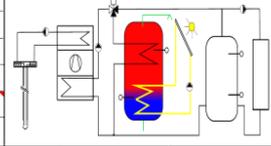


17. Mai 2017

Gebäudedaten			
Klimastation			Zürich SMA
Gebäudekategorie			MFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m^2	598
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	MJ/m^2a	97
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	MJ/m^2a	189
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	MJ/m^2a	53
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	5%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	3
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei $-8^\circ C$	Vorschlagswert:	12.4	kW
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{WW}	MJ/m^2a	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:	$^\circ C$		0
Rechenwerte bei $T_{VL}=35^\circ C$ (Q_h/COP):	$^\circ C$		20.2 kW / 4.5
Heizleistung bei Vorlauftemperatur $35^\circ C$	kW		20.2
COP bei Vorlauftemperatur $35^\circ C$	-		4.5
Heizleistung bei Vorlauftemperatur $55^\circ C$	kW		18.6
COP bei Vorlauftemperatur $55^\circ C$	-		2.9
Elektrische Leistungsaufnahme Solepumpe:		W	130
Erdwärmesonden:	Anzahl:	2	Länge: m
			180
Auslegungs-Sondentemperatur (optional, aus externer Berechnung in Beilage)		1.1	$^\circ C$
Grösse Heizungsspeicher			Liter
			1000
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)	$T_{i,soll}$	$^\circ C$	24
Vorlauftemperatur der Heizung: ($T_a = -8^\circ C$)	T VL	$^\circ C$	35
Rücklauftemperatur der Heizung: ($T_a = -8^\circ C$)	T R/L	$^\circ C$	28
Differenz Speichertemperatur - Vorlauftemperatur Heizung	dT Speicher	$^\circ C$	0

Rechenmethode WPEsti

Handbuch mit Beispielen Version 8.1

Arthur Huber, dipl. Ing. ETH, Martin Stalder, dipl. Ing. FH

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Kurzbeschrieb	5
1.2	Zielsetzung	5
1.3	Änderungen gegenüber Version 2.0	6
1.4	Programmanforderungen	6
2	Anwendung: Dateneingabe	7
2.1	Blatt "WP"	7
2.2	Blatt "Spez"	9
2.3	Übertrag in MINERGIE-Antrag	10
3	Beispiele.....	11
3.1	Passiv-solares MINERGIE – REFH mit Erdsonden-WP	11
3.1.1	Kenndaten Gebäude aus der Berechnung SIA 380/1	11
3.1.2	Eingabe der Wärmepumpendaten aus der WP-Liste	12
3.1.3	Direkte Eingabe der Wärmepumpendaten	13
3.1.4	Eingabe der Wärmepumpendaten auf dem Blatt Spez.....	14
3.1.5	Resultat-Blatt.....	17
3.2	Passiv-solares MINERGIE – REFH mit Luft-Wasser-WP	18
3.2.1	Kenndaten Gebäude aus der Berechnung SIA 380/1	18
3.2.2	Eingabe der Wärmepumpendaten aus der WP-Liste	19
3.2.3	Direkte Eingabe der Wärmepumpendaten	20
3.2.4	Eingabe der Wärmepumpendaten auf dem Blatt Spez.....	21
3.2.5	Resultat-Blatt.....	23
3.3	Luft-Wasser-WP mit solarer Heizungsunterstützung.....	24
3.3.1	Kenndaten Gebäude aus der Berechnung SIA 380/1	24
3.3.2	Eingabe der Wärmepumpendaten aus der WP-Liste	25
3.3.3	Resultat-Blatt.....	26
3.4	Abluft-Wärmepumpe	27
3.4.1	Kenndaten Gebäude aus der Berechnung SIA 380/1	27
3.4.2	Eingabe der Wärmepumpendaten auf dem Blatt Spez.....	28
3.4.3	Resultat-Blatt.....	29
3.4.4	Eingabe der Wärmepumpendaten mit extrapolierten Werten	30
3.5	Verwaltungsgebäude mit Grundwasser-Wärmepumpe	32
3.5.1	Kenndaten Gebäude aus der Berechnung SIA 380/1	32
3.5.2	Direkte Eingabe der Wärmepumpendaten	33
3.5.3	Eingabe der Wärmepumpendaten auf dem Blatt Spez.....	34
3.5.4	Resultat-Blatt.....	36

4	Nachweise mit WPesti.....	37
4.1	Elektrische Notheizungen.....	37
4.2	JAZ inkl. Elektro-Heizstäbe.....	37
5	Modellbeschreibung	38
5.1	Wärmepumpensysteme	38
5.2	Heizwärmeleistung und Heizwärmebedarf.....	40
5.2.1	Bin-Methode gemäss SIA 384/3 Entwurf 25.10.11	40
5.2.2	Heizwärmeleistung	40
5.3	Vorlauftemperaturen der Wärmepumpen	41
5.3.1	Vorlauftemperaturen bei Luft-Wasser-Wärmepumpen	41
5.3.2	Vorlauftemperaturen bei Sole-Wasser-Wärmepumpen	41
5.4	Warmwasser	42
5.4.1	Leistungsbedarf Warmwasser	42
5.4.2	Leistungsbedarf Warmwasser	42
5.4.3	Begleitheizbänder und Warmwasser-Zirkulation.....	42
5.4.4	Legionellenschaltungen.....	42
5.5	Heizungs-Speichermodelle.....	43
5.5.1	Grundsätzliche Überlegungen	43
5.5.2	Kombispeicher.....	43
5.5.3	Heizungs-Speicherverluste.....	44
5.6	Dezentrale Warmwasser - Wärmepumpe.....	45
5.7	Verluste	46
5.7.1	Verluste Wärmeerzeugung.....	46
5.7.2	Verluste Warmwassererzeugung	46
5.8	Definition der Arbeitszahlen JAZ.....	47
5.8.1	Berechnung der JAZ in WPesti	47
5.8.2	Berechnung der JAZ in JAZcalc (ohne Solaranlage)	47
5.8.3	Berechnung der JAZ in JAZcalc (mit Solaranlage)	47
5.9	Modell für die Erdsonden-Wärmepumpen	48
5.9.1	Erdsonden Quellentemperatur.....	48
5.9.2	Berechnung des COP mit konstantem Gütegrad.....	48
5.9.3	Quellen- und Sondenpumpen.....	49
5.10	Modelle für die Luft-Wasser Wärmepumpen	50
5.10.1	Umrechnung mit konstantem Gütegrad.....	50
5.10.2	Für Luft-Wasser WP benötigte Messpunkte	50
5.10.3	Ermittlung der fehlenden Stützpunkte.....	51
5.10.4	Berechnung des konkreten Betriebspunkts der Anlage	52
5.10.5	Betriebspunkte für individuelle WP-Kennlinien im Blatt Spez.....	53
5.11	Hilfsenergie-Modelle bei Eingaben auf Blatt „Spez“	54
5.11.1	Quellenpumpe	55
5.11.2	Verdampferpumpe.....	56
5.11.3	Kondensatorpumpe	56

6	Symboltabelle	57
6.1	Lateinische Symbole	57
6.2	Griechische Symbole.....	58
6.3	Indizes.....	58
7	Referenzen und weiterführende Literatur	59
8	Anhang.....	60
8.1	Bin-Methode	60
8.2	Berechnung des Lastverlaufs	61
8.2.1	Heizwärmeleistungsbedarf	61
8.2.2	Heizwärmebedarf der einzelnen Bins	62
8.3	Nutzungskategorien	67
8.3.1	Nutzungskategorien in WPesti	67
8.3.2	Nutzungskategorien in JAZcalc	67

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 WPesti (WP für Wärmepumpen und esti für estimation [Schätzung]). Es werden damit die JAZ und der Deckungsgrad der Wärmepumpe ermittelt.

In der vorliegenden Version V8.1 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 WPesti 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 WPEsti 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. Zuerst auf diesem Blatt ist die Resultatausgabe.

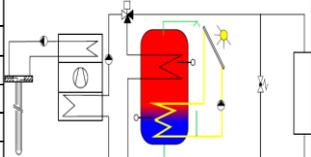
Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPesti

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: (Ta = -8°C)	ausfüllen ->	T VL	°C		
Rücklauftemperatur der Heizung: (Ta = -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 WPesti 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	Azimet [°]:		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, Azimet 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

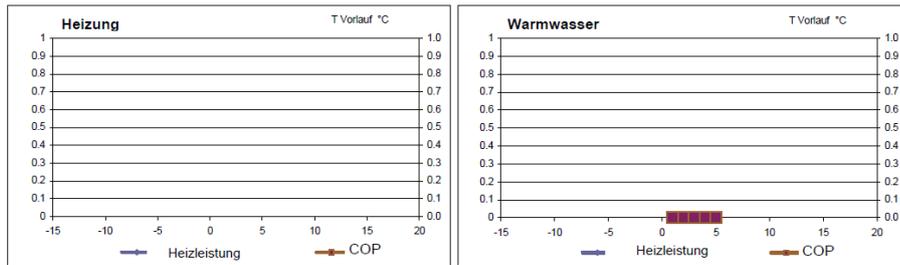
WPesti / V 8.0.1 / 07.12.2012
gültig bis 31.12.2013

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

5

5.1

5.2



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				

5.3

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 WPesti können direkt in den MINERGIE-Antrag übertragen werden.

WPesti 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 JAZ _{h+ww} :			3.53

MINERGIE-Antrag Blatt "Produktion":

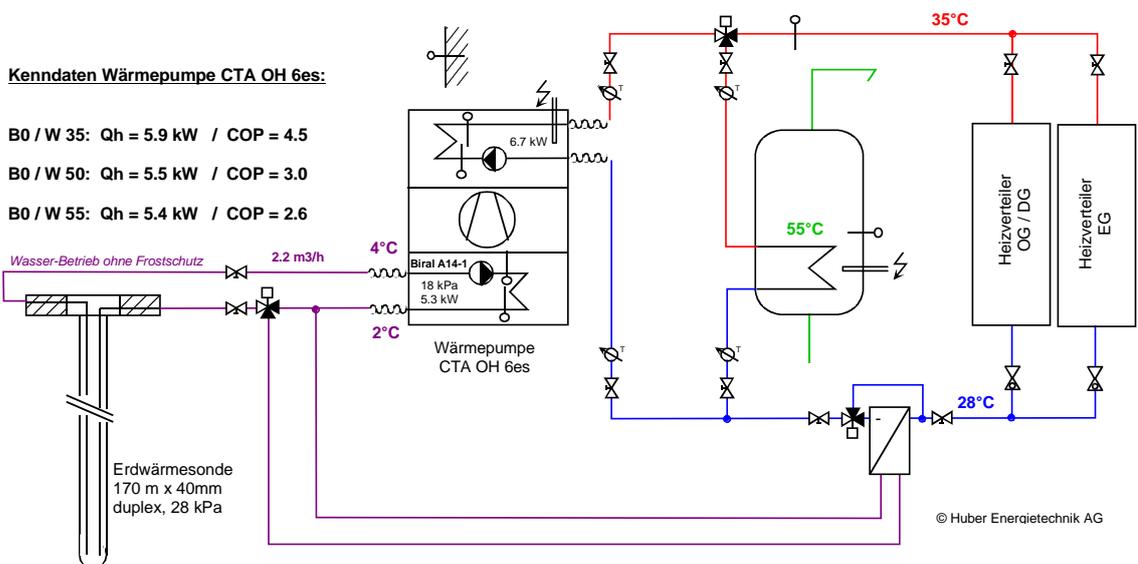
P 1	Wärmeerzeugung A				Deckungsgrad [%]	
	Wärmepumpe, Erdwärmesonde, nur Heizung					
P 2	Beschreibung der Anlage (Marke, Typ etc.)				Heizung	Warmwasser
P 3	Jahresarbeitszahl aus Standardwert	-		3.1		
P 4	Jahresarbeitszahl berechnet (Beilage)	-		4.47		
P 5	Jahresarbeitszahl gewählt	-		4.47		
P 6	Mittl. 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				Deckungsgrad [%]	
	Wärmepumpe, Erdwärmesonde, nur Warmwasser					
	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				Deckungsgrad [%]	
	Elektro-Wassererwärmer					
	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 – REFH¹ mit Erdsonden-WP

3.1.1 Kenndaten Gebäude aus der Berechnung SIA 380/1

Standort	Meisterschwanden (AG)
Energiebezugsfläche EBF (A_E)	225 m ²
Heizwärmebedarf mit Standard - Luftwechsel Q_h :	170 MJ/m ²
Heizwärmebedarf mit effektivem Luftwechsel $Q_{h,eff}$:	136 MJ/m ²
Transmissionswärmeverluste Q_T	294 MJ/m ²
Lüftungswärmeverluste Q_V mit Standard-Luftwechsel	80 MJ/m ²
effektive Lüftungswärmeverluste Q_V mit Wärmerückgewinnung (WRG)	35 MJ/m ²
Sperrzeit Wärmepumpe pro Tag (im Auslegungsfall)	keine



¹ Quelle: Architekturbüro FISCHER + ROHNER, dipl. Architekten ETH, 5616 Meisterschwanden

3.1.2 Eingabe der Wärmepumpendaten aus der WP-Liste

Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPEsti

WPEsti / V 8.1.0 / 31.03.2014
gültig bis 31.12.2015

Projekt:

Kurs WPEsti: Beispiel Nr. 1, REFH Meisterschwanden, Eingabe mit Auswah Wärmepumpe aus WP-Liste

Gebäudedaten			
Klimastation			Buchs-Aarau
Gebäudekategorie			EFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m^2	225
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	MJ/m2a	136
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	MJ/m2a	294
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	MJ/m2a	35
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	2%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	0
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -7°C	Vorschlagswert: 6.0	kW	
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	MJ/m2a	60.0
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	20%

