne noch solare Gewinne) findet „nur“ ein durchschnittlicher Warmwasserbezug statt. Dieser durchschnittliche Bezug (Q_{ww}) wird aufgrund des Warmwasserbedarfs gemäss Standardnutzung von SIA 380/1 [in MJ/m²] bestimmt (cf. Kapitel 8.3). Für den so bestimmten Leistungszuschlag ist es nicht relevant, ob das Warmwasser permanent miterzeugt oder durch kurzzeitiges Umschalten von Heizung auf Wassererwärmung erzeugt wird. Die Tagesbilanz bleibt dieselbe.

5.4.2 Leistungsbedarf Warmwasser

SIA 380/1 berücksichtigt keine Speicher- und Verteilverluste für Q_{ww} . Die Speicherverluste (Entropie-Verluste im Tauscher, Wärmeverluste im Speicher) werden summarisch in Gl. 5.20 berücksichtigt, die Verteilverluste vernachlässigt.

$$\eta_{Vert} = 1 \quad \text{Gl. 5.2}$$

5.4.3 Begleitheizbänder und Warmwasser-Zirkulation

Die Verluste für die Warmwasser-Zirkulation werden in JAZcalc nicht automatisch berücksichtigt und müssen bei den Gebäudedaten eingetragen werden.

Begleitheizbänder werden als zusätzlicher Strombedarf wie folgt berechnet:

$$Q_{HB} = 5 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{Länge} \cdot 7000 \text{h} / \text{a} \cdot \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \quad [\text{kWh}] \quad \text{Gl. 5.3}$$

Der daraus resultierende Stromanteil für die Warmwasser-Aufbereitung berechnet sich daraus mit

$$Q_{HB} = \frac{Q_{HB}}{\frac{Q_{ww} \cdot EBF}{3.6 \text{ MJ} / \text{kWh}} + Q_{HB}} \quad \text{Gl. 5.4}$$

5.4.4 Legionellenschaltungen

Bei der Wahl einer täglichen Legionellenschaltung wird die Brauchwasser-Solltemperatur mit dem Zusatzheizstab auf 60°C gesetzt. Bei einer wöchentlichen Legionellenschaltung wird die mittlere Brauchwasser-Solltemperatur wöchentlich einmal auf 60°C gesetzt.

5.5 Heizungs-Speichermodelle

5.5.1 Grundsätzliche Überlegungen

Heizungsspeicher werden bei Wärmepumpen-Anlagen sehr häufig und aus unterschiedlichen Gründen eingesetzt. Bei Luft-Wasser-Wärmepumpenanlagen in Kombination mit dem Thermostatventileinsatz sind sie teilweise wegen der Abtauung zwingend erforderlich. Kombispeicher werden zur solaren Heizungsunterstützung gerne eingesetzt. In den meisten Fällen ist der Einsatz von Heizungsspeichern aber eine einfache Möglichkeit, sich nicht um die hydraulische Einstellung einer Anlage kümmern zu müssen. Die oft gehörten Argumente von weniger taktenden Anlagen und längeren Anlagenlaufzeiten wurden zwischenzeitlich in der FAWA-Studie des BFE [7] an einer grossen Anzahl von gebauten Anlagen widerlegt. Heizungsspeicher führen aber generell zu grösseren Verlusten von Wärmepumpen-Anlagen und damit zu einer Verschlechterung der Jahresarbeitszahl. Diese Effekte sind bei den aktuellen Prüfstands-Normen [2] für Wärmepumpen nicht berücksichtigt, da Prüfstände die erzeugte Wärmemenge immer zu 100% direkt abnehmen und den Verbrauchern zuschreiben. Eine mindestens grobe Abschätzung dieser Effekte scheint somit zwingend erforderlich. In Ermangelung von Modellen und Normen zu dieser Thematik wurden in JAZcalc eigene Modelle entwickelt und integriert. Eine wissenschaftliche Hinterfragung der Modelle wird ausdrücklich begrüsst.

5.5.2 Kombispeicher

Kombispeicher sind Heizungsspeicher mit integriertem Warmwasser-Speicher. Die Brauchwasser-Erwärmung erfolgt indirekt über das Heizungswasser, das dann im Kombispeicher das Brauchwarmwasser erwärmt. Bei einer schlechten Lösung wird dabei nicht nur das Brauchwarmwasser, sondern auch der Heizungsspeicher mehrheitlich auf die Brauchwasser-Temperatur erwärmt, wodurch die Wärmepumpe bei der Erwärmung des Heizungswassers auf einem zu hohen Temperaturniveau arbeitet und eine schlechte Arbeitszahl resultiert:

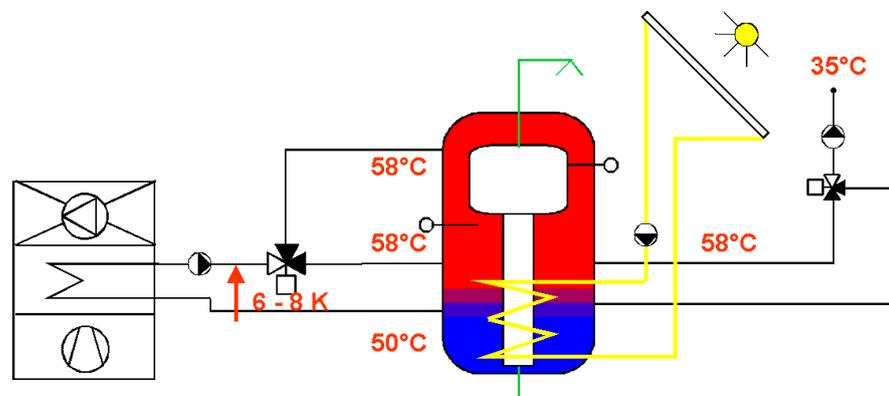


Abb. 5-3: Temperaturen bei der Warmwasserladung in einem Kombispeicher mit 1 Wärmepumpen-Rücklauf aus dem Speicher

JAZcalc berücksichtigt diesen Effekt durch eine Erhöhung der mittleren Kondensationstemperatur in der Wärmepumpe. Dieser Kombispeicher-Zuschlag T_{Komb} wurde wie folgt festgesetzt:

$$T_{\text{Komb}} = (T_{\text{ww}} - T_{\text{VL}}) \cdot f_{\text{Komb}} \quad [\text{K}] \quad \text{Gl. 5.5}$$

Der Kombispeicher-Zuschlagsfaktor f_{Komb} ist von der Art des Kombispeichers abhängig:

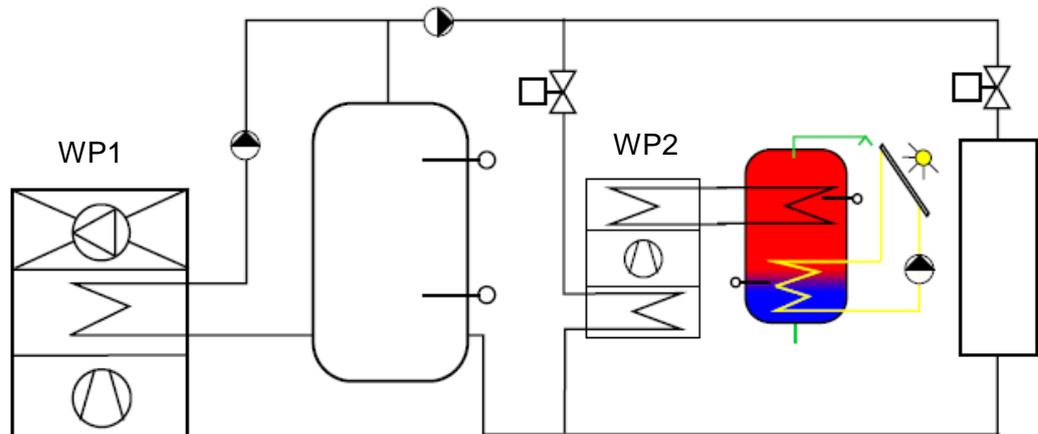
Art des Kombispeichers	Zuschlagsfaktor f_{Komb}
Kombispeicher mit 1 Wärmepumpen-Rücklauf aus dem Speicher	0.5
Kombispeicher mit 2 Wärmepumpen-Rückläufen aus dem Speicher	0.2
Kombispeicher mit STASCH - Schaltung [9]	0.1
Heizung und Warmwasser mit Hygienespeicher WP-optimiert	0.1

5.5.3 Heizungs-Speicherverluste

Der in 5.5.2 beschriebene Effekt ist nicht die einzige Ursache für eine Verschlechterung der Arbeitszahl. Ein Speicher verursacht auch thermische Verluste an der Oberfläche und den Anschlüssen und es gibt eine ständige Abkühlung (Wärmeleitung) vom warmen Teil des Speichers (oben) und dem kalten Teil des Speichers (unten) an den Speicherwänden und an der Schichtgrenze des Wassers im Speicher. Je grösser der Speicher und je höher die Speichertemperatur, umso grösser ist dieser Verlust. Diese Effekte werden gemäss Kapitel 5.7 berücksichtigt:

Art des Heizungsspeichers	Verlustfaktor x
ohne Heizungsspeicher	0%
mit Heizungsspeicher (kein Kombispeicher)	2%
Kombispeicher mit 1 Wärmepumpen-Rücklauf aus dem Speicher	6%
Kombispeicher mit 2 Wärmepumpen-Rückläufen aus dem Speicher	5%
Kombispeicher mit STASCH - Schaltung [9]	4%
Heizung und Warmwasser mit Hygienespeicher WP-optimiert	4%

5.6 Dezentrale Warmwasser - Wärmepumpe



Bei einer zentralen Wärmeerzeugung für die Heizung und einer dezentralen Wärmepumpe für das Warmwasser, die das Heizungswasser als Wärmequelle nutzt, ist der COP_{ww} wie folgt zu berechnen:

$$COP_{ww} = \frac{Q_{ww}}{P_{e1} + P_{e2} + P_{Pumpe1} + P_{Pumpe2}} \quad \text{Gl. 5.6}$$

Beim Strombedarf ist die Stromaufnahme des Kompressors der Heizungswärmepumpe WP1 (anteilmässig) und des Kompressors der Warmwasser-Wärmepumpe WP2 zusammenzuzählen und zum Strombedarf der Umwälzpumpen zu addieren. Der Strombedarf der beiden Umwälzpumpen wird in JAZcalc mit einem 10%-Zuschlag zum Strombedarf der Kompressoren abgeschätzt. Damit ergibt sich für die Warmwasser-Produktion der folgende COP_{ww} :

$$COP_{ww} = \frac{COP_h \cdot COP_2}{COP_h + COP_2 - 1} \cdot 0.9 \quad \text{Gl. 5.7}$$

Als COP_h wird der mittlere COP der Heizung während der Heizperiode eingesetzt.

5.7 Verluste

5.7.1 Verluste Wärmeerzeugung

Für die Verluste der Wärmeerzeugung (Verschlechterung der Arbeitszahl) gilt zur Zeit der folgende Ansatz:

$$\eta_w = 1 - \sum x \quad \text{und} \quad \eta_h = 1 - \sum x \quad \text{Gl. 5.8}$$

Die errechnete Arbeitszahl wird mit obiger Wirkungsgrad multipliziert.

Generell werden die folgenden Verluste immer berücksichtigt

Art des Heizungsspeichers	Verlustfaktor x
Anfahrverluste (takten) der Wärmepumpe im Heizbetrieb	2%
Anfahrverluste (takten) der Wärmepumpe im Warmwasserbetrieb	2%

Als Eingabegrösse werden die Verteilverluste für Heizung und Warmwasser (inkl. Warmwasserzirkulation) berücksichtigt. Dies Eingabegrössen erhöhen den Wärmebedarf für die Heizung und die Warmwasser-Erzeugung.

Bei einer Elektro-Zusatzheizung kann es bei ungünstiger Regelung der Zuschaltung des Heizstabes vorkommen, dass der Heizstab parallel zur Wärmepumpe läuft. Für Elektro-Zusatzheizungen werden zusätzlich die folgenden Verlustfaktoren eingerechnet

Art der Zuschaltung des Elektroheizstabes	Verlustfaktor x
Speicherladeverluste mit Elektroheizstab, parallele Ladung möglich	4%
Speicherladeverluste mit Elektroheizstab, ohne parallele Ladung	1%
Ladeverluste mit Elektro-Durchlauferhitzer	2%

Weiter Verluste sind in Kapitel 5.5.3 und

5.7.2 Verluste Warmwassererzeugung

Wird eine elektrische Zusatzheizung bei der Brauchwarmwasser-Erzeugung angewählt, so werden je nach Art der Regelung des Heizstabes die folgenden Verlustfaktoren berücksichtigt:

Art des Zuschaltung des Warmwassere-Heizstabes	Verlustfaktor x
Warmwasser-Zusatzstrombedarf mit Heizstab im Parallelbetrieb	5%
Zusatzstrombedarf ohne Parallelbetrieb des Heizstabes	2%

5.8 Definition der Arbeitszahlen JAZ

5.8.1 Berechnung der JAZ in JAZcalc

In JAZcalc wird, entsprechend den Definitionen von MINERGIE, die Jahresarbeitszahl JAZ immer ohne Elektro-Heizstäbe und ohne Hilfsenergien gerechnet. Die rein informative JAZ Heizung und Warmwasser wird daraus so berechnet:

$$JAZ_{h+ww} = \frac{\frac{W_h}{W_{ww}} \varepsilon_h + \varepsilon_w}{\frac{W_h}{W_{ww}} \frac{\varepsilon_h}{JAZ_h} + \frac{\varepsilon_w}{JAZ_{ww}}} \quad \text{Gl. 5.9}$$

5.8.2 Berechnung der JAZ in JAZcalc (ohne Solaranlage)

In JAZcalc wird die elektrische Zusatzheizung (nicht aber die fossile Zusatzheizung) grundsätzlich in die Berechnung der JAZ einbezogen.

$$JAZ_{\text{Heizung}} = \frac{1 - \varepsilon_{sol,h}}{\frac{\varepsilon_h}{JAZ_h} + \varepsilon_{zus,h}} \quad \text{Gl. 5.10}$$

$$JAZ_{\text{Warmwasser}} = \frac{1 - \varepsilon_{sol,w}}{\frac{\varepsilon_w}{JAZ_{ww}} + \varepsilon_{zus,w}} \quad \text{Gl. 5.11}$$

Die Gesamt-Arbeitszahl mit elektrischer Zusatzheizung wird wie folgt berechnet:

$$JAZ_{\text{Gesamt}} = \frac{\frac{W_h}{W_{ww}} (1 - \varepsilon_{sol,h}) + 1 - \varepsilon_{sol,w}}{\frac{W_h}{W_{ww}} \left(\frac{\varepsilon_h}{JAZ_h} + \varepsilon_{zus,h} \right) + \frac{\varepsilon_w}{JAZ_{ww}} + \varepsilon_{zus,w}} \quad \text{Gl. 5.12}$$

Bei fossil-bivalenten Anlagen wird die Gesamt-Arbeitszahl wie folgt berechnet:

$$JAZ_{\text{Gesamt}} = \frac{\frac{W_h}{W_{ww}} \varepsilon_h + \varepsilon_w}{\frac{W_h}{W_{ww}} \frac{\varepsilon_h}{JAZ_h} + \frac{\varepsilon_w}{JAZ_{ww}} + \varepsilon_{zus,w}} \quad \text{Gl. 5.13}$$

5.8.3 Berechnung der JAZ in JAZcalc (mit Solaranlage)

In JAZcalc ist zusätzlich eine JAZ unter Berücksichtigung der Solaranlage zu finden:

$$JAZ_{\text{Heizung}} = \frac{1}{\frac{\varepsilon_h}{JAZ_h} + \varepsilon_{zus,h}} \quad \text{Gl. 5.14}$$

$$JAZ_{\text{Warmwasser}} = \frac{1}{\frac{\varepsilon_w}{JAZ_{ww}} + \varepsilon_{zus,w}} \quad \text{Gl. 5.15}$$

5.9 Modell für die Erdsonden-Wärmepumpen

5.9.1 Erdsonden Quelltemperatur

Die Auslegungs-Quellentemperatur T_q bei einer Erdwärmesonden-Wärmepumpe hängt von verschiedenen Faktoren ab, wobei nicht alle Faktoren die gleiche Bedeutung haben. Zur Abschätzung wurden mit dem Programm EWS [13] Parameter-Variationen durchgeführt. Als Erdreich wurde der für das schweizerische Molassebecken typische Wert von $\lambda_{\text{Erde}} = 2.5 \text{ W/mK}$ angenommen. Als grobe Abschätzung wurde daraus für das Programm JAZcalc die folgende Beziehung entwickelt, die auch in den Normen-Entwurf SIA 384/3 [1] übernommen wurde:

$$T_q \text{ [K]} \approx 283.15 \text{ K} - \left(0.055 \text{ K} \cdot \text{m/W} + \frac{\text{Laufzeit}}{100 \text{ h}} \cdot 0.006 \text{ K} \cdot \text{m/W} \right) \cdot \frac{\dot{Q}_{\text{B0/W35}} \cdot 1000 \text{ W/kW}}{\text{Sondenlänge [m]}} \cdot \frac{(\text{COP}_{\text{B0/W35}} - 1)}{\text{COP}_{\text{B0/W35}}} \quad \text{Gl. 5.16}$$

Die Laufzeit der Wärmepumpe kann mit folgender Gleichung abgeschätzt werden:

$$\text{Laufzeit [h]} \approx \frac{(Q_h + Q_{\text{ww}}) \cdot \text{EBF}}{3.6 \text{ MJ/kWh} \cdot \dot{Q}_{\text{B0/W35}} [\text{kW}]} \quad \text{Gl. 5.17}$$

Solange in JAZcalc keine Eingabe zur Auslegungs-Sondentemperatur erfolgt, werden diese Formeln verwendet. Bei grösseren Anlagen und speziellen Randbedingungen wird allerdings dringend empfohlen, eine separate Berechnung mit dem Programm EWS [13] durchzuführen und die Auslegungs-Sondentemperatur direkt einzugeben.