Wärmepumpen-Anlage		WP-Liste	Hersteller:	CTA	
Name und Typ der Wärmepumpe:			Typ:	S/W Optiheat 1-6es	
Wärmequelle:				Erdsonden-Wärmepumpe einstufig	
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):					Heizung + Warmwasser
Heizungsspeicher					ohne 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			5.9kW / 4.5	
Elektrische Leistungsaufnahme Solepumpe:			W	75	
Erdwärmesonden:	Anzahl:	1	Länge:	m	
Auslegungs-Sondentemperatur (optional, aus externer Berechnung in Beilage)			4.0	°C	
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)			$T_{i,soll}$	°C	
Vorlauftemperatur der Heizung: ($T_a = -8^\circ C$)			T VL	°C	
Rücklauftemperatur der Heizung: ($T_a = -8^\circ C$)			T RL	°C	
elektrische Zusatzheizung Warmwasser:			wöchentliche Legionellenschaltung		
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:			°C	55	
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband		Nicht vorhanden			
Solaranlage			Keine Solaranlage		

Resultate				
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	0.2%	kWh =	19
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	1.6%	kWh =	62
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		4%	$E_{tah} =$	96%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	$E_{taw} =$	94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a	2'046
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	99.8%	JAZ _n =	5.01
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	98.4%	JAZ _{ww} =	2.64
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		-	3.95

3.1.3 Direkte Eingabe der Wärmepumpendaten

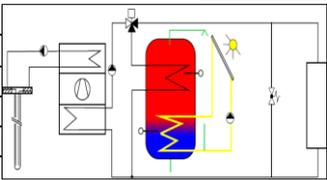
Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPEsti

WPEsti / V 8.1.0 / 31.03.2014
gültig bis 31.12.2015

Projekt:

Kurs WPEsti: Beispiel Nr. 1, REFH Meisterschwanden, Eingabe auf Blatt WP

Gebäudedaten			
Klimastation			Buchs-Aarau
Gebäudekategorie			EFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m ²	225
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	MJ/m2a	136
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	MJ/m2a	294
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	MJ/m2a	35
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	2%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	0
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -7°C	Vorschlagswert: 6.0	kW	
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	MJ/m2a	60.0
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	20%

Wärmepumpen-Anlage		CTA OH 6es	Angaben unten		
Name und Typ der Wärmepumpe:					
Wärmequelle:					Erdsonden-Wärmepumpe einstufig
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):					Heizung + Warmwasser
Heizungsspeicher					ohne 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				5.9kW / 4.5
Heizleistung bei Vorlauftemperatur 35°C	kW				5.9
COP bei Vorlauftemperatur 35°C	-				4.5
Heizleistung bei Vorlauftemperatur 55°C	kW				5.4
COP bei Vorlauftemperatur 55°C	-				2.6
Elektrische Leistungsaufnahme Solepumpe:				W	75
Erdwärmesonden:	Anzahl:	1	Länge:	m	170
Auslegungs-Sondentemperatur (optional, aus externer Berechnung in Beilage)			4.0	°C	4
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)			$T_{i,soll}$	°C	21
Vorlauftemperatur der Heizung: ($T_a = -8°C$)			T_{VL}	°C	35
Rücklauftemperatur der Heizung: ($T_a = -8°C$)			T_{RL}	°C	28
elektrische Zusatzheizung Warmwasser:			wöchentliche Legionellenschaltung		
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:				°C	55
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband			Nicht vorhanden		
Solaranlage			Keine Solaranlage		

Resultate					
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	0.2%	kWh =		19
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	1.6%	kWh =		62
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		4%	E _{tah} =		96%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	E _{taw} =		94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a		2'046
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	99.8%	JAZ _h =		5.01
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	98.4%	JAZ _{ww} =		2.64
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		-		3.95

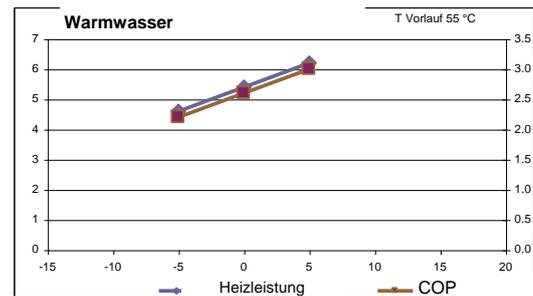
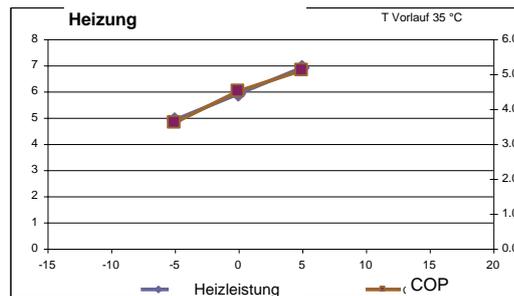
3.1.4 Eingabe der Wärmepumpendaten auf dem Blatt Spez

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).

WP, individuelle Spezifikationen

WPesti / V 8.1.0 / 31.03.2014
gültig bis 31.12.2015

Daten Wärmepumpe						
Name und Typ der Wärmepumpe:		CTA OH 6es				
Leistungsdaten der Wärmepumpe:		Pumpen:		Kondensator bereits in COP enthalten		Verdampfer bereits in COP enthalten
Eingabe in aufsteigender Reihenfolge nach Quellentemperatur						
Heizung	T Vorlauf	Quellentemp.	°C	-5	0	5
	°C	Heizleistung	kW	4.9	5.9	6.9
	T Vorlauf 35 °C	COP	-	3.6	4.5	5.1
Warmwasser	T Vorlauf	Quellentemp.	°C	-5	0	5
	°C	Heizleistung	kW	4.6	5.4	6.2
	T Vorlauf 55 °C	COP	-	2.2	2.6	3

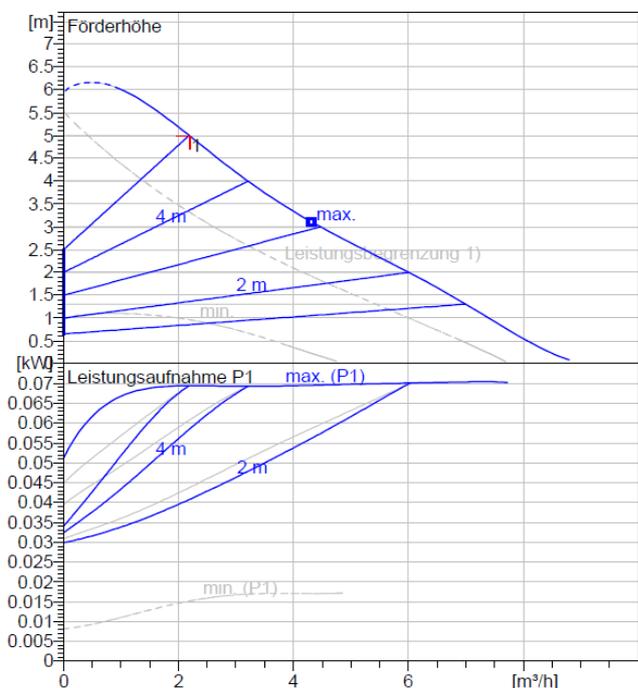
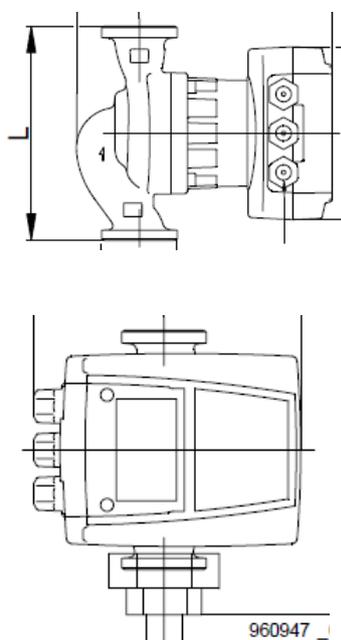


Quellenpumpe 1			
Name und Typ der Pumpe		Sondenpumpe Biral A 14-1	
Stromaufnahme Pumpe bei Vollast	Rechenwert:	75	W
dynamischer Druckabfall bei Vollast			kPa
Durchsatz bei Vollast			m³/h
Geodätische Höhe			m
Betriebsart	Nur Betrieb bei WP ein		
Regelung	einstufig		

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 .

Sonden-Umwälzpumpe Biral A14-1 als Quellenpumpe1:



Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPEsti

WPEsti / V 8.1.0 / 31.03.2014
gültig bis 31.12.2015

Projekt:

Kurs WPEsti: Beispiel Nr. 1, REFH Meisterschwanden, Eingabe auf Blatt Spez

Weitere Angaben auf Zusatzblatt 'Spez'

Gebäudedaten

Klimastation			Buchs-Aarau
Gebäudekategorie			EFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m ²	225
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	MJ/m2a	136
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	MJ/m2a	294
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	MJ/m2a	35
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	2%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	0
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -7°C	Vorschlagswert: 6.0	kW	
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	MJ/m2a	60.0
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	20%

Wärmepumpen-Anlage

Name und Typ der Wärmepumpe:		Eingabe in "Spez"		
Wärmequelle:		Erdsonden-Wärmepumpe einstufig		
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):		Heizung + Warmwasser		
Heizungsspeicher		ohne 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			5.9kW / 4.5
Elektrische Leistungsaufnahme Solepumpe:		W		75
Erdwärmesonden:	Anzahl:	1	Länge:	m
Auslegungs-Sondentemperatur (optional, aus externer Berechnung in Beilage)		4.0	°C	4
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)		T _{i,soll}	°C	21
Vorlauftemperatur der Heizung: (T _a = -8°C)		T _{VL}	°C	35
Rücklauftemperatur der Heizung: (T _a = -8°C)		T _{RL}	°C	28
elektrische Zusatzheizung Warmwasser:		wöchentliche Legionellenschaltung		
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:			°C	55
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband		Nicht vorhanden		
Solaranlage		Keine Solaranlage		

Resultate

Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	0.2%	kWh =	19
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	1.6%	kWh =	62
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		4%	Etah =	96%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etaw =	94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a	2'046
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	99.8%	JAZ _n =	5.01
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	98.4%	JAZ _{ww} =	2.64
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		-	3.95

3.1.5 Resultat-Blatt

Berechnung Lastkurve

WPesti / V 8.1.0 / 31.03.2014 gültig bis 31.12.2015

Kurs WPesti: Beispiel Nr. 1, REFH Meisterschwanden, Eingabe mit Auswah Wärmep

Klima und Lastprofil:

Wetterstation:	Buchs-Aarau
Heizwärmebedarf:	8'500 kWh
freie Wärme:	12'063 kWh
"Solaranteil:"	59%
Bedarf WW:	0.43 kW
Laufzeit WP:	2'046 h/a
Strombedarf WP	3'125 kWh

Energiebedarf:

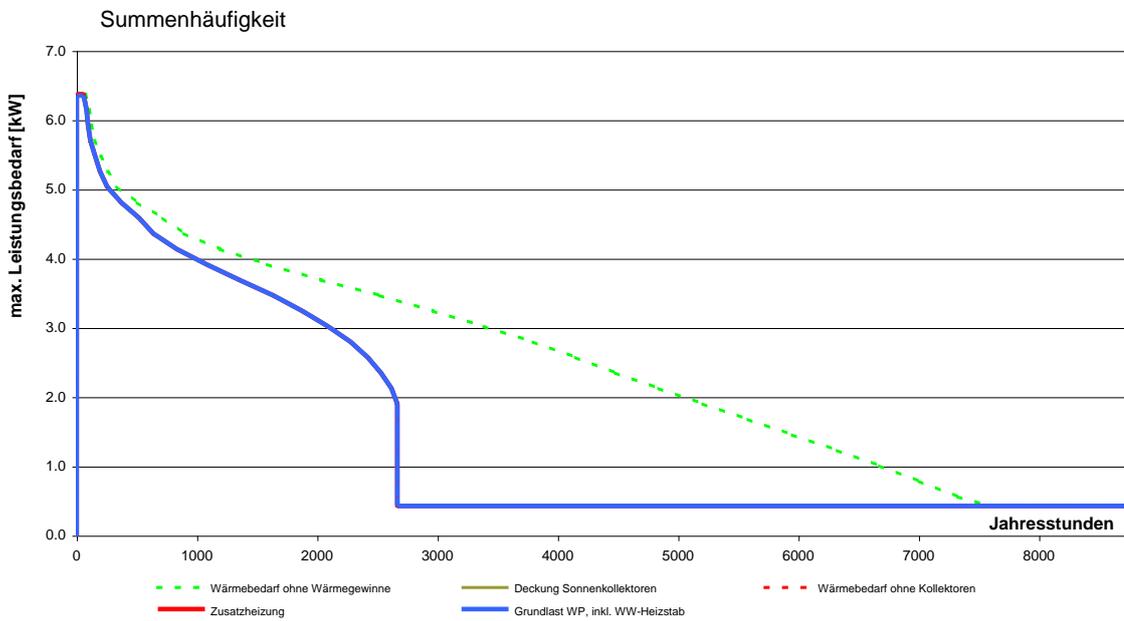
Heizwärmebedarf:	8'500 kWh
Verteilung Heizung:	170 kWh
Warmwasserbedarf:	3'125 kWh
Verteilung WW:	625 kWh
Bedarf total:	12'420 kWh

Bedarfsdeckung und Arbeitszahlen:

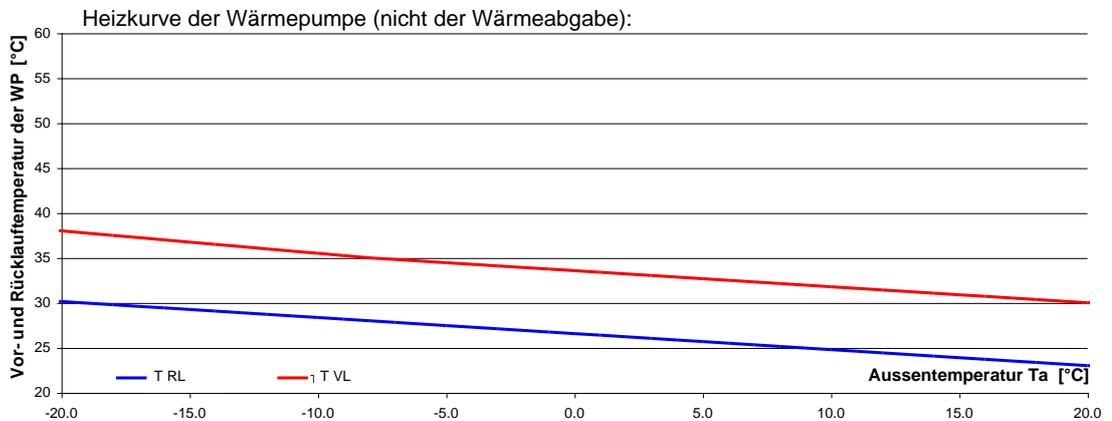
Deckungsgrad solar (Heizung)	0.0%
Deckungsgrad solar (WW)	0.0%
Deckungsgrad WP (Heizung)	99.8%
Deckungsgrad WP (WW)	98.4%
JAZ Wärmepumpe (Heizung)	5.01
JAZ Wärmepumpe (WW)	2.64

Heizleistungsbedarf (ohne WW)

Vorschlag bei -7°C	6.0 kW
Rechenwert bei -7°C	6.0 kW
Rechenwert bei -8°C:	6.3 kW



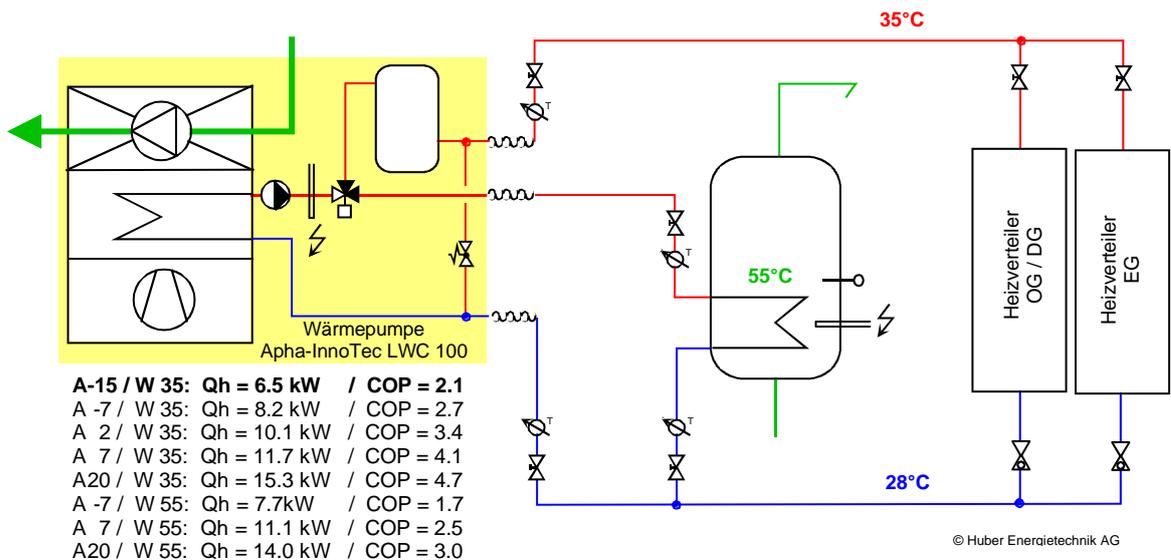
Abkürzungen: WP = Wärmepumpe; WW = Warmwasser; h = Wirkungsgrad; JAZ = Jahresarbeitszahl (ohne Zusatzheizung / ohne Heizstäbe)



3.2 Passiv-solares MINERGIE – REFH² mit Luft-Wasser-WP

3.2.1 Kenndaten Gebäude aus der Berechnung SIA 380/1

Standort	Meisterschwanden (AG)
Energiebezugsfläche EBF (A _E)	225 m ²
Heizwärmebedarf mit Standard - Luftwechsel Q _h :	170 MJ/m ²
Heizwärmebedarf mit effektivem Luftwechsel Q _{h,eff} :	136 MJ/m ²
Transmissionswärmeverluste Q _T	294 MJ/m ²
Lüftungswärmeverluste Q _V mit Standard-Luftwechsel	80 MJ/m ²
effektive Lüftungswärmeverluste Q _V mit Wärmerückgewinnung (WRG)	35 MJ/m ²
Sperrzeit Wärmepumpe pro Tag (im Auslegungsfall)	2 h



2 Quelle: Architekturbüro FISCHER + ROHNER, dipl. Architekten ETH, 5616 Meisterschwanden

3.2.2 Eingabe der Wärmepumpendaten aus der WP-Liste

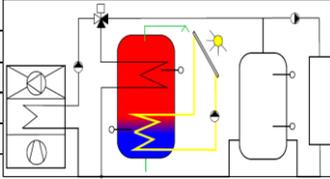
Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPesti

WPesti / V 8.1.0 / 31.03.2014
gültig bis 31.12.2015

Projekt:

Kurs WPesti: Beispiel Nr. 2, REFH Meisterschwanden, Luft-Wasser-WP, Eingabe mit Auswah Wärmepumpe aus WP-Liste

Gebäudedaten			
Klimastation			Buchs-Aarau
Gebäudekategorie			EFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m^2	225
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	$MJ/m2a$	136
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	$MJ/m2a$	294
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	$MJ/m2a$	35
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	2%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	2
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -7°C	Vorschlagswert: 6.0	kW	
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	$MJ/m2a$	60.0
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	20%

Wärmepumpen-Anlage		WP-Liste	Hersteller:	Alpha Innotec		
Name und Typ der Wärmepumpe:		Typ:	L/W 10,1kW LWC 100			
Wärmequelle:		Luft-Wasser - Wärmepumpe einstufig				
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	-15	-7	2	7	20
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):	°C	6.5kW / 2.1	8.2kW / 2.7	10.1kW / 3.4	11.7kW / 4.1	15.3kW / 4.7
Grösse Heizungsspeicher				Liter	80	
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)			$T_{i,soll}$	°C	21	
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:	wöchentliche Legionellenschaltung					
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:				°C	55	
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband	Nicht vorhanden					
Solaranlage	Keine Solaranlage					

Resultate					
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	0.3%	kWh =	25	
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	1.6%	kWh =	62	
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	1'327	
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	99.7%	JAZ _h =	3.18	
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	98.4%	JAZ _{ww} =	2.40	
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		-	2.90	

3.2.3 Direkte Eingabe der Wärmepumpendaten

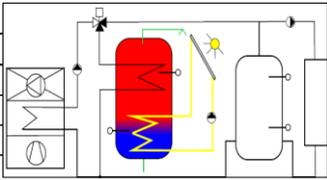
Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPesti

WPesti / V 8.1.0 / 31.03.2014
gültig bis 31.12.2015

Projekt:

Kurs WPesti: Beispiel Nr. 2, REFH Meisterschwanden, Luft-Wasser-WP, Eingabe auf Blatt WP

Gebäudedaten			
Klimastation			Buchs-Aarau
Gebäudekategorie			EFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m^2	225
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	MJ/m2a	136
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	MJ/m2a	294
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	MJ/m2a	35
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	2%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	2
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -7°C	Vorschlagswert: 6.0	kW	
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	MJ/m2a	60.0
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	20%

Wärmepumpen-Anlage		Alpha InnoTec LWC 100	Angaben unten			
Name und Typ der Wärmepumpe:			Luft-Wasser - 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	-15	-7	2	7	20
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):	°C	6.5kW / 2.1	8.2kW / 2.7	10.1kW / 3.4	11.7kW / 4.1	15.3kW / 4.7
Heizleistung bei Vorlauftemperatur 35°C	kW	6.5	8.2	10.1	11.7	15.3
COP bei Vorlauftemperatur 35°C	-	2.1	2.7	3.4	4.1	4.7
Heizleistung bei Vorlauftemperatur 55°C	kW		7.7		11.1	14
COP bei Vorlauftemperatur 55°C	-		1.7		2.5	3
Grösse Heizungsspeicher				Liter	80	
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)				Ti,soll	°C	21
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:			wöchentliche Legionellenschaltung			
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:					°C	55
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband		Nicht vorhanden				
Solaranlage			Keine Solaranlage			

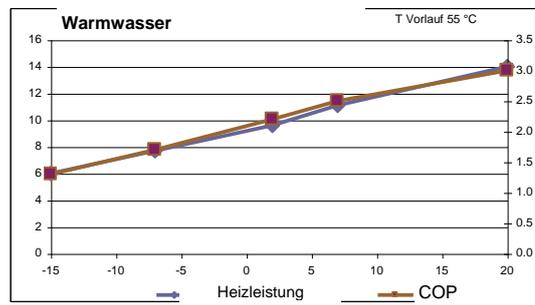
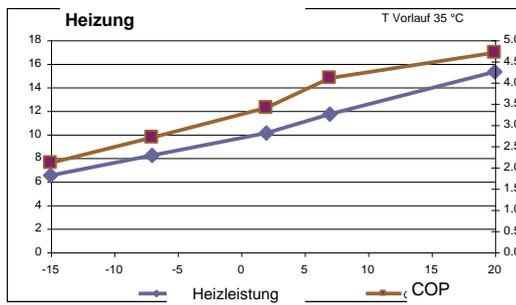
Resultate			
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	0.3%	kWh = 25
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	1.6%	kWh = 62
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etah = 94%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etaw = 94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a = 1'327
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	99.7%	JAZ _h = 3.18
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	98.4%	JAZ _{ww} = 2.40
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		- = 2.90

3.2.4 Eingabe der Wärmepumpendaten auf dem Blatt Spez

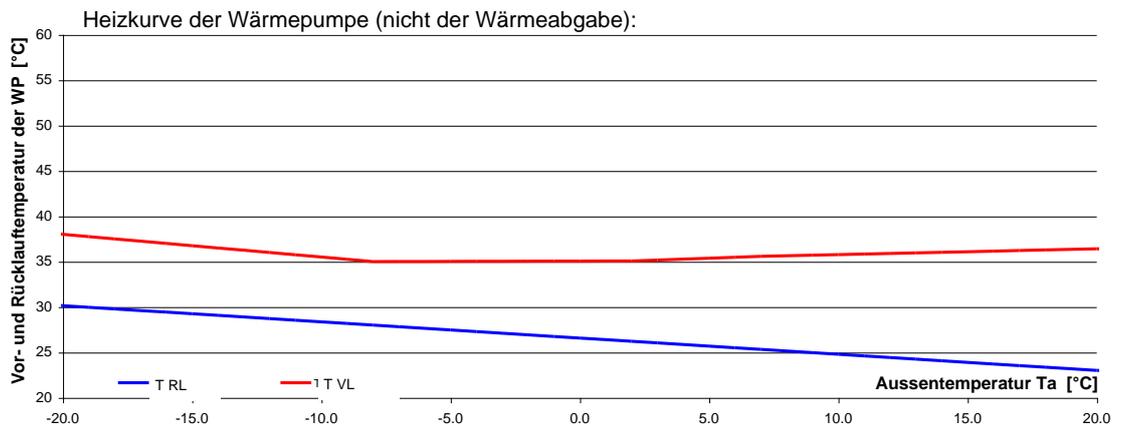
WP, individuelle Spezifikationen

WPestI / V 8.1.0 / 31.03.2014
gültig bis 31.12.2015

Daten Wärmepumpe								
Name und Typ der Wärmepumpe:		Lufe-Wasser-Wärmepumpe Alpha-InnoTec LWC 100						
Leistungsdaten der Wärmepumpe:		Pumpen:		Kondensator bereits in COP enthalten		Ventilator: bereits in COP enthalten		
Eingabe in aufsteigender Reihenfolge nach Quelltemperatur								
Heizung	T Vorlauf	Quellentemp.	°C	-15	-7	2	7	20
	°C	Heizleistung	kW	6.5	8.2	10.1	11.7	15.3
T Vorlauf 35 °C		COP	-	2.1	2.7	3.4	4.1	4.7
Warmwasser	T Vorlauf	Quellentemp.	°C	-15	-7	2	7	20
	°C	Heizleistung	kW	6	7.7	9.6	11.1	14
T Vorlauf 55 °C		COP	-	1.3	1.7	2.2	2.5	3



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



Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPEsti

WPEsti / V 8.1.0 / 31.03.2014
gültig bis 31.12.2015

Projekt:

Kurs WPEsti: Beispiel Nr. 2, REFH Meisterschwanden, Luft-Wasser-WP, Eingabe auf Blatt WP

Weitere Angaben auf Zusatzblatt 'Spez'

Gebäudedaten

Klimastation			Buchs-Aarau
Gebäudekategorie			EFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m ²	225
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	MJ/m2a	136
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	MJ/m2a	294
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	MJ/m2a	35
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	2%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	2
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -7°C	Vorschlagswert:	6.0	kW
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	MJ/m2a	60.0
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	20%

Wärmepumpen-Anlage

Name und Typ der Wärmepumpe:		Luft-Wasser - 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	-15	-7	2	7	20
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):	°C	6.5kW / 2.1	8.2kW / 2.7	10.1kW / 3.4	11.7kW / 4.1	15.3kW / 4.7
Grösse Heizungsspeicher				Liter	80	
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)		$T_{i,soll}$		°C	21	
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:		wöchentliche Legionellenschaltung				
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:				°C	55	
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband		Nicht vorhanden				
Solaranlage		Keine Solaranlage				