Laut SIA werden in der Schweiz Sonden so ausgelegt, dass sie nach 50 Jahren eine durchschnittliche Mittel-Temperatur (Ein-Austritt) von $-1,5^\circ\text{C}$ NICHT unterschreiten. Bei Delta T Ein-Austritt von 3K (+/- 1,5K) ergibt sich eine die Sondaustrittstemperatur von 0°C und eine Sondeneintrittstemperatur von -3°C . Die Sondaustrittstemperatur von 0°C entspricht der Sondauslegungstemperatur im JAZcalc.

=> Die Sondauslegungstemperatur entspricht dem tiefster Jahreswert nach 50 Jahren, der am Sondaustritt der Wärmepumpe zur Verfügung steht.

Da die Sole-Temperatur einer Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage im Jahresverlauf schwankt, wird in JAZcalc im Jahresmittel mit einer um 2K höheren Temperatur gerechnet als der Auslegungs-Quellentemperatur T_q . Als Eingabewert ist also immer der tiefste Wert im Jahresverlauf einzugeben, die Jahreszeitenkorrektur erfolgt in JAZcalc automatisch.

Rechengang:

50 Jahres Eintritt-Austritt Mittelwert $-1,5^\circ\text{C}$

Delta T Eintritt-Austritt 3°C (vom Mittelwert +/- $1,5^\circ\text{C}$)

=> Sondaustritt 0°C => entspricht tiefster Sondauslegungstemperatur

=> Sondeneintritt -3°C

5.9.2 Berechnung des COP mit konstantem Gütegrad

Der Einfluss der Quelltemperatur T_q und der Vorlauftemperatur T_{Vorl} auf den COP wird mit dem folgenden Carnot-Ansatz berücksichtigt (konstanter Gütegrad):

$$\text{COP}_{\text{eff}} = \text{COP}_{\text{Ref}} \cdot \frac{T_{\text{Vorl,eff}}}{T_{\text{Vorl,eff}} - T_{q,\text{eff}}} \cdot \frac{T_{\text{Vorl,Ref}} - T_{q,\text{Ref}}}{T_{\text{Vorl,Ref}}} \quad \text{Gl. 5.18}$$

In Gl. 5.18 ist die Vorlauftemperatur T_{Vorl} in [K] anzugeben.

5.9.3 Quellen- und Sondenpumpen

In den COP-Prüfstandsmessungen ist der Energieaufwand für die Überwindung des Druckabfalls im Kondensator und im Verdampfer bereits berücksichtigt, nicht aber der Energieaufwand zur Überwindung des Druckabfalls in einer Erdwärmesonde und im Sondenverteiler oder zur Wasserförderung in einer Grundwasser-Wärmepumpenanlage. Dieser Energieaufwand muss für die Berechnung einer Jahresarbeitszahl mitberücksichtigt werden.

Die Praxiserfahrung zeigt, dass der Energieaufwand zur Überwindung des Druckabfalls im Verdampfer ca. 4% der Energieaufnahme der Wärmepumpe (ohne Umwälzpumpen) ausmacht. Unter Berücksichtigung der übrigen Verluste (Speicherverluste, Anfahrverluste etc. mit dem Wirkungsgrad η nach Kapitel 5.6) wird deshalb die Arbeitszahl aus dem $\text{COP}_{\text{eff,h}}$ im Heizbetrieb, der Heizleistung der Wärmepumpe \dot{Q}_{WP} und der Stromaufnahmeleistung der Sondenpumpe (oder Grundwasserpumpe) wie folgt berechnet:

$$\text{JAZ}_h = \frac{\eta_h}{\frac{1}{\text{COP}_h} + \frac{P_{\text{Pumpe}} - 0.04 \cdot \frac{\dot{Q}_{\text{WP}}}{\text{COP}_h}}{\dot{Q}_{\text{WP}}}} \quad \text{Gl. 5.19}$$

Für die Warmwasserproduktion gilt analog

$$\text{JAZ}_{\text{ww}} = \frac{\eta_w}{\frac{1}{\text{COP}_{\text{ww}}} + \frac{P_{\text{Pumpe}} - 0.04 \cdot \frac{\dot{Q}_{\text{WP}}}{\text{COP}_{\text{ww}}}}{\dot{Q}_{\text{WP}}}} \quad \text{Gl. 5.20}$$

5.10 Modelle für die Luft-Wasser Wärmepumpen

5.10.1 Umrechnung mit konstantem Gütegrad

Die COP werden entweder linear interpoliert oder mit konstantem Gütegrad berechnet. Die COP - Umrechnungen für die realen Betriebspunkte aus den Norm-Messpunkten bei konstantem Gütegrad erfolgt prinzipiell mit dem Carnot-Ansatz:

$$COP_{eff} = COP_{Ref} \cdot \frac{T_{Vorl,eff}}{T_{Vorl,eff} - T_{q,eff}} \cdot \frac{T_{Vorl,Ref} - T_{q,Ref}}{T_{Vorl,Ref}} \quad \text{Gl. 5.21}$$

- COP_{eff} effektive Leistungszahl bei Betriebsbedingungen
- COP_{Ref} Leistungszahl für Referenzbedingungen (Prüfstandswerte)
- $T_{Vorl,eff}$ effektiver Vorlauftemperatur am Kondensatoraustritt
- $T_{Vorl,Ref}$ Vorlauftemperatur bei Normbedingungen
- $T_{q,eff}$ effektive Quelltemperatur am Verdampfeintritt
- $T_{q,Ref}$ Quelltemperatur bei Normbedingungen

5.10.2 Für Luft-Wasser WP benötigte Messpunkte

Für die Extrapolation und Interpolation der Betriebspunkte einer Luft-Wasser WP werden folgende Norm-Messpunkte benötigt:

Bezeichnung der Messung Randbedingungen	A-7/W35	A-7/W35	A2/W35	A7/W35					A-7/W55	A7/W55	A20/W55
	Aussenluft-Temp. T_a [°C]	-15	-7	2	7					-7	7
WP-Austrittstemp. T_v [°C]	35	35	35	35					55	55	55
rel. Feuchte [%]	-	75	84	89					75	89	40

Tabelle 5-1: Betriebspunkte der Prüfmessungen an Luft/Wasser-Wärmepumpen gemäss aktueller Norm EN 14511, die für die Berechnungen in JAZcalc notwendig sind

Der in der Tabelle gelb markierte Prüfpunkt fällt gemäss dem aktuellsten Prüfungsreglement Weg. Sollen jedoch Arbeitspunkte bei höheren Aussentemperaturen z.B. für Warmwassererzeugung zuverlässig ermittelt werden können, ist es **zwingend**, dass dieser **Messpunkt für $T_v = 55$ °C verfügbar** ist. Wird dieser Messpunkt nicht eingegeben (Null gesetzt), so werden für den Messpunkt A20/W55 die Werte von A7/W55 eingesetzt, was zu einer nicht realistischen Verschlechterung der Arbeitszahl führt.

5.10.3 Ermittlung der fehlenden Stützpunkte

Um zwei Referenzkennlinien ($T_v = 55^\circ\text{C}$ und $T_v = 35^\circ\text{C}$) mit identischen Stützwerten der Aussentemperatur zu erhalten müssen die fehlenden Messpunkte ergänzt und für Extremwerte extrapoliert werden ($T_{\text{Quelle}} < 15^\circ\text{C}$ und $T_{\text{Quelle}} > 20^\circ\text{C}$)

Die fehlenden Stützwerte für COP und Heizleistung werden wie folgt ermittelt.

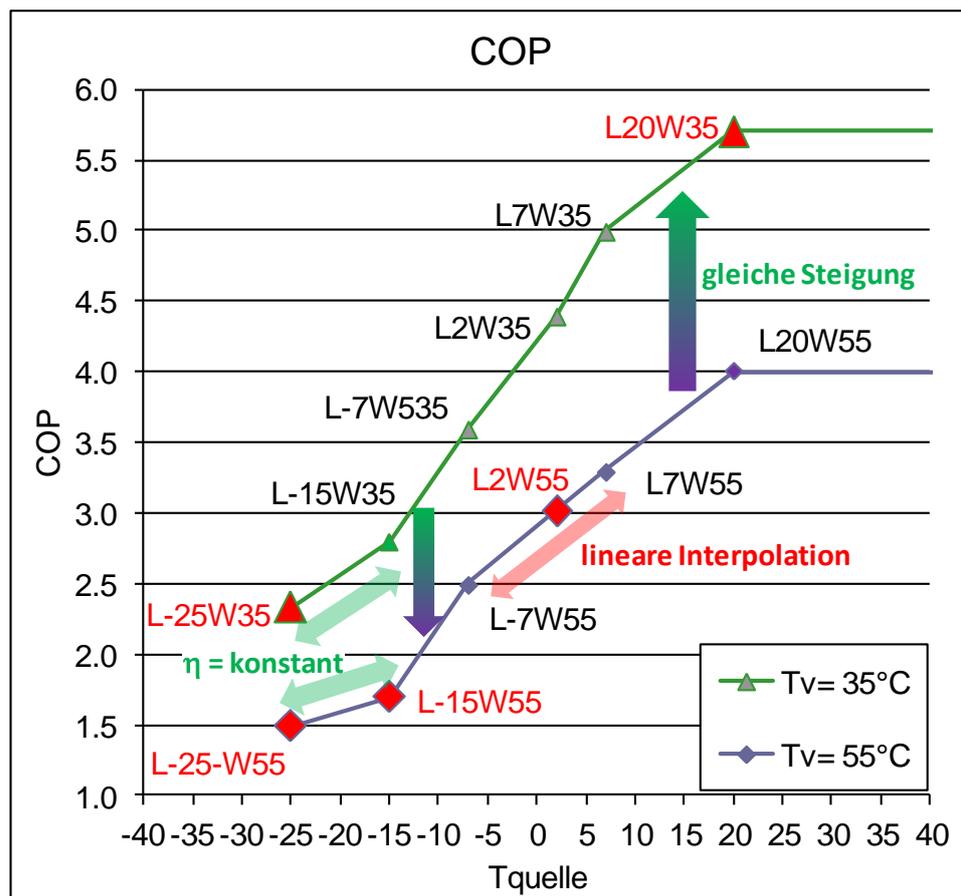


Abb. 5-4: Ermittlung der fehlenden Stützpunkte am Beispiel des COP

- L20W35:** Lineare Extrapolation ausgehend von L7W35 mit derselben Steigung wie zwischen den Punkten L7W55 und L20W55
- L2W55:** Lineare Interpolation zwischen den Punkten L-7W55 und L7W55
- L-15W55:** Lineare Extrapolation ausgehend von L-7W55 mit derselben Steigung wie zwischen den Punkten L-7W35 und L-15W35
- L-25W35:** COP berechnet über konstanten Gütegrad wie Punkt L-15W35
Heizleistung linear extrapoliert
über Punkte L-7W35 und L-15W35
- L-25W55:** Berechnet über konstanten Gütegrad wie Punkt L-15W55
Heizleistung linear extrapoliert
über Punkte L-7W55 und L-15W55
- T_{Quelle} > 20°C** COP und Heizleistung konstant wie L20W55 und L20W35

5.10.4 Berechnung des konkreten Betriebspunkts der Anlage

Der konkrete Betriebspunkt für eine bestimmte Vorlauf- und Quelltemperatur wird mittels linearer Interpolation/Extrapolation berechnet.

Hierzu werden für den Betriebspunkt die passenden vier Stützwerte ermittelt.

Ausgehend von den Stützwerten, werden für die vorgegebenen Vorlauftemperaturen (z.B. 55 und 35°C) Hilfwerte für COP und Heizleistung für die Quelltemperatur des gesuchten Betriebspunktes durch lineare Interpolation/Extrapolation ermittelt.

Ausgehend von den Hilfwerten wird dann der Betriebspunkt für die entsprechende Vorlauftemperatur berechnet. Dies geschieht für den COP und die Heizleistung auf unterschiedliche Weise:

- COP:
- Berechnung des Gütegrades der Hilfwerte
 - Lineare Interpolation/Extrapolation des Gütegrades im Betriebspunkt
 - Berechnung des COP anhand des Gütegrades im Betriebspunkt.

- Heizleistung: → Lineare Interpolation/Extrapolation der Heizleistung im Betriebspunkt

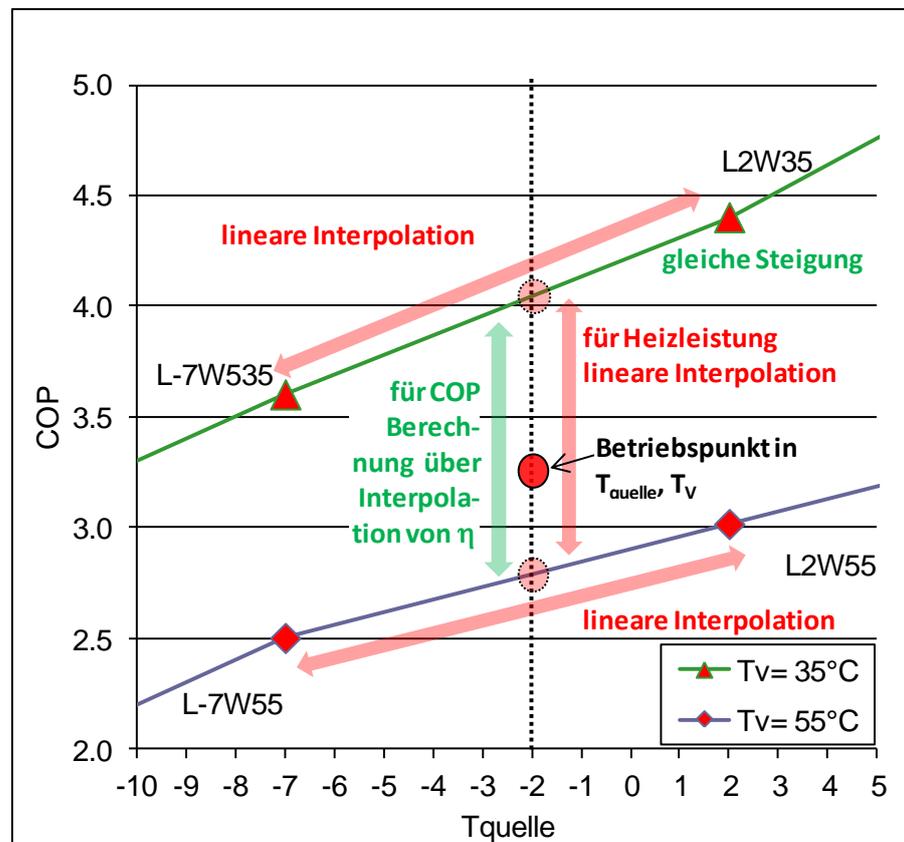


Abb. 5-5: Schematische Darstellung der Interpolation für die Ermittlung eines konkreten Betriebspunktes.

5.10.5 Betriebspunkte für individuelle WP-Kennlinien im Blatt Spez

Im Arbeitsblatt „Spez“ können individuelle WP-Kennlinien für Spezialwärmepumpen eingegeben werden.

Die Interpolation/Extrapolation der eingegebenen Stützwerte auf den konkreten Betriebspunkt erfolgt in analoger Weise, wie im Anhang unter **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beschrieben.

Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein, damit die Ermittlung des Betriebspunktes mit vernünftiger Genauigkeit erfolgen kann.

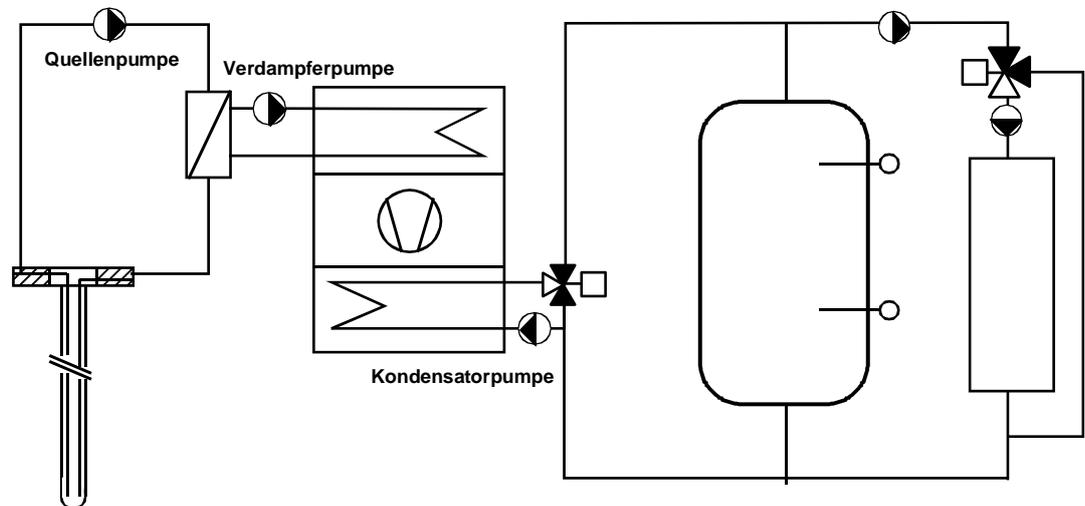
- Es müssen **zwei** Kennlinien mit unterschiedlichen Vorlauftemperaturen T_v eingegeben werden.
- Die Kennlinien müssen mindestens jeweils **zwei** Stützwerte mit **unterschiedlichen** Quelltemperaturen aufweisen.
- Die Quelltemperaturen der Stützwerte sollten etwa den Bereich umfassen in dem sich die Quelltemperatur in der Berechnung bewegt.
(z.B. für eine Luft/Wasser WP von -15 bis 20°C)