Resultate

Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	0.3%	kWh =	25
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	1.6%	kWh =	62
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	E _{ta} h =	94%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	E _{ta} w =	94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a	1'327
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	99.7%	JAZ _h =	3.18
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	98.4%	JAZ _{ww} =	2.40
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		-	2.90

3.2.5 Resultat-Blatt

Berechnung Lastkurve

WPesti / V 8.1.0 / 31.03.2014

gültig bis 31.12.2015

Kurs WPesti: Beispiel Nr. 2, REFH Meisterschwanden, Luft-Wasser-WP, Eingabe auf

Klima und Lastprofil:

Wetterstation:	Buchs-Aarau
Heizwärmebedarf:	8'500 kWh
freie Wärme:	12'063 kWh
"Solaranteil:"	59%
Bedarf WW:	0.43 kW
Laufzeit WP:	1'327 h/a
Strombedarf WP	4'257 kWh

Energiebedarf:

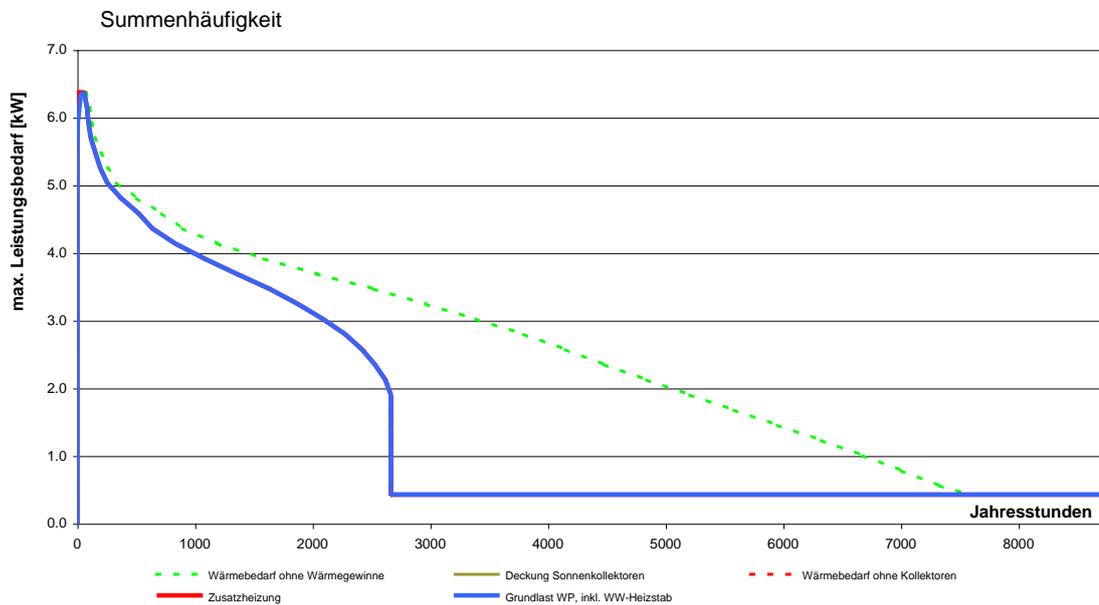
Heizwärmebedarf:	8'500 kWh
Verteilung Heizung:	170 kWh
Warmwasserbedarf:	3'125 kWh
Verteilung WW:	625 kWh
Bedarf total:	12'420 kWh

Bedarfsdeckung und Arbeitszahlen:

Deckungsgrad solar (Heizung)	0.0%
Deckungsgrad solar (WW)	0.0%
Deckungsgrad WP (Heizung)	99.7%
Deckungsgrad WP (WW)	98.4%
JAZ Wärmepumpe (Heizung)	3.18
JAZ Wärmepumpe (WW)	2.40

Heizleistungsbedarf (ohne WW)

Vorschlag bei -7°C	6.0 kW
Rechenwert bei -7°C	6.0 kW
Rechenwert bei -8°C:	6.3 kW

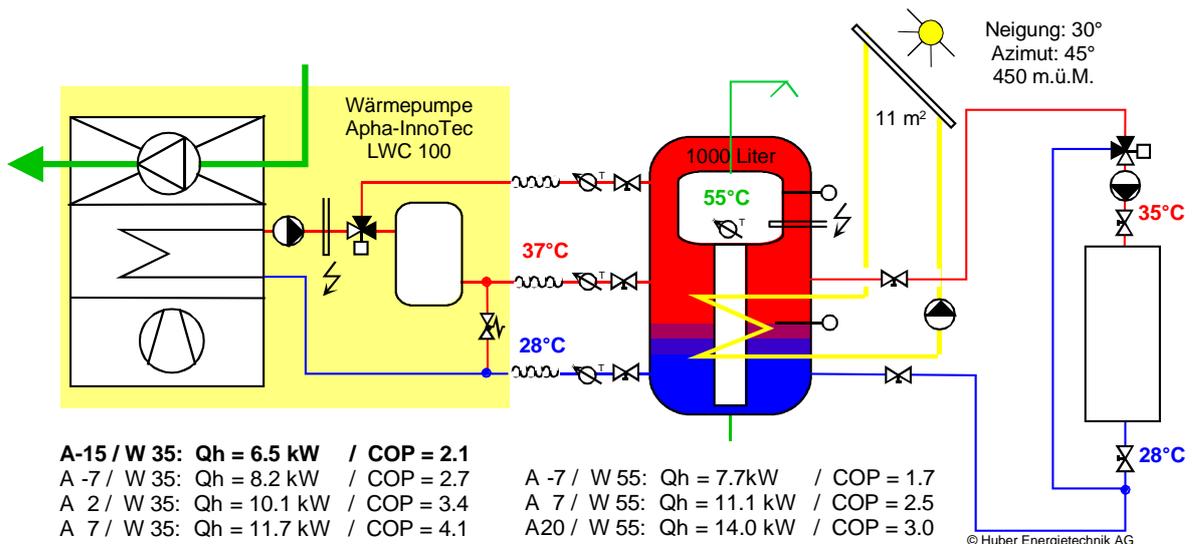
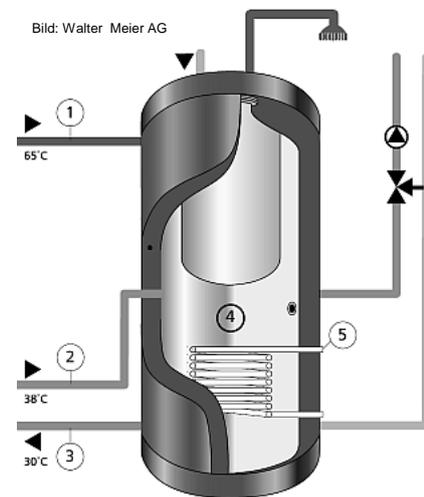


Abkürzungen: WP = Wärmepumpe; WW = Warmwasser; h = Wirkungsgrad; JAZ = Jahresarbeitszahl (ohne Zusatzheizung / ohne Heizstäbe)

3.3 Luft-Wasser-WP mit solarer Heizungsunterstützung

3.3.1 Kenndaten Gebäude aus der Berechnung SIA 380/1

Standort	Meisterschwanden (AG)
Energiebezugsfläche EBF (A_E)	225 m ²
Heizwärmebedarf mit Standard - Luftwechsel Q_h :	170 MJ/m ²
Heizwärmebedarf mit effektivem Luftwechsel $Q_{h,eff}$:	136 MJ/m ²
Transmissionswärmeverluste Q_T	294 MJ/m ²
Lüftungswärmeverluste Q_V mit Standard-Luftwechsel	80 MJ/m ²
effektive Lüftungswärmeverluste Q_V mit Wärmerückgewinnung (WRG)	35 MJ/m ²
Sperrzeit Wärmepumpe pro Tag (im Auslegungsfall)	2 h



3.3.2 Eingabe der Wärmepumpendaten aus der WP-Liste

Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPesti

WPesti / V 8.1.0 / 31.03.2014
gültig bis 31.12.2015

Projekt:

Kurs WPesti: Beispiel Nr. 2, REFH Meisterschwanden, Luft-Wasser-WP, Eingabe mit Auswah Wärmepumpe aus WP-Liste

Gebäudedaten			
Klimastation			Buchs-Aarau
Gebäudekategorie			EFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m^2	225
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	MJ/m2a	136
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	MJ/m2a	294
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	MJ/m2a	35
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	2%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	2
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -7°C	Vorschlagswert:	6.0	kW
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	MJ/m2a	60.0
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	20%

Wärmepumpen-Anlage		WP-Liste	Hersteller:	Alpha Innotec		
Name und Typ der Wärmepumpe:		Typ:	L/W 10,1kW LWC 100			
Wärmequelle:		Luft-Wasser - Wärmepumpe einstufig				
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):		Heizung + Warmwasser				
Heizungsspeicher		Kombispeicher, 1 WP-Rücklauf aus Speicher				
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:		mit elektrischer Notheizung				
Steuerung des Elektro-Heizeinsatzes	Elektro Durchlauferhitzer					
Quellentemperatur:	°C	-15	-7	2	7	20
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):	°C	6.5kW / 2.1	8.2kW / 2.7	10.1kW / 3.4	11.7kW / 4.1	15.3kW / 4.7
Grösse Heizungsspeicher				Liter	1000	
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)				$T_{i,soll}$	°C	21
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	2
elektrische Zusatzheizung Warmwasser:	wöchentliche Legionellenschaltung					
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:				°C	55	
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband	Nicht vorhanden					
Solaranlage		Warmwasser + Heizung				
Absorberfläche			m^2	11.0		
Kollektorausrichtung	Azimet [°]:	45	Neigung [°]:	30		
Nettoertrag pro m2 Absorberfläche	Vorschlagswert:	279.5	kWh/m2a			
Höhe über Meer des Standortes			m.ü.M.	450		
Solarer Deckungsgrad Warmwasser	$\epsilon =$		%	70.0%		
Solarer Deckungsgrad Heizung	$\epsilon =$		%	5.2%		

Resultate			
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	0.7%	kWh = 78
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	0.5%	kWh = 19
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		10%	Etah = 90%
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etaw = 94%
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	94.1%	JAZ _h = 2.20
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	29.5%	JAZ _{ww} = 2.40
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		-
			2.22

3.3.3 Resultat-Blatt

Berechnung Lastkurve

WPesti / V 8.1.0 / 31.03.2014 gültig bis 31.12.2015

Kurs WPesti: Beispiel Nr. 2, REFH Meisterschwanden, Luft-Wasser-WP, Eingabe mit

Klima und Lastprofil:

Wetterstation:	Buchs-Aarau
Heizwärmebedarf:	8'500 kWh
freie Wärme:	12'063 kWh
"Solaranteil:"	59%
Bedarf WW:	0.43 kW
Laufzeit WP:	1'147 h/a
Strombedarf WP	4'174 kWh

Energiebedarf:

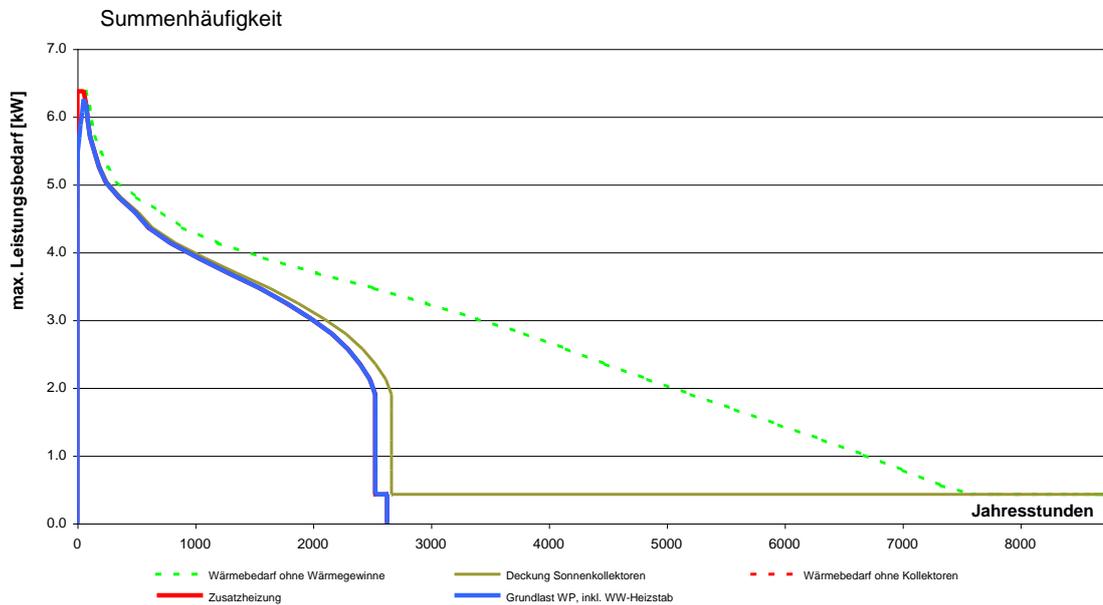
Heizwärmebedarf:	8'500 kWh
Verteilung Heizung:	170 kWh
Warmwasserbedarf:	3'125 kWh
Verteilung WW:	625 kWh
Bedarf total:	12'420 kWh

Bedarfsdeckung und Arbeitszahlen:

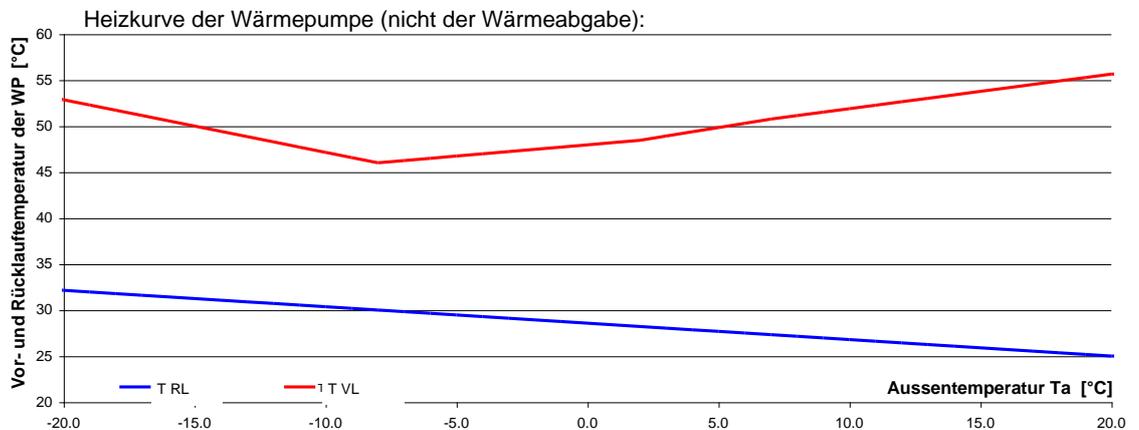
Deckungsgrad solar (Heizung)	5.2%
Deckungsgrad solar (WW)	70.0%
Deckungsgrad WP (Heizung)	94.1%
Deckungsgrad WP (WW)	29.5%
JAZ Wärmepumpe (Heizung)	2.20
JAZ Wärmepumpe (WW)	2.40

Heizleistungsbedarf (ohne WW)

Vorschlag bei -7°C	6.0 kW
Rechenwert bei -7°C	6.0 kW
Rechenwert bei -8°C:	6.3 kW



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

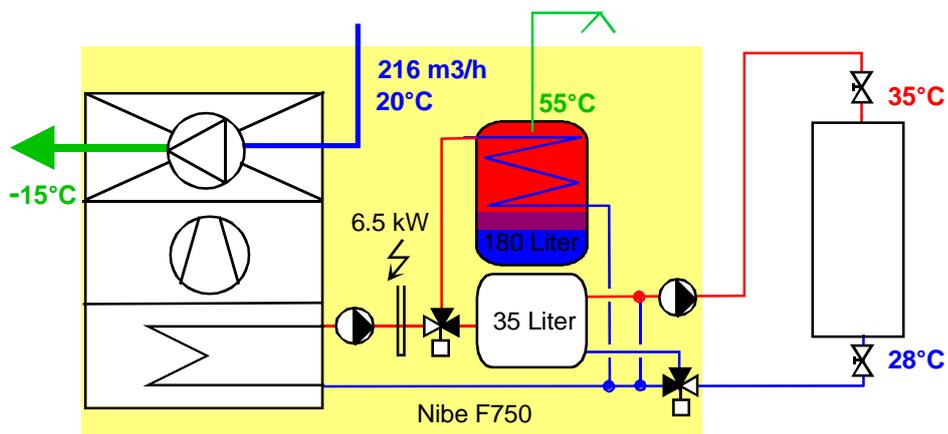


Das Resultat zeigt eine Stromeinsparung der Wärmepumpe von 2% gegenüber der Anlage ohne solare Heizungsunterstützung.

3.4 Abluft-Wärmepumpe

3.4.1 Kenndaten Gebäude aus der Berechnung SIA 380/1

Standort	Meisterschwanden (AG)
Energiebezugsfläche EBF (A_E)	225 m ²
Heizwärmebedarf mit Standard - Luftwechsel Q_h :	170 MJ/m ²
Heizwärmebedarf mit effektivem Luftwechsel $Q_{h,eff}$:	200 MJ/m ²
Transmissionswärmeverluste Q_T	294 MJ/m ²
Lüftungswärmeverluste Q_V mit Standard-Luftwechsel	80 MJ/m ²
effektive Lüftungswärmeverluste Q_V bei Luftwechsel 216 m ³ /h ohne WRG	110 MJ/m ²
Sperrzeit Wärmepumpe pro Tag (im Auslegungsfall)	2 h



A 20 / W 35: $Q_h = 3.83 \text{ kW}$ / COP = 2.93
 A 20 / W 45: $Q_h = 4.27 \text{ kW}$ / COP = 2.44

© Huber Energietechnik AG

3.4.2 Eingabe der Wärmepumpendaten auf dem Blatt Spez

Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPesti

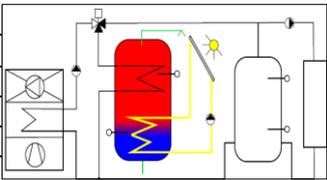
WPesti / V 8.1.0 / 31.03.2014
gültig bis 31.12.2015

Projekt:

Kurs WPesti: Beispiel Nr. 2, REFH Meisterschwanden, Luft-Wasser-WP, Eingabe auf Blatt WP

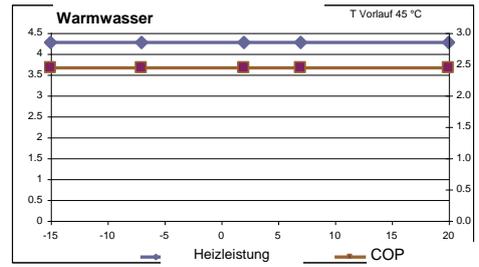
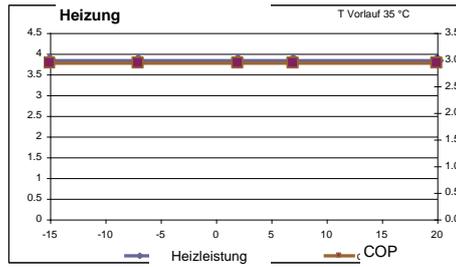
Weitere Angaben auf Zusatzblatt 'Spez'

Gebäudedaten			
Klimastation			Buchs-Aarau
Gebäudekategorie			EFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m^2	225
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	$MJ/m2a$	200
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	$MJ/m2a$	294
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	$MJ/m2a$	110
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	2%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	2
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -7°C	Vorschlagswert:	7.4	kW
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	$MJ/m2a$	60.0
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	20%

Wärmepumpen-Anlage		Eingabe in "Spez"					
Name und Typ der Wärmepumpe:							
Wärmequelle:							
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):							
Heizungsspeicher							
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:							
Steuerung des Elektro-Heizeinsatzes		Elektro Durchlauferhitzer					
Quellentemperatur:	°C	-15	-7	2	7	20	
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):	°C	3.8kW / 2.9	3.8kW / 2.9	3.8kW / 2.9	3.8kW / 2.9	3.8kW / 2.9	
Grösse Heizungsspeicher					Liter	35	
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)					$T_{i,soll}$	°C	21
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:		wöchentliche Legionellenschaltung					
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:					°C	55	
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband		Nicht vorhanden					
Solaranlage		Keine Solaranlage					

Resultate					
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	35.4%	kWh =	5'110	
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	1.6%	kWh =	62	
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etah =	94%	
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	Etaw =	94%	
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a	3'641	
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	64.6%	JAZ _h =	2.90	
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	98.4%	JAZ _{ww} =	2.05	
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		-	2.57	

Daten Wärmepumpe							
Name und Typ der Wärmepumpe:		Abluft-Wärmepumpe NIBE F750 bei 216 m3/h					
Leistungsdaten der Wärmepumpe:		Pumpen: Kondensator bereits in COP enthalten Ventilator: bereits in COP enthalten					
Eingabe in aufsteigender Reihenfolge nach Quelltemperatur							
Heizung	T Vorlauf °C	Quellentemp. °C	-15	-7	2	7	20
		Heizleistung kW	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83
	T Vorlauf 35 °C	COP	-	2.93	2.93	2.93	2.93
Warmwasser	T Vorlauf °C	Quellentemp. °C	-15	-7	2	7	20
		Heizleistung kW	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
	T Vorlauf 45 °C	COP	-	2.44	2.44	2.44	2.44



Quellenpumpe 1	
Name und Typ der Pumpe	keine Quellenpumpe

3.4.3 Resultat-Blatt

Berechnung Lastkurve

WPesti / V 8.1.0 / 31.03.2014 gültig bis 31.12.2015

Kurs WPesti: Beispiel Nr. 2, REFH Meisterschwanden, Luft-Wasser-WP, Eingabe auf

Klima und Lastprofil:

Wetterstation:	Buchs-Aarau
Heizwärmebedarf:	12'500 kWh
freie Wärme:	12'750 kWh
"Solaranteil:"	50%
Bedarf WW:	0.43 kW
Laufzeit WP:	3'641 h/a
Strombedarf WP	4'642 kWh

Energiebedarf:

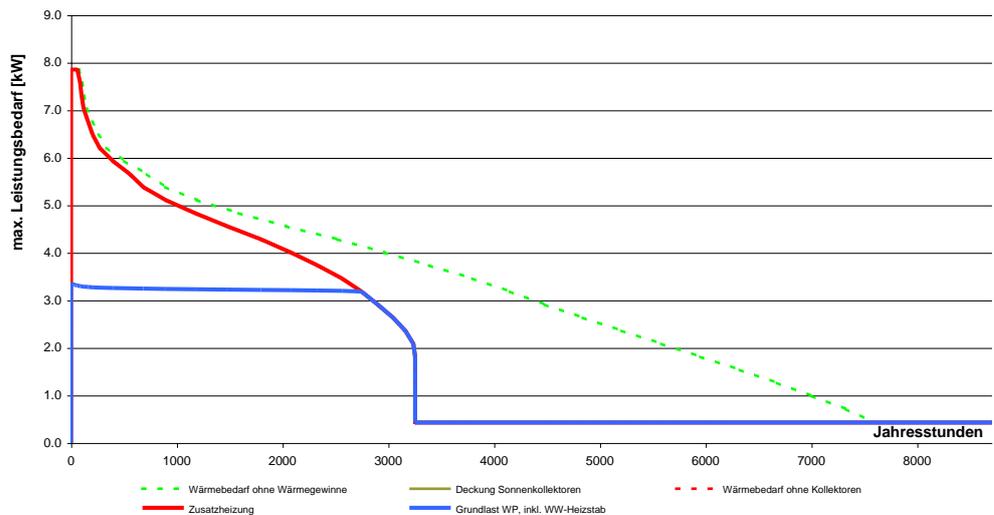
Heizwärmebedarf:	12'500 kWh
Verteilung Heizung:	250 kWh
Warmwasserbedarf:	3'125 kWh
Verteilung WW:	625 kWh
Bedarf total:	16'500 kWh

Bedarfsdeckung und Arbeitszahlen:

Deckungsgrad solar (Heizung)	0.0%
Deckungsgrad solar (WW)	0.0%
Deckungsgrad WP (Heizung)	64.6%
Deckungsgrad WP (WW)	98.4%
JAZ Wärmepumpe (Heizung)	2.90
JAZ Wärmepumpe (WW)	2.05

Heizleistungsbedarf (ohne WW)

Vorschlag bei -7°C	7.4 kW
Rechenwert bei -7°C	7.4 kW
Rechenwert bei -8°C:	7.7 kW



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

Das Resultat zeigt, dass der Strombedarf für die Zusatzheizung grösser ist als der Strombedarf für die Wärmepumpe. Der Strombedarf der Zusatzheizung ist in der Arbeitszahl JAZ noch nicht eingerechnet.

3.4.4 Eingabe der Wärmepumpendaten mit extrapolierten Werten

Bei den Abluft-Wärmepumpen fehlen in der Regel die Hersteller-Angaben für eine direkte Eingabe der Wärmepumpendaten in WPesti. In der Regel lassen sich die fehlenden Werte aber mit genügender Genauigkeit über den Gütegrad berechnen. Dabei ist zu beachten, dass nicht die Verdampfer-Eintrittstemperatur den Wirkungsgrad einer Wärmepumpe bestimmt, sondern die Verdampfer-Austrittstemperatur der Abluft, die in unserem Beispiel gemäss Herstellerangaben bei -15°C liegt. Der maximal mögliche COP (Carnot - COP) kann damit berechnet werden mit

$$COP_{Carnot} = \frac{T_{Vorl}}{T_{Vorl} - T_{Verd,aus}} \quad \text{Gl. 3.1}$$

Der Gütegrad ist das Verhältnis von effektivem zu maximal möglichen COP:

$$Gütegrad = \frac{COP}{COP_{Carnot}} \quad \text{Gl. 3.2}$$

Für die Extrapolation kann in erster Näherung der Gütegrad konstant belassen werden.