5.11 Hilfsenergie-Modelle bei Eingaben auf Blatt „Spez“

Kleinwärmepumpen werden heute auf Prüfständen nach der Norm EN 14511 geprüft. Diese Prüfnorm definiert auch den COP (Verhältnis von Wärmeabgabe zu Stromaufnahme der Wärmepumpe). Gemäss der EN 14511 gehört auch der Strombedarf der Verdampferpumpe und der Kondensatorpumpe zur Überwindung des Druckverlustes im Verdampfer und Kondensator zur Stromaufnahme der Wärmepumpe. Bei Grosswärmepumpen ist es aber üblich, dass die Leistungszahl (Verhältnis der Wärmeabgabe des Kondensators zur Stromaufnahme des Kompressors) als COP bezeichnet wird. Auf dem Blatt „Spez“ muss deshalb deklariert werden, ob der angegebenen COP gemäss EN 14511 den Strombedarf der Kondensator- und Verdampferpumpe schon enthält, oder ob dieser noch dazugezählt werden muss:

Daten Wärmepumpe								
Name und Typ der Wärmepumpe:		Gross-Wärmepumpe						
Leistungsdaten der Wärmepumpe:		Pumpen:		Kondensator	nicht eingerechnet	Verdampfer	nicht eingerechnet	
Eingabe in aufsteigender Reihenfolge nach Quelltemperatur								
Heizung	T Vorlauf	Quellentemp.	°C	-5	-2	0	2	5
	°C	Heizleistung	kW	18	19.3	20.2	21.2	23.3
	T Vorlauf 35 °C	35	COP	-	4	4.2	4.5	4.7
Warmwasser	T Vorlauf	Quellentemp.	°C	-5	-2	0	2	5
	°C	Heizleistung	kW	16.2	17.5	18.6	19.6	21
	T Vorlauf 55 °C	55	COP	-	2.5	2.7	2.8	2.9

Wird angegeben, dass die Kondensator- und die Verdampferpumpe bereits im COP enthalten sind, so ist einzig noch die Quellenpumpe (oder der Lüftungsventilator) zu deklarieren. Bei Luft-Wasser-Wärmepumpen ist es denkbar, dass zwischen dem Ventilator und der Wärmepumpe ein Zwischenkreislauf besteht. In diesem Fall ist der Ventilator als Quellenpumpe und die Zwischenkreislaufpumpe als Verdampferpumpe zu deklarieren. Das gleiche gilt analog für Wasser-Wasser-Wärmepumpen mit Zwischenkreislauf:



Die Stromaufnahmeleistung der Hilfspumpen ist auf den Zellen J32, J41 und J49 zu deklarieren, Druckabfall und Durchsatz dienen dabei einzig als Plausibilisierung der deklarierten Stromaufnahmeleistung. Die Stromaufnahmeleistung bezieht sich dabei immer auf den Vollast-Betriebszustand.

Die Stromaufnahme der Hilfspumpen wird dann über die Vollast-Betriebsstunden der Pumpen berechnet. Als Grundlage für diese Betriebsstunden dient die Vollast-Stunden der Wärmepumpe, die mit folgender Formel abgeschätzt wird:

$$Vollast-h = \frac{(Q_h + Q_{ww}) \cdot 1.1 \cdot EBF}{3.6 \cdot \dot{Q}_{WP}} \quad \text{Gl. 5.22}$$

5.11.1 Quellenpumpe

Je nach Regelungsart der Quellenpumpe und der Wärmepumpe werden die folgenden Vollast-Betriebsstunden der Quellenpumpen verwendet:

Quellenpumpen: [h]	1stufig		2stufig		stufenlos	
	FALSCH	WAHR	FALSCH	WAHR	FALSCH	WAHR
Nur Betrieb bei WP ein						
WP einstufig	5'600	Vollast-h	5'600	Vollast-h	4'200	Vollast-h
WP zweistufig	5'600	$(Vollast-h + 5'600 h) / 2$	4200	$(Vollast-h + 5'600 h) / 2$	4200	Vollast-h
WP mehrstufig	5'600	5'600	4200	$(Vollast-h + 5'600 h) / 2$	4200	Vollast-h
WP stufenlos	5'600	5'600	4200	$(Vollast-h + 5'600 h) / 2$	4200	Vollast-h

Für das Beispiel von 1'752 Vollast-h der Wärmepumpe wird also mit folgender Laufzeit-Tabelle der Quellenpumpe gerechnet (Beispiel):

Quellenpumpen: [h]	1stufig		2stufig		stufenlos	
	FALSCH	WAHR	FALSCH	WAHR	FALSCH	WAHR
Nur Betrieb bei WP ein						
WP einstufig	5'600	1'752	5'600	1'752	4'200	1'752
WP zweistufig	5'600	3'676	4200	3'676	4200	1'752
WP mehrstufig	5'600	5'600	4200	3'676	4200	1'752
WP stufenlos	5'600	5'600	4200	3'676	4200	1'752

5.11.2 Verdampferpumpe

Je nach Regelungsart der Verdampferpumpe und der Wärmepumpe werden die folgenden Vollast-Betriebsstunden der Verdampferpumpe verwendet:

Verdampferpumpe: [h]	ungeregelt		geregelt	
	FALSCH	WAHR	FALSCH	WAHR
Nur Betrieb bei WP ein				
WP einstufig	5'600	Vollast-h	4'200	Vollast-h
WP zweistufig	5'600	$(\text{Vollast-h} + 5'600 \text{ h}) / 2$	4'200	Vollast-h
WP mehrstufig	5'600	5'600	4'200	Vollast-h
WP stufenlos	5'600	5'600	4'200	Vollast-h

Für das Beispiel von 1'752 Vollast-h der Wärmepumpe wird also mit folgender Laufzeit-Tabelle der Verdampferpumpe gerechnet (Beispiel):

Verdampferpumpe: [h]	ungeregelt		geregelt	
	FALSCH	WAHR	FALSCH	WAHR
Nur Betrieb bei WP ein				
WP einstufig	5'600	1'752	4'200	1'752
WP zweistufig	5'600	3'676	4'200	1'752
WP mehrstufig	5'600	5'600	4'200	1'752
WP stufenlos	5'600	5'600	4'200	1'752

5.11.3 Kondensatorpumpe

Je nach Regelungsart der Kondensatorpumpe und der Wärmepumpe werden die folgenden Vollast-Betriebsstunden der Kondensatorpumpe verwendet:

Kondensatorpumpe: [h]	ungeregelt		geregelt	
	FALSCH	WAHR	FALSCH	WAHR
Nur Betrieb bei WP ein				
WP einstufig	5'600	Vollast-h	4'200	Vollast-h
WP zweistufig	5'600	$(\text{Vollast-h} + 5'600 \text{ h}) / 2$	4'200	Vollast-h
WP mehrstufig	5'600	5'600	4'200	Vollast-h
WP stufenlos	5'600	5'600	4'200	Vollast-h

Für das Beispiel von 1'752 Vollast-h der Wärmepumpe wird also mit folgender Laufzeit-Tabelle der Kondensatorpumpe gerechnet (Beispiel):

Kondensatorpumpe: [h]	ungeregelt		geregelt	
	FALSCH	WAHR	FALSCH	WAHR
Nur Betrieb bei WP ein				
WP einstufig	5'600	1'752	4'200	1'752
WP zweistufig	5'600	3'676	4'200	1'752
WP mehrstufig	5'600	5'600	4'200	1'752
WP stufenlos	5'600	5'600	4'200	1'752

6 Symboltabelle

6.1 Lateinische Symbole

A_E	[m ²]	Energiebezugsfläche (EBF)
COP_{eff}	-	effektive Leistungszahl bei Betriebsbedingungen
COP_h	-	Leistungszahl im Heizbetrieb
COP_{korr}	-	Leistungszahl für effektive Spreizung
COP_{Ref}	-	Leistungszahl für Referenzbedingungen (Prüfstandswerte)
COP_{ww}	-	Leistungszahl im Warmwasserbetrieb
EBF	[m ²]	Energiebezugsfläche
f_{Komb}	-	Kombispeicher-Zuschlagsfaktor
G	-	Gütegrad
$HGT_{20/12}$	[°C*d]	Heizgradtage bei 20°C Raumtemp. und Heizgrenze 12°C
JAZ_h	[-]	Jahresarbeitszahl Heizung ohne Elektro-Heizstäbe
JAZ_{ww}	[-]	Jahresarbeitszahl Warmwasser ohne Elektro-Heizstäbe
P_e	[kW]	elektrische Leistungsaufnahme der Wärmepumpe
P_{Pumpe}	[kW]	elektrische Leistungsaufnahme der Quellenpumpe
t_B	[h]	Bin - Dauer
T_{amin}	[°C]	Auslegungs-Aussentemperatur
$T_{amittel}$	[°C]	mittlere Aussenlufttemperatur in der Heizperiode
T_i	[°C]	Raumtemperatur
T_{kond}	[K]	Kondensationstemperatur
T_{komb}	[K]	Kombispeicher-Zuschlag zur Kondensationstemperatur
T_{Verd}	[K]	Verdampfungstemperatur
T_{Vorl}	[K]	Vorlauftemperatur am Kondensatoraustritt
T_q	[K]	Quellentemperatur Sondenfluid am Verdampfereintritt
Q_{HB}	[kWh]	Stromaufnahme Begleitheizbänder
Q_h	[MJ/m ²]	Heizwärmebedarf pro Jahr nach SIA 380/1
Q_H	[MJ/m ²]	Heizwärmebedarf pro Bin
Q_T	[MJ/m ²]	Transmissionswärmeverluste pro Jahr nach SIA 380/1
Q_{ug}	[MJ/m ²]	Genutzte, freie Wärme
Q_V	[MJ/m ²]	Lüftungswärmeverluste pro Jahr nach SIA 380/1
Q_{tot}	[MJ/m ²]	Gesamtverluste (Transmissions- & Lüftungswärmeverluste)
Q_{ww}	[MJ/m ²]	Wärmebedarf für Warmwasser pro Jahr nach SIA 380/1
\dot{Q}_{WP}	[kW]	Wärmeabgabe der Wärmepumpe
$\dot{Q}_{B0/W35}$	[kW]	Wärmeabgabe der Wärmepumpe im Messpunkt 0°C Quelltemperatur und 35°C Vorlauftemperatur
wh	[-]	Gewichtungsfaktor Heizung
www	[-]	Gewichtungsfaktor Warmwasser
x	-	Verlustfaktor generell der Wärmepumpe

6.2 Griechische Symbole

ε	Deckungsgrad
ε_h	Deckungsgrad der Wärmepumpe für die Heizung
ε_w	Deckungsgrad der Wärmepumpe für das Warmwasser
$\varepsilon_{zus,h}$	Deckungsgrad der Zusatzheizung (ohne Warmwasser)
$\varepsilon_{zus,w}$	Deckungsgrad der Zusatzheizung für das Warmwasser
$\varepsilon_{sol,h}$	Deckungsgrad der Solaranlage (ohne Warmwasser)
$\varepsilon_{sol,w}$	Deckungsgrad der Solaranlage für das Warmwasser
ε_{carnot}	Carnot-Leistungszahl
$\varepsilon_{COP,i}$	Leistungszahl im Betriebspunkt
$\varepsilon_{COP,N}$	Leistungszahl beim Norm-Messpunkt
η_h	Summarischer Wirkungsgrad der Wärmeerzeugung im Heizfall (berücksichtigt alle Verluste, die nicht im COP enthalten sind)
η_{ww}	Summarischer Wirkungsgrad der Wärmeerzeugung für Warmwasser
η_{Vert}	Verluste der Warmwasserverteilung
Φ_H	[kW] Heizwärmeleistungsbedarf
$\Phi_{H,max}$	[kW] Heizwärmeleistungsbedarf im Auslegungsfall
$\Phi_{g,ev}$	[kW/m ²] gleichmässig anfallenden, internen Wärmeeinträge

6.3 Indizes

B	Bin
eff	Index für effektive Betriebswerte
ev	gleichmässig anfallender Anteil (z.B. der freien Wärme)
HB	Begleitheizband
i	Wert pro Bin
Komb	Kombispeicher
Kond	Kondensator
q	Index für Wärmequelle beim Verdampfer-Eintritt
Ref	Index für Referenzpunkt (Prüfstandswerte)
ue	ungleichmässig anfallender Anteil (z.B. der freien Wärme)
Verd	Verdampfer
Vorl	Index für Heizungsvorlauf beim Kondensator-Austritt

7 Referenzen und weiterführende Literatur

- [1] Entwurf zur Norm SIA 384/3 (27.10.2011): **Heizungsanlagen in Gebäuden – Energiebedarf**. SIA, Zürich
- [2] Norm DIN EN 14511 (2011-2012): Teile 1 bis 4: **Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern; Begriffe, Prüfbedingungen, Prüfverfahren und Anforderungen**. Beuth Verlag GmbH.
- [3] Norm SIA 384/6 (2009): **Erdwärmesonden**, SIA, Zürich.
- [4] Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEEn), Konferenz Kantonaler Energierektoren (EnDK), Ausgabe 2008. <http://www.endk.ch>.
- [5] Wärmepumpen-Testzentrum WPZ: Prüfergebnisse geprüfter Wärmepumpen. <http://www.ntb.ch/>
- [6] **Internet-Plattform Baubook**. baubook GmbH, Alserbachstrasse 5/8, A -1090 Wien. Die baubook GmbH wird vom Energieinstitut Vorarlberg und der IBO GmbH betrieben. <http://www.baubook.at>. <http://www.baubook.ch>.
- [7] *Erb, M.; Hubacher, P.; Ehrbar, M.* (2004): **Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen FAWA 1996 – 2003**. Schlussbericht. Forschungsprogramm Umgebungs- und Abwärme, Wärmekraftkopplung. Bundesamt für Energie, Bern (BFE).
- [8] *Marti, J.; Witzig, A.; Huber, A.; Ochs, M.* (2009): **SIMULATION VON WÄRMEPUMPENSYSTEMEN IN POLYSUN 4**. Schlussbericht. Forschungsprogramm Umgebungs- und Abwärme, Wärmekraftkopplung. Bundesamt für Energie, Bern (BFE). <http://www.hetag.ch>
- [9] Gabathuler, H.R., Mayer, H., Afjei, Th. (2002): **Standardschaltungen für Kleinwärmepumpenanlagen**. Teil 1: STASCH-Planungshilfen. Forschungsprogramm Umgebungs- und Abwärme, Wärmekraftkopplung. Bundesamt für Energie, Bern (BFE).
- [10] Huber, A.; Ochs, M. (2007): **Hydraulische Auslegung von Erdwärmesondenkreisläufen Mit der Software „EWSDruck“ Vers. 2.0**. Bundesamt für Energie, Bern. <http://www.hetag.ch>
- [11] Huber, A.; Schuler, O. (1997): **Berechnungsmodul für Erdwärmesonden**. Forschungsprogramm Umgebungs- und Abwärme, Wärmekraftkopplung. Bundesamt für Energie, Bern (BFE). <http://www.hetag.ch>
- [12] Huber, A.; Pahud, D. (1999): **Erweiterung des Programms EWS für Erdwärmesondenfelder**. Schlussbericht. Bundesamt für Energie (BFE), Bern. <http://www.hetag.ch>
- [13] Huber, A. (2011): **Programm EWS. Berechnung von Erdwärmesonden. Benutzerhandbuch, Version 4.7**. Huber Energietechnik AG, Zürich, 2011. <http://www.hetag.ch>

8 Anhang

8.1 Bin-Methode

Die Aufteilung des Heizwärmebedarfs auf die einzelnen Bins erfolgt gemäss Norm SIA 384/3 (Entwurf vom 25.10.11). Dafür werden zuerst die totalen Wärmeverluste (Transmissions- und Lüftungsverluste) gemäss spezifischer Heizwärmeleistung (siehe 8.2.2) auf die einzelnen Bins verteilt. Danach wird die nutzbare freie Wärme von den totalen Wärmeverlusten pro Bin abgezogen. Dabei wird zwischen zwei Arten von freien Wärmen unterschieden:

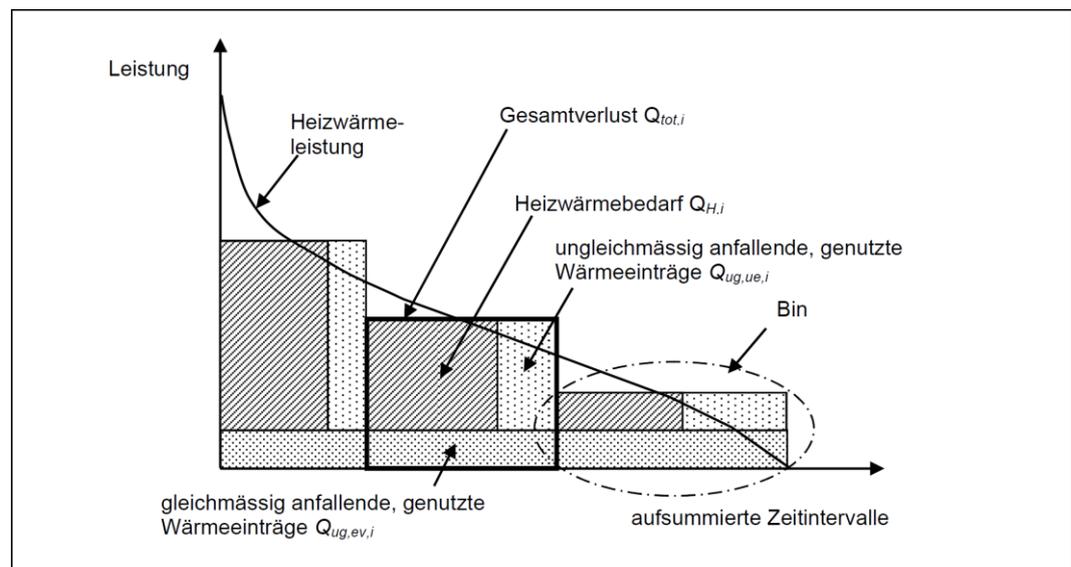
- $Q_{ug,ev}$ **gleichmässig anfallende**, genutzte Wärmeeinträge des Bins

und

- $Q_{ug,ue}$ **ungleichmässig anfallende**, genutzte Wärmeeinträge des Bins

Die gleichmässig anfallenden genutzten Wärmeeinträge haben zur Folge, dass sich die Heizleistung um den Betrag der Leistung der gleichmässig anfallenden Wärmeeinträge reduziert.