Die maximal mögliche Heizleistung ergibt sich aus der Abkühlung der Abluft, der Abluftmenge (in m^3/h) und dem COP:

$$\dot{Q}_{WP} = (T_{Abluft} - T_{Verd,aus}) \cdot cp_{Luft} \cdot \frac{\dot{V}_{Abluft}}{3600 \frac{s}{h}} \cdot \rho \cdot \frac{COP}{COP - 1} \quad \text{Gl. 3.3}$$

Damit können die fehlenden Wert in erster Näherung bestimmt werden:

Nibe F750: Extrapolation der fehlenden Herstellerangaben:

Verdampfer-Austrittstemperatur [$^{\circ}\text{C}$]:	-15	-15	-15
Kondensator-Austrittstemperatur [$^{\circ}\text{C}$]:	35	45	55
Abluftmenge [m^3/h]:	216	216	216
Verdampferleistung trocken [kW]:	2.52	2.52	2.52
COP Carnot:	6.16	5.30	4.69
Gütegrad:	0.475	0.460	0.460
COP gemäss Hersteller:	2.93	2.44	
COP aus Gütegrad berechnet:			2.16
Heizleistung berechnet [kW]:	3.83	4.27	4.70

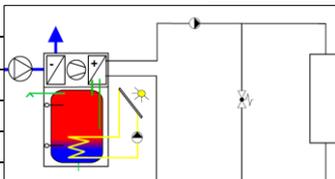
Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPEsti

WPEsti / V 8.1.0 / 31.03.2014
gültig bis 31.12.2015

Projekt:

Kurs WPEsti: Beispiel Nr. 2, REFH Meisterschwanden, Luft-Wasser-WP, Eingabe auf Blatt WP

Gebäudedaten			
Klimastation			Buchs-Aarau
Gebäudekategorie			EFH
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m^2	225
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	MJ/m2a	200
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	MJ/m2a	294
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	MJ/m2a	110
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	2%
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	2
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -7°C	Vorschlagswert: 7.4	kW	
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	MJ/m2a	60.0
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	20%

Wärmepumpen-Anlage		Angaben unten	
Name und Typ der Wärmepumpe:			
Wärmequelle:			Abluft-Wärmepumpe ohne Lüftungs-WRG
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):			Heizung + Warmwasser
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:			mit elektrischer Notheizung
Steuerung des Elektro-Heizeinsatzes			Elektro Durchlauferhitzer
Quellentemperatur:	°C		20
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):	°C		3.8kW / 2.9
Heizleistung bei Vorlauftemperatur 35°C	kW		3.83
COP bei Vorlauftemperatur 35°C	-		2.93
Heizleistung bei Vorlauftemperatur 55°C	kW		4.7
COP bei Vorlauftemperatur 55°C	-		2.16
Grösse Heizungsspeicher		Liter	35
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)		$T_{i,soll}$	°C 21
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:			wöchentliche Legionellenschaltung
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:		°C	55
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband	Nicht vorhanden		
Solaranlage			Keine Solaranlage

Resultate			
Elektro-Direkt-Anteil für die Heizung	$\epsilon =$	31.7%	kWh = 4'381
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	1.6%	kWh = 62
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		4%	$E_{tah} = 96%$
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	$E_{taw} = 94%$
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a 3'570
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	68.3%	JAZ_h = 2.81
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	98.4%	JAZ_{ww} = 2.03
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz		2.52

3.5 Verwaltungsgebäude mit Grundwasser-Wärmepumpe

3.5.1 Kenndaten Gebäude aus der Berechnung SIA 380/1

Standort	Regensdorf (ZH)
Energiebezugsfläche EBF (A_E)	8'544 m ²
Heizwärmebedarf mit Standard - Luftwechsel Q_h :	155 MJ/m ²
Heizwärmebedarf mit effektivem Luftwechsel $Q_{h,eff}$:	105 MJ/m ²
Transmissionswärmeverluste Q_T	205 MJ/m ²
Lüftungswärmeverluste Q_V mit Standard-Luftwechsel	132 MJ/m ²
effektive Lüftungswärmeverluste Q_V mit WRG	74 MJ/m ²
Sperrzeit Wärmepumpe pro Tag (im Auslegungsfall)	3 h
Verteil- und Speicherverluste Heizung / Warmwasser	15% 20%



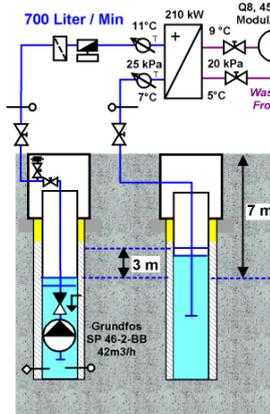
Bild: CTA AG

Biral ModulA 80-12 360 RED PN 6

Fördermenge 45 m³/h
 Förderhöhe 4 m
 Medium Wasser
 Temperatur 20 °C
 Betriebsdruck 10 bar

Betriebsdaten

Fördermenge 45 m³/h
 Förderhöhe 4 m
 Leistungsaufnahme P1 0.78 kW

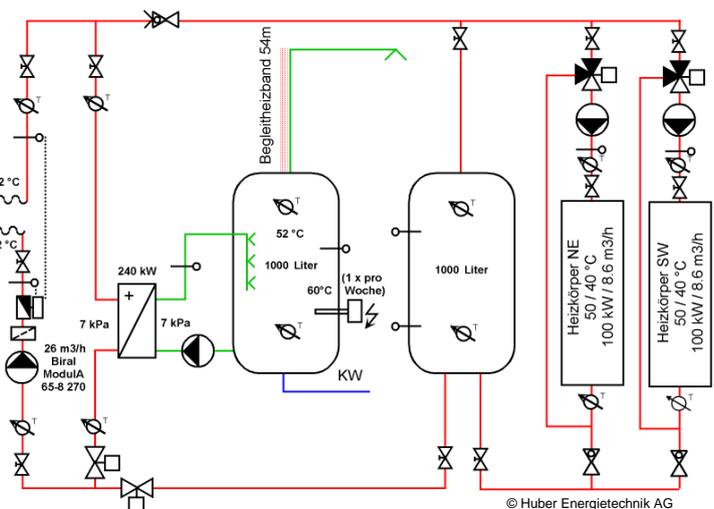


Dynamischer Druckabfall Grundwasser:
 Leitungen: 51 kPa
 Wassezähler: 6 kPa
 Wärmetauscher: 25 kPa
 Total: 82 kPa

Wärmepumpe CTA OP 230ed

52 °C
 42 °C
 270 kW
 7 kPa
 210 kW
 15 kPa

Q_h (W10/W35): 308 kW
 COP (W10/W35): 5.6
 Q_h (W10/W55): 275 kW
 COP (W10/W55): 3.6



Typ: SP 46-2-BB
 Förderstrom: 41.3 m³/h (153118)
 H total: 11.3 m
 Leistungsaufnahme ges. (P1): 2.62 kW
 Leistungsaufnahme Pumpe (P2): 2 kW
 Eta Pumpe: 63.2 %
 Eta Motor: 76.2 %
 Eta gesamt: 48.2 %

© Huber Energiertechnik AG

3.5.2 Direkte Eingabe der Wärmepumpendaten

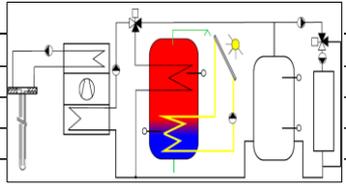
Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPEsti

WPEsti / V 8.1.0 / 31.03.2014
gültig bis 31.12.2015

Projekt:

Kurs WPEsti: Beispiel Nr. 5, Verwaltungsgebäude Regensdorf, Grundwasser-Wasser-Wärmepumpe CTA Optipro 230ed

Gebäudedaten			
Klimastation			Zürich SMA
Gebäudekategorie			Verwaltung
Energiebezugsfläche EBF	A_E	m^2	8'544
Heizwärmebedarf nach SIA 380/1	$Q_{h,eff}$	MJ/m2a	105
Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_T	MJ/m2a	205
Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1	Q_V	MJ/m2a	74
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	15%
Sperzeiten für Wärmepumpe		h/d	3
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -8°C	Vorschlagswert: 223.0	kW	
Warmwasserbedarf nach SIA 380/1	Q_{ww}	MJ/m2a	30.0
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	20%

Wärmepumpen-Anlage	CTA Optipro 230ed	Angaben unten		
Name und Typ der Wärmepumpe:				
Wärmequelle:			Wasser-Wasser-Wärmepumpe zweistufig	
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):			Heizung + Warmwasser	
Heizungsspeicher			mit Heizungs - Speicher	
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:			monovalenter Betrieb Heizung	
Quellentemperatur:	°C			10
Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP):	°C			308.0kW / 5.6
Heizleistung Wärmepumpe W10/W35	kW			308
COP W10W35	-			5.6
Heizleistung Wärmepumpe W10/W55	kW			275
COP W10W55	-			3.6
Elektrische Leistungsaufnahme Förderpumpe:			W	3400
Quellentemperatur (falls nicht 10°C)			°C	9
				1000
Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer)		$T_{i,soll}$	°C	22
Vorlauftemperatur der Heizung: ($T_a = -8°C$)		T VL	°C	50
Rücklauftemperatur der Heizung: ($T_a = -8°C$)		T RL	°C	40
Differenz Speichertemperatur - Vorlauftemperatur Heizung		dT Speicher	°C	2
elektrische Zusatzheizung Warmwasser:				wöchentliche Legionellenschaltung
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:			°C	52
Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband	Begleitheizband	Länge:	m	54
Solaranlage				Keine Solaranlage

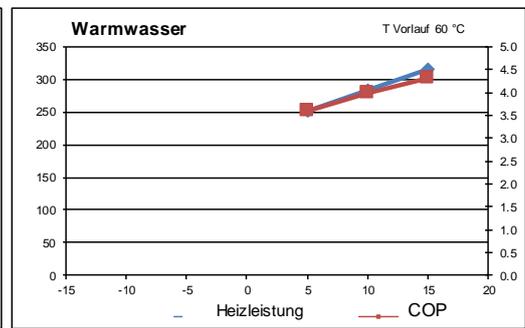
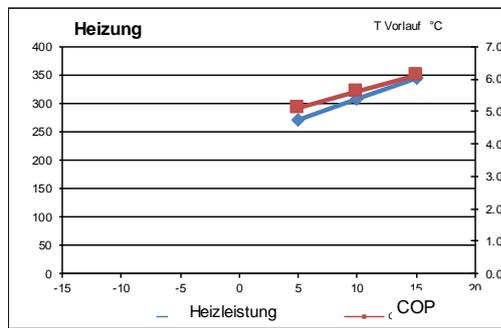
Resultate			
ungedeckter Wärmebedarf Heizung	$\epsilon =$	0.0%	
Elektro-Direkt-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	5.2%	$kWh = 3'913$
Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		4%	$Etah = 96%$
Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.)		6%	$Etaw = 94%$
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a 1'271
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung	$\epsilon =$	100.0%	$JAZ_h = 3.17$
Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser	$\epsilon =$	94.8%	$JAZ_{ww} = 3.37$
Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww:	exkl. el. Zusatz	-	3.21

3.5.3 Eingabe der Wärmepumpendaten auf dem Blatt Spez

WP, individuelle Spezifikationen

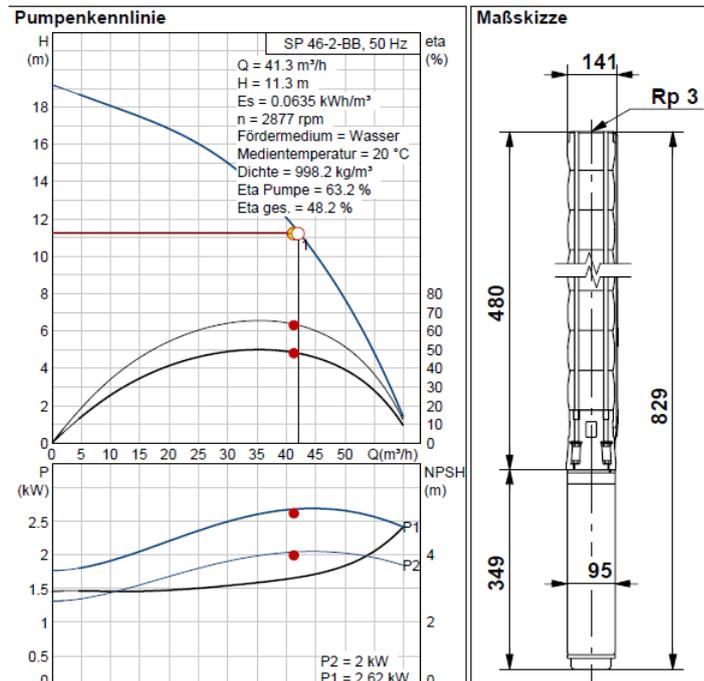
WPesti / V 8.16 / 05.012017
gültig bis 31.12.2017

Daten Wärmepumpe							
Name und Typ der Wärmepumpe:		CTA Optipro 230ed					
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	10	15	
	°C	Heizleistung	kW	270.4	308	345.6	
	T Vorlauf 35 °C	COP	-	5.1	5.6	6.1	
Warmwasser	T Vorlauf	Quellentemp.	°C	5	10	15	
	°C	Heizleistung	kW	251.1	283.6	316	
	T Vorlauf 50 °C	COP	-	3.6	4	4.3	



Quellenpumpe 1			
Name und Typ der Pumpe	Grundfos SP 46-2BB (P1=2.62kW) + Biral Modul A80-12 (P1=0.78kW)		
Stromaufnahme Pumpe bei Vollast	Rechenwert:	3'400	W
dynamischer Druckabfall bei Vollast			kPa
Durchsatz bei Vollast			m³/h
Geodätische Höhe			m
Betriebsart	Nur Betrieb bei WP ein		
Regelung	geregelt		

Grundwasserpumpe Grundfos SP46-2 als Quellenpumpe1:



3.5.4 Resultat-Blatt

Berechnung Lastkurve

WPesti / V 8.16 / 05.012017 gültig bis 31.12.2017

Kurs WPesti: Beispiel Nr.5, Verwaltungsgebäude Regensdorf, Grundwasser-Was

Klima und Lastprofil:

Wetterstation:	Zürich SMA
Heizwärmebedarf:	249'200 kWh
freie Wärme:	412'960 kWh
"Solaranteil:"	62%
Bedarf WW:	8.13 kW
Laufzeit WP:	1'271 h/a
Strombedarf WP	110'322 kWh

Energiebedarf:

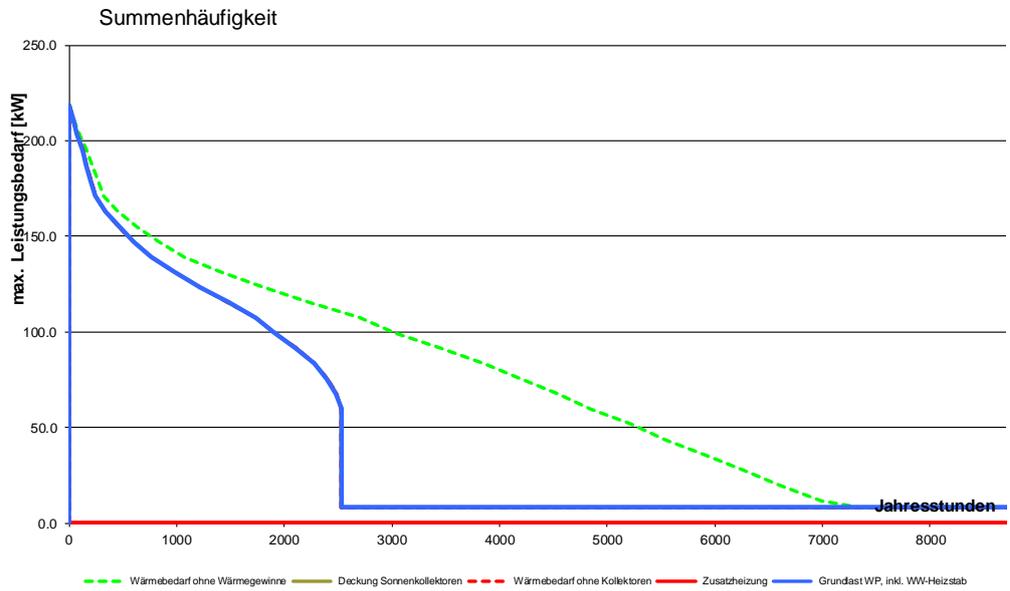
Heizwärmebedarf:	249'200 kWh
Verteilung Heizung:	37'380 kWh
Warmwasserbedarf:	59'333 kWh
Verteilung WW:	11'867 kWh
Bedarf total:	357'780 kWh

Bedarfsdeckung und Arbeitszahlen:

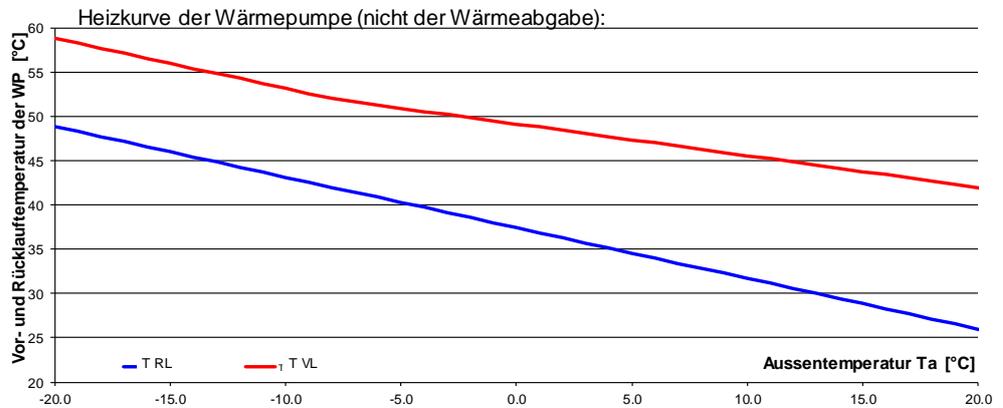
Deckungsgrad solar (Heizung)	0.0%
Deckungsgrad solar (WW)	0.0%
Deckungsgrad WP (Heizung)	100.0%
Deckungsgrad WP (WW)	94.8%
JAZ Wärmepumpe (Heizung)	3.17
JAZ Wärmepumpe (WW)	3.38

Heizleistungsbedarf (ohne WW)

Vorschlag bei -8°C	223.0 kW
Rechenwert bei -8°C	223.0 kW
Rechenwert bei -8°C:	223.0 kW



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



4 Nachweise mit WPEsti

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 WPEsti 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 JAZ _{h+ww} :	exkl. el. Zusatz		-	3.73

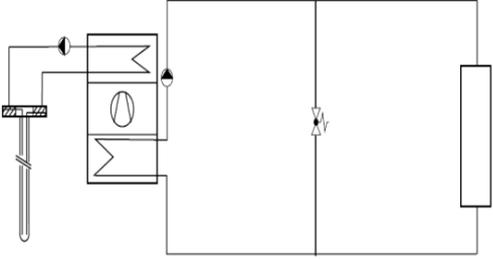
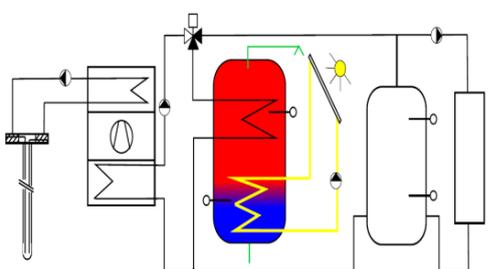
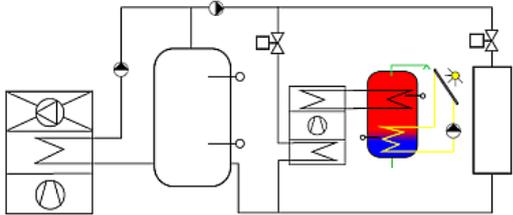
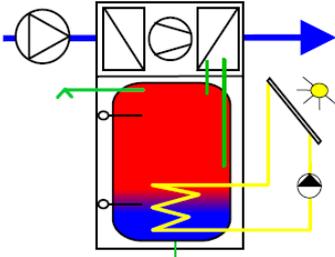
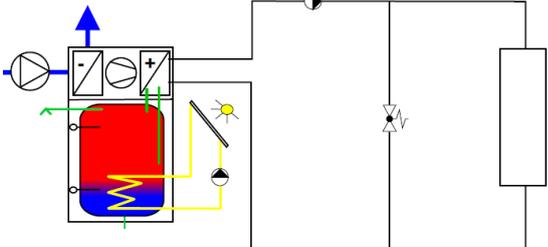
4.2 JAZ inkl. Elektro-Heizstäbe

Um in den Genuss von Subventionen zu kommen, werden häufig Minimal-Anforderungen 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 JAZ _{h+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 Heizug+ Warmwasser Behandlung wie Luft-Wärmepumpe mit konstant 20°C Lufttemperatur</p>

<p>The diagram shows a combi boiler on the left connected to a storage tank on the right. A single hot water return line (yellow) is shown at the bottom of the tank, returning water to the boiler. A green arrow indicates the flow of hot water from the boiler to the tank. A sun icon and a radiator icon are also present, representing solar heating and the distribution network.</p>	<p>Heizung und Warmwasser mit Kombispeicher, 1 WP-Rücklauf aus Speicher</p> <p>Modellbeschreibung in 5.5</p>
<p>The diagram shows a combi boiler on the left connected to a storage tank on the right. Two hot water return lines (yellow) are shown: one at the bottom and one higher up in the tank, returning water to the boiler. A green arrow indicates the flow of hot water from the boiler to the tank. A sun icon and a radiator icon are also present.</p>	<p>Heizung und Warmwasser mit Kombispeicher, 2 WP-Rücklauf aus Speicher</p> <p>Modellbeschreibung in 5.5</p>
<p>The diagram shows a combi boiler on the left connected to a storage tank on the right. A bypass (Stasch-Schaltung) is implemented with a bypass pump and valves. A hot water return line (yellow) is shown at the bottom of the tank. A green arrow indicates the flow of hot water from the boiler to the tank. A sun icon and a radiator icon are also present.</p>	<p>In Wpesti: Heizung und Warmwasser mit Kombispeicher, Stasch-Schaltung</p> <p>Modellbeschreibung in 5.5</p>
<p>The diagram shows a hygiene storage tank on the left connected to a combi boiler on the right. A hot water return line (yellow) is shown at the bottom of the tank. A green arrow indicates the flow of hot water from the boiler to the tank. A sun icon and a radiator icon are also present.</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.

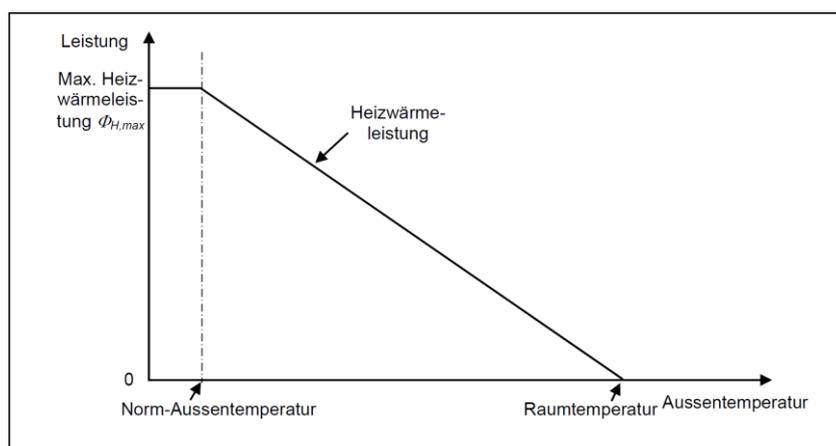


Abb. 5-1: Verlauf der Heizleistung in Abhängigkeit der Aussentemperatur

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 WPesti 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 Eingabeblatt (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 Eingabeblatt (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.

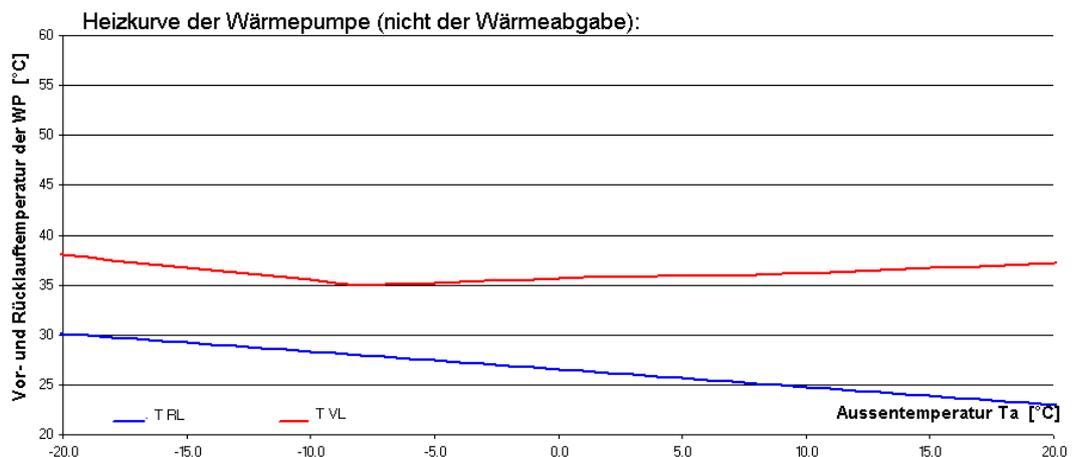


Abb. 5-2: Vor- und Rücklauf-Temperaturen in WPesti

Eine allfällige Temperaturdifferenz zwischen Speicher und Vorlauftemperatur der Wärmeabgabe gemäss Eingabeblatt 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

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

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 Speicher- und Verteilverluste (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 WPEsti nicht automatisch berücksichtigt und müssen bei den Gebäudedaten eingetragen werden.

Begleitheizbänder werden als zusätzlicher Strombedarf wie folgt berechnet:

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

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

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

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 WPesti 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:

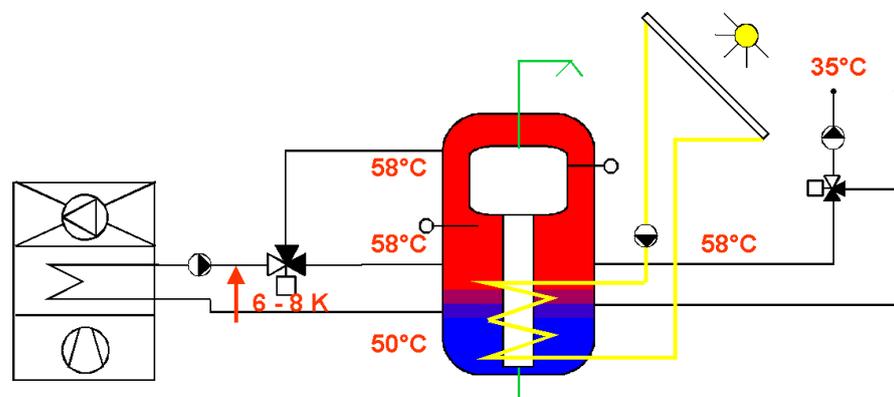


Abb. 5-3: Temperaturen bei der Warmwasserladung in einem Kombispeicher mit 1 Wärmepumpen-Rücklauf aus dem Speicher

WPesti 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:

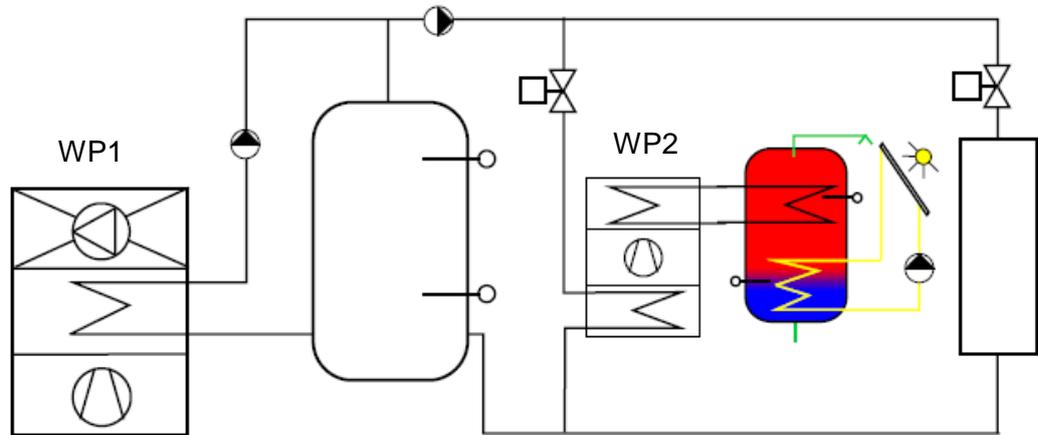
Art des Kombispeichers	Zuschlagsfaktor f_{Komb}
Kombispeicher mit 1 Wärmepumpen-Rücklauf aus dem Speicher	0.5
Kombispeicher mit 2 Wärmepumpen-Rückläufen aus dem Speicher	0.2
Kombispeicher mit STASCH - Schaltung [9]	0.1
Heizung und Warmwasser mit Hygienespeicher WP-optimiert	0.1

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, um so grösser ist dieser Verlust. Diese Effekte werden gemäss Kapitel 5.6 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:

$$COP_{ww} = \frac{Q_{ww}}{Pe_1 + Pe_2 + P_{pumpe1} + P_{pumpe2}} \quad \text{Gl. 5.6}$$

Beim Strombedarf ist die Stromaufnahme des Kompressors der Heizungs-Wärmepumpe WP1 (anteilmässig) und des Kompressors der Warmwasser-Wärmepumpe WP2 zusammenzuzählen und zum Strombedarf der Umwälzpumpen zu addieren. Der Strombedarf der beiden Umwälzpumpen wird in WPesti 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 WPEsti

In WPEsti 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.