Die ungleichmässig anfallenden genutzten Wärmeeinträge (z.B. solare Gewinne) haben zur Folge, dass sich die Zeit für die Erzeugung der Heizenergie entsprechend reduziert (siehe untenstehende Grafik)



8.2 Berechnung des Lastverlaufs

8.2.1 Heizwärmeleistungsbedarf

Die Heizwärmeleistung für die Gebäudewärme ist prinzipiell eine Eingabegrösse und wird nach der Norm SIA 384.201 berechnet. Diese Eingabe ist allerdings nicht zwingend, da die Heizwärmeleistung in genügender Genauigkeit auch aus den totalen Wärmeverlusten (Transmissions- und Lüftungsverluste) und den gewichteten Temperaturdifferenzen Innen-Aussen (Kelvinstunden) berechnet werden kann mit der Beziehung:

$$\Phi_{H,max} = \frac{Q_{tot}}{3.6 MJ/kWh} \cdot \frac{T_i - T_{a,min}}{\sum [t_B \cdot \min\{(T_i - T_a), (T_i - T_{a,min})\}]} \quad (\text{Gl. 8.1})$$

$\Phi_{H,max}$ maximale Heizwärmeleistungsbedarf in [kW]

Q_{tot} Gesamtverluste (Transmissions- & Lüftungswärmeverluste) in [MJ]

T_i Raumtemperatur

T_a Bin - Aussentemperatur

$T_{a,min}$ Norm-Aussentemperatur

t_B Bin - Dauer in [h]

Die Summe im Nenner von Gleichung 2.3.1 ist für diejenigen Bins zu ermitteln, welche eine Aussentemperatur unter der Raumtemperatur aufweisen.

In Abweichung zur Norm 384/3 (Entwurf 25.10.11) wurde die Maximale Temperaturdifferenz auf $(T_i - T_{a,min})$ begrenzt. Dadurch ergibt sich eine leicht höhere Heizleistung als durch die Berechnung gemäss Normenentwurf.

Aus dieser Formel ergibt sich auch die Begrenzung der Transmissionsverluste der einzelnen Bins auf

$$\Phi_{H,max} \cdot t_B$$

Damit wird die notwendige Heizleistung bei extrem tiefen Aussentemperaturen etwas „gedämpft“. Auf diese Weise kann die Speicherfähigkeit des Gebäudes berücksichtigt werden.

8.2.2 Heizwärmebedarf der einzelnen Bins

Folgende Eingabegrößen dienen als Basis für die Berechnung des Heizwärmebedarfs der einzelnen Bins:

- Auswahl einer von 32 Bin-Datensätzen (basierend auf Stundenwerten der Aussentemperaturen der Wetterdatensätze nach SIA 2028 der gewählten Meteorstation).
- Eingabe der Transmissionsverluste (gemäss Berechnung nach SIA 380/1)
- Eingabe der Lüftungsverluste (gemäss Berechnung nach SIA 380/1)
- Eingabe des Heizwärmebedarfs (gemäss Berechnung nach SIA 380/1)

Aus den obenstehenden Eingabegrößen wird der Heizwärmebedarf der einzelnen Bins wie untenstehend berechnet:

Gesamtverlust des Bins ist:

$$Q_{tot,i} = t_B \cdot \Phi_{H,i} \cdot 3.6 \text{ MJ / kWh} \quad (\text{Gl. 8.2})$$

t_B Bin - Dauer in h

$\Phi_{H,i}$ Heizwärmeleistungsbedarf des Bins, in kW

wobei:

$$\Phi_{H,i} = \Phi_{H,max} \cdot \frac{\min[(T_i - T_{a,i})(T_i - T_{a,min})]}{T_i - T_{a,min}} \quad (\text{Gl. 8.3})$$

$\Phi_{H,max}$ maximale Heizwärmeleistungsbedarf in kW (Gl. 2.3.1)

T_i Raumtemperatur

$T_{a,i}$ Bin - Aussentemperatur

$T_{a,min}$ Norm – Auslegungs-Aussentemperatur

Formel gilt für alle Bins die kleiner Raumtemperatur sind

Gleichmässig anfallende genutzte Wärmeeinträge des Bins sind:

$$Q_{ug,ev} = \min\left[t_B \cdot \Phi_{g,ev} \cdot A_E \cdot 3.6 \text{ MJ} / \text{kWh}, Q_{tot,i} \right] \quad (\text{Gl. 8.4})$$

$Q_{ug,ev}$ gleichmässig anfallende, genutzten Wärmeeinträge des Bins

t_B Dauer des Bins i , in h

$\Phi_{g,ev}$ gleichmässig anfallenden, internen Wärmeeinträge in [kWh/m²]

A_E Energiebezugsfläche in m²

$Q_{tot,i}$ Gesamtverlust des Bins

Wobei $\Phi_{g,ev}$ die folgenden Werte hat:

Gebäudekategorie gemäss SIA 380/1	Leistung der gleichmässig anfallenden internen Wärmeeinträge $\Phi_{g,ev}$
Wohnen MFH	$3,1 \cdot 10^{-3}$ kW/m ²
Wohnen EFH	$2,4 \cdot 10^{-3}$ kW/m ²
Verwaltung	$3,3 \cdot 10^{-3}$ kW/m ²
Schulen	$2,3 \cdot 10^{-3}$ kW/m ²
Spitäler	$4,0 \cdot 10^{-3}$ kW/m ²

Die Gesamtsumme der gleichmässig anfallenden genutzten Wärmeeinträge ist dann:

$$Q_{ug,ev} = \sum Q_{ug,ev,i} \quad (\text{Gl. 8.5})$$

Ungleichmässig anfallende genutzte Wärmeeinträge

Die Summe der ungleichmässig anfallenden Einträge berechnet sich folgendermassen:

$$Q_{ug,ue} = Q_{tot} - Q_H - Q_{ug,ev} \quad (\text{Gl. 8.6})$$

$Q_{ug,ue}$ genutzte ungleichmässig anfallende Wärmeeinträge

Q_{tot} Gesamtverlust

Q_H Heizwärmebedarf

$Q_{ug, ev}$ genutzte gleichmässig anfallende Wärmeeinträge

Die ungleichmässig anfallenden Wärmeeinträge sollen nun mit konstanter Leistung auf die einzelnen Bins verteilt werden.

Die in der Norm angegebene Berechnung der Leistung wurde für die Berechnung JAZcalc als nicht geeignet erachtet, da sie nur eine Schätzung der Leistung ist und bei der konkreten Verteilung Bilanzfehler entstehen.

Für die Verteilung von $Q_{ug,ue}$ auf die einzelnen Bins wurde deshalb ein Iteratives Verfahren in drei Schritten entwickelt. Dieses Verfahren führt zu einer ausgeglichenen Bilanz in der $Q_{ug,ue} = \sum Q_{ug,ue,i}$ ist.

Schritt 1:

Bestimmen der Bin-Dauer t_B in denen nach Abzug von $Q_{ug, ev, i}$ noch ein Wärmebedarf vorhanden ist:

$$t_{ug, ue1} = \sum t_{B, i} \quad \text{für alle } t_{B, i} \text{ in denen } (Q_{tot, i} - Q_{ug, ev, i} > 0) \text{ ist} \quad (\text{Gl. 8.7})$$

Daraus lässt sich eine erste Leistung für die ungleichmässig anfallenden Wärmeeinträge wie folgt bestimmen:

$$\Phi_{g, ue1} = \frac{Q_{ug, ue}}{t_{ug, ue1}} \cdot \frac{1}{3.6 \text{ MJ / kWh}} \quad (\text{Gl. 8.8})$$

Die Wärmeeinträge werden dann mit dieser Leistung auf die Bins folgendermassen verteilt:

$$Q_{ug, ue1, i} = \min [t_{B, i} \cdot \Phi_{g, ue1} \cdot 3.6 \text{ MJ / kWh}, (Q_{tot, i} - Q_{ug, ev, i})] \quad (\text{Gl. 8.9})$$

Somit ist die Summe aller ungleichmässiger Wärmeeinträge nach Schritt 1:

$$Q_{ug, ue1} = \sum Q_{ug, ue1, i} \quad (\text{Gl. 8.10})$$

$Q_{tot, i}$	Gesamtverlust im Bin
$Q_{ug, ev, i}$	genutzte gleichmässig anfallende Wärmeeinträge im Bin
t_B	Dauer des Bins i , in h
$t_{ug, ue1}$	gesamte Bin-Dauer, in h, in denen nach Abzug der gleichmässig anfallenden Einträge noch ein Wärmebedarf vorhanden ist.
$\Phi_{g, ue1}$	Leistung der ungleichmässig anfallenden, internen Wärmeeinträge in kW/m ² für Schritt 1
$Q_{ug, ue1, i}$	genutzte ungleichmässig anfallende Wärmeeinträge im Bin für Schritt 1
$Q_{ug, ue1}$	genutzte ungleichmässig anfallende Wärmeeinträge nach Berechnung Schritt 1

Schritt 2

Nach Schritt 1 Besteht in der Regel noch eine Bilanzdifferenz von $Q_{ug, ue1}$ zu $Q_{ug, ev}$

$$Q_{ug, ue2} = Q_{ug, ev} - Q_{ug, ue1} \quad (\text{Gl. 8.11})$$

Für die Verteilung von $Q_{ug, ue2}$ auf die Bins, die noch einen Wärmebedarf aufweisen wird analog Schritt 1 verfahren.

Schritt 3

Nach Schritt 2 besteht allenfalls noch eine kleine Bilanzdifferenz

$$Q_{ug,ue3} = Q_{ug,ev} - Q_{ug,ue1} - Q_{ug,ue2} \quad (\text{Gl. 8.12})$$

Diese wird dann gleichmässig auf die zehn wärmsten Bins, die noch einen Wärmebedarf aufweisen verteilt.

Nach Schritt 3 ist in der Regel die Bilanz ausgeglichen oder es entsteht eine vernachlässigbare Bilanzdifferenz.

Bildung der Bin - Werte für den Heizenergiebedarf

Aus den obenstehenden Berechnung werden die Daten des Heizwärmebedarfs im Bin wie folgt berechnet:

Effektiv notwendige Heizwärmeleistung im Bin:

Die effektiv notwendige Heizwärmeleistung wird von der Heizwärmeleistung im Bin um die **Leistung der regelmässig anfallenden Wärmeeinträge reduziert**.

$$\Phi_{Heff,i} = \max[\Phi_{H,i} - \Phi_{g,ev}; 0] \quad (\text{Gl. 8.13})$$

$\Phi_{H,i}$ Heizwärmeleistung des Bins, in kW

$\Phi_{Heff,i}$ Effektiv notwendige Heizwärmeleistung des Bins, in kW

$\Phi_{g,ev}$ Leistung der regelmässigen Wärmeeinträge des Bins, in kW

Effektive Heizdauer im Bin:

Die effektive Dauer des Heizens im Bin wird gemäss der unregelmässig anfallenden Wärmeeinträge verkürzt

$$t_{Heiz,i} = t_{B,i} - \frac{Q_{ug,ue,i}}{\Phi_{Heff,i}} \quad (\text{Gl. 8.14})$$

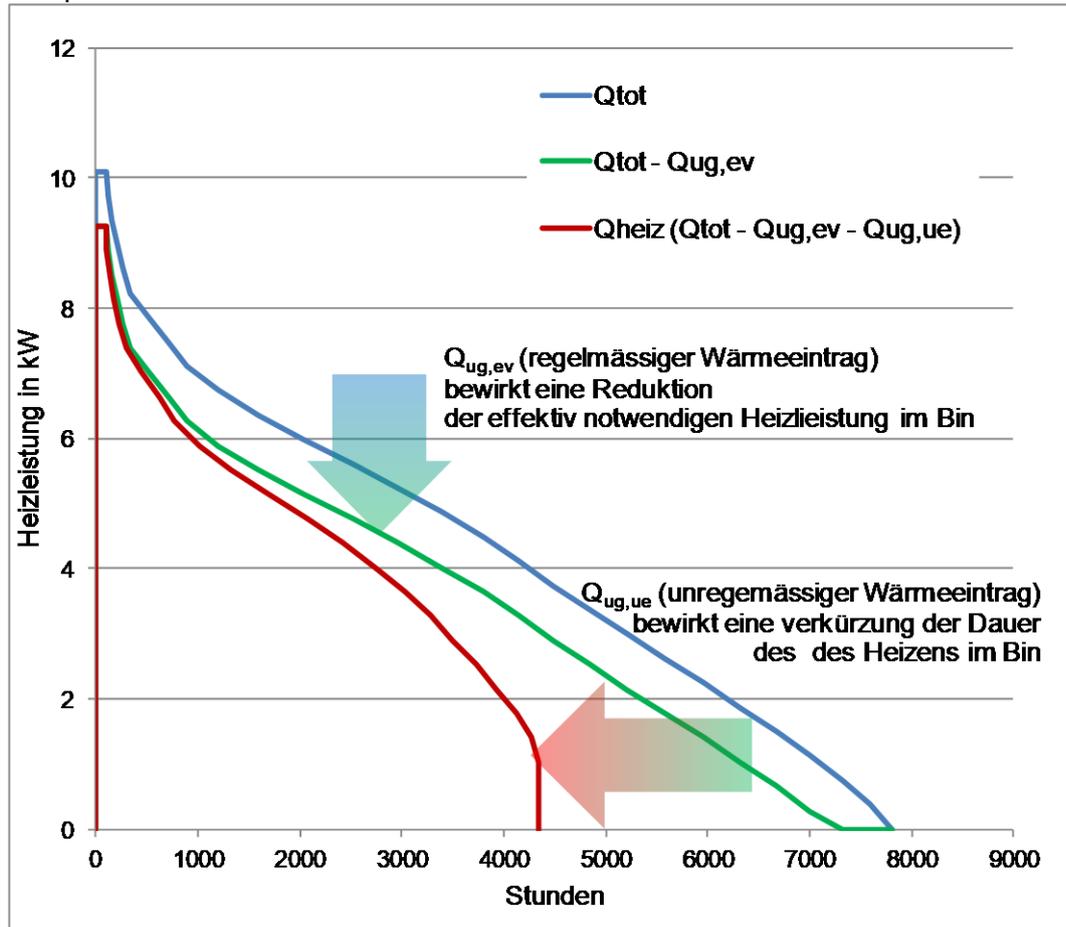
$t_{B,i}$ Bin-Dauer, in h

$t_{Heiz,i}$ Effektive Heizdauer im Bin, in h

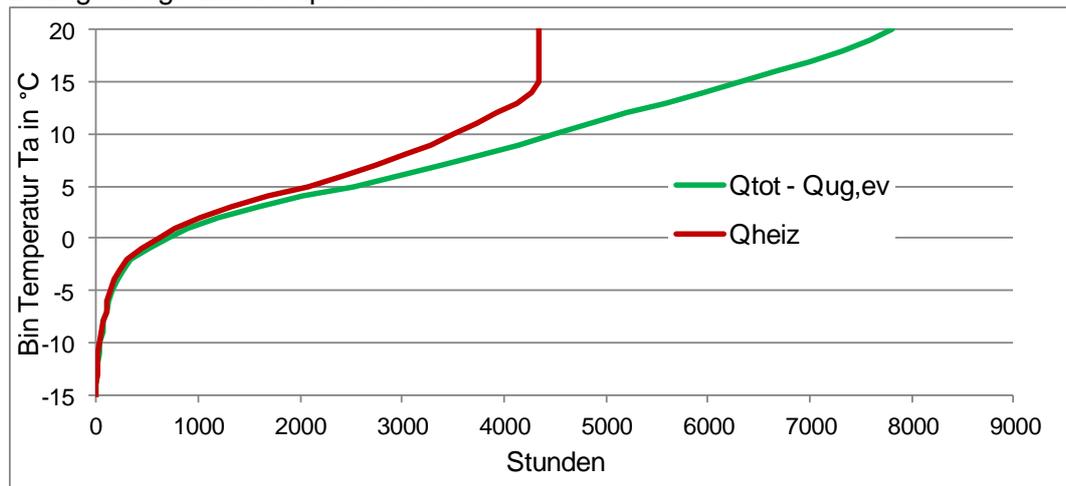
$Q_{ug,ue,i}$ genutzte ungleichmässig anfallende Wärmeeinträge im Bin

$\Phi_{Heff,i}$ Effektiv notwendige Heizwärmeleistung des Bins, in kW

Beispiel des berechneten Heizwärmebedarfs



Dazugehörige Bin Temperaturen



8.3 Nutzungskategorien

8.3.1 Nutzungskategorien in WPEsti

In JAZcalc sind die folgenden Nutzungs-Kategorien nach SIA 380/1 hinterlegt:

Kategorie:	1		
Grenzwerte	H _{g0}	ΔH _g	Q _{ww}
	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²
MFH	80	90	75
EFH	90	90	50
Verwaltung	75	90	25
Schule	90	90	25
Verkauf	60	90	25
Rest.	95	90	200
Vers.	105	90	50
Spitäler	100	100	100
Industrie	75	80	25
Lager	80	80	5
Sportbau	95	80	300
Hallenb.	70	130	300

Die Grenzwerte H_{g0} und ΔH_g werden zur Zeit nicht verwendet. Q_{ww} wird als Grundlage für die Berechnung des Warmwasserbedarfs verwendet (Gl. 5.1), wobei die Speicher- und Verteilverluste zu Q_{ww} addiert werden.

8.3.2 Nutzungskategorien in JAZcalc

In der österreichischen Version JAZcalc wird den nationalen Normen (OIB Richtlinie 6) Rechnung getragen und der Warmwasserbedarf wie folgt festgelegt:

Warmwasserbedarf nach OIB Richtlinie 6		
Grenzwerte	Q _{ww} [MJ/m ²]	wwwb [Wh/m ² d]
Mehrfamilienhäuser	46.0	35
Einfamilienhäuser	46.0	35
Bürogebäude	23.0	17.5
Schulen	23.0	17.5
Verkauf	25.0	
Restaurant	200.0	
Versammlungslokale	50.0	
Krankenhäuser & Pflegeheime	92.0	70
Industrie	25.0	
Lager	5.0	
Sportbau	300.0	
Hallenbad	300.0	