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

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

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

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

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

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

5.8.3 Berechnung der JAZ in JAZcalc (mit Solaranlage)

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

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

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

5.9 Modell für die Erdsonden-Wärmepumpen

5.9.1 Erdsonden Quellentemperatur

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 WPEsti 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:

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

Solange in WPEsti 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.

Da die Sole-Temperatur einer Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage im Jahresverlauf schwankt, wird in WPEsti 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 WPEsti automatisch.

5.9.2 Berechnung des COP mit konstantem Gütegrad

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

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

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 $COP_{\text{eff,h}}$ im Heizbetrieb, der Heizleistung der Wärmepumpe \dot{Q}_{WP} und der Stromaufnahmeleistung der Sondenpumpe (oder Grundwasserpumpe) wie folgt berechnet:

$$JAZ_h = \frac{\eta_h}{\frac{1}{COP_h} + \frac{P_{\text{pumpe}} - 0.04 \cdot \frac{\dot{Q}_{\text{WP}}}{COP_h}}{\dot{Q}_{\text{WP}}}} \quad \text{Gl. 5.19}$$

Für die Warmwasserproduktion gilt analog

$$JAZ_{\text{ww}} = \frac{\eta_w}{\frac{1}{COP_{\text{ww}}} + \frac{P_{\text{pumpe}} - 0.04 \cdot \frac{\dot{Q}_{\text{WP}}}{COP_{\text{ww}}}}{\dot{Q}_{\text{WP}}}} \quad \text{Gl. 5.20}$$

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	20
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 WPesti 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.

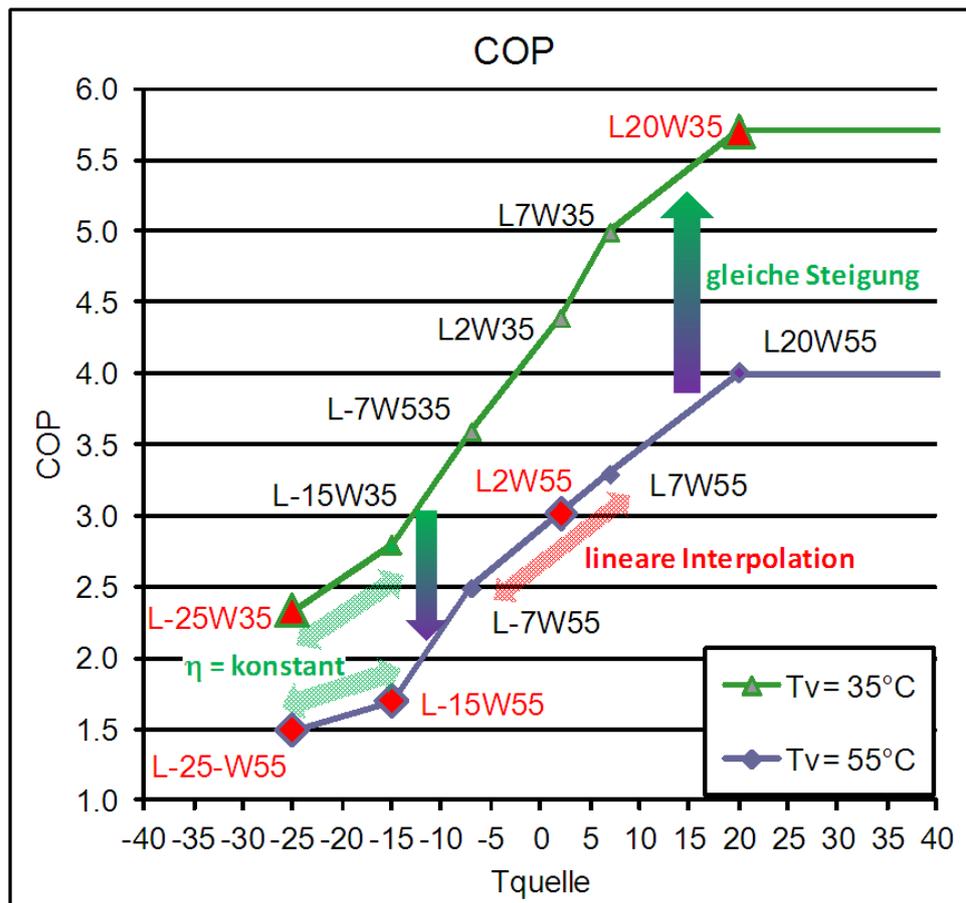


Abb. 5-4: Ermittlung der fehlenden Stützpunkte am Beispiel des COP

- 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) Hilfswerte für COP und Heizleistung für die Quelltemperatur des gesuchten Betriebspunktes durch lineare Interpolation/Extrapolation ermittelt.

Ausgehend von den Hilfswerten 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 Hilfswerte
 - Lineare Interpolation/Extrapolation des Gütegrades im Betriebspunkt
 - Berechnung des COP anhand des Gütegrades im Betriebspunkt.

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

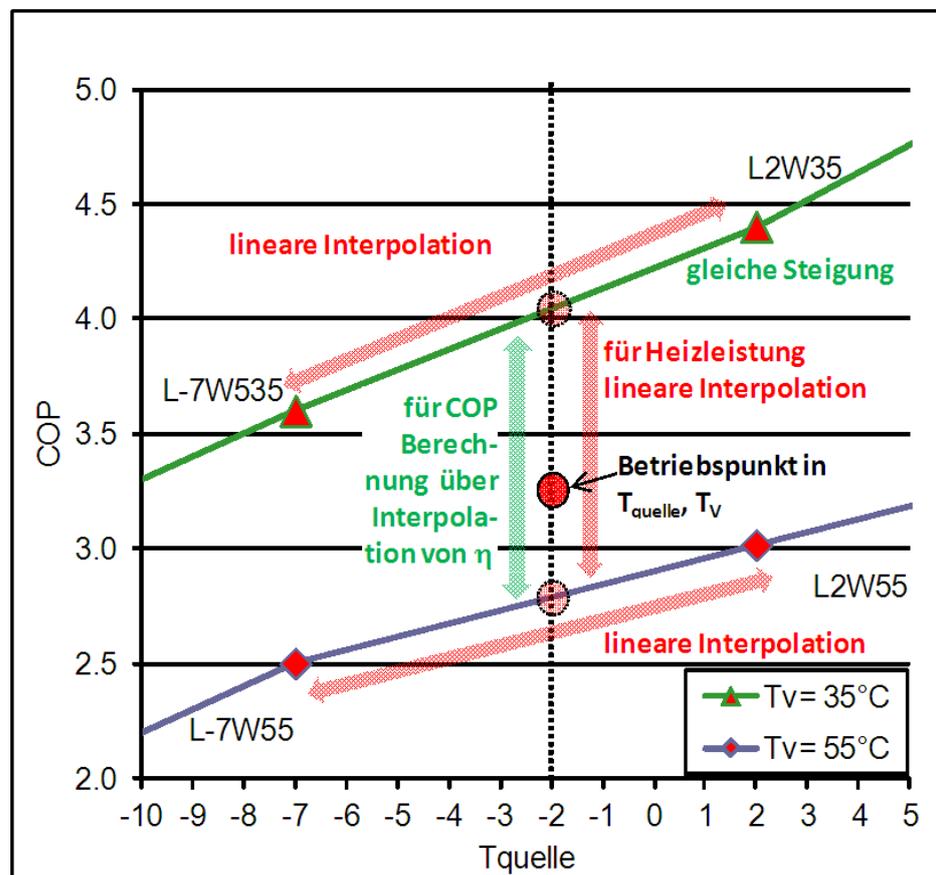


Abb. 5-5: Schematische Darstellung der Interpolation für die Ermittlung eines konkreten Betriebspunktes.

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.

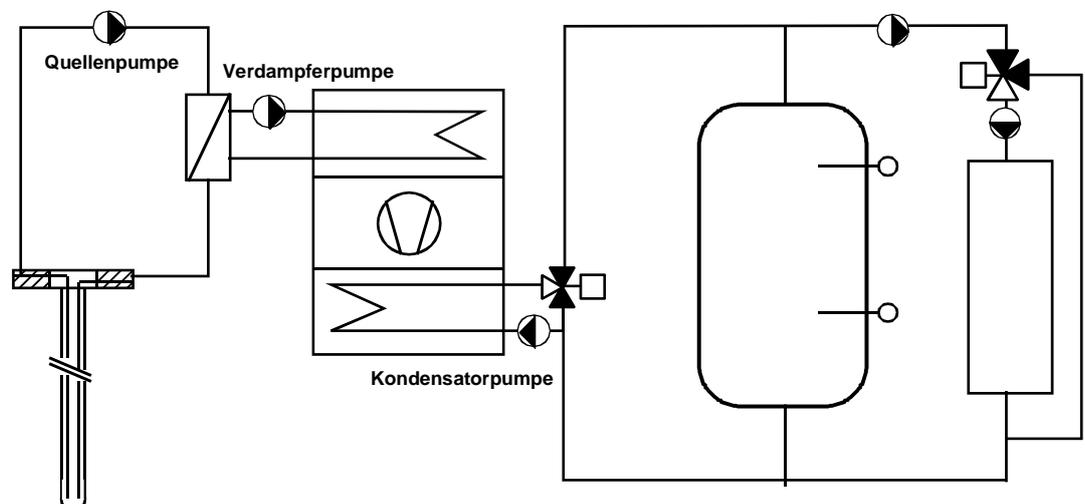
- Es müssen **zwei** Kennlinien mit unterschiedlichen Vorlauftemperaturen T_v eingegeben werden.
- Die Kennlinien müssen mindestens jeweils **zwei** Stützwerte mit **unterschiedlichen** Quellentemperaturen aufweisen.
- Die Quellentemperaturen der Stützwerte sollten etwa den Bereich umfassen in dem sich die Quellentemperatur 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	Verdampfer			
				nicht eingerechnet	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	COP	-	4	4.2	4.5	4.7	5.1
Warmwasser								
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

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: Prüfresultate 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:

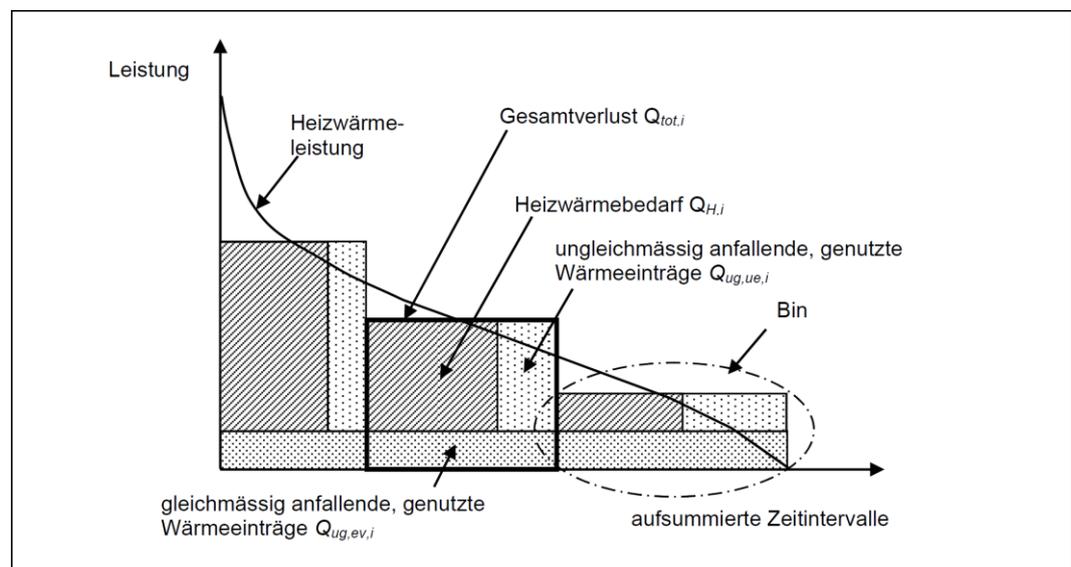
- $Q_{ug,ev}$ **gleichmässig anfallende**, genutzte Wärmeeinträge des Bins

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:

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

t_B Bin - Dauer in h

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

wobei:

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

$\Phi_{H,max}$ 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:

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

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

t_B Dauer des Bins i , in h

$\Phi_{g,ev}$ gleichmässig anfallenden, internen Wärmeeinträge in $[\text{kWh}/\text{m}^2]$

A_E Energiebezugsfläche in m^2

$Q_{tot,i}$ 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	$3,1 \cdot 10^{-3} \text{ kW}/\text{m}^2$
Wohnen EFH	$2,4 \cdot 10^{-3} \text{ kW}/\text{m}^2$
Verwaltung	$3,3 \cdot 10^{-3} \text{ kW}/\text{m}^2$
Schulen	$2,3 \cdot 10^{-3} \text{ kW}/\text{m}^2$
Spitäler	$4,0 \cdot 10^{-3} \text{ kW}/\text{m}^2$

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 WPesti 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

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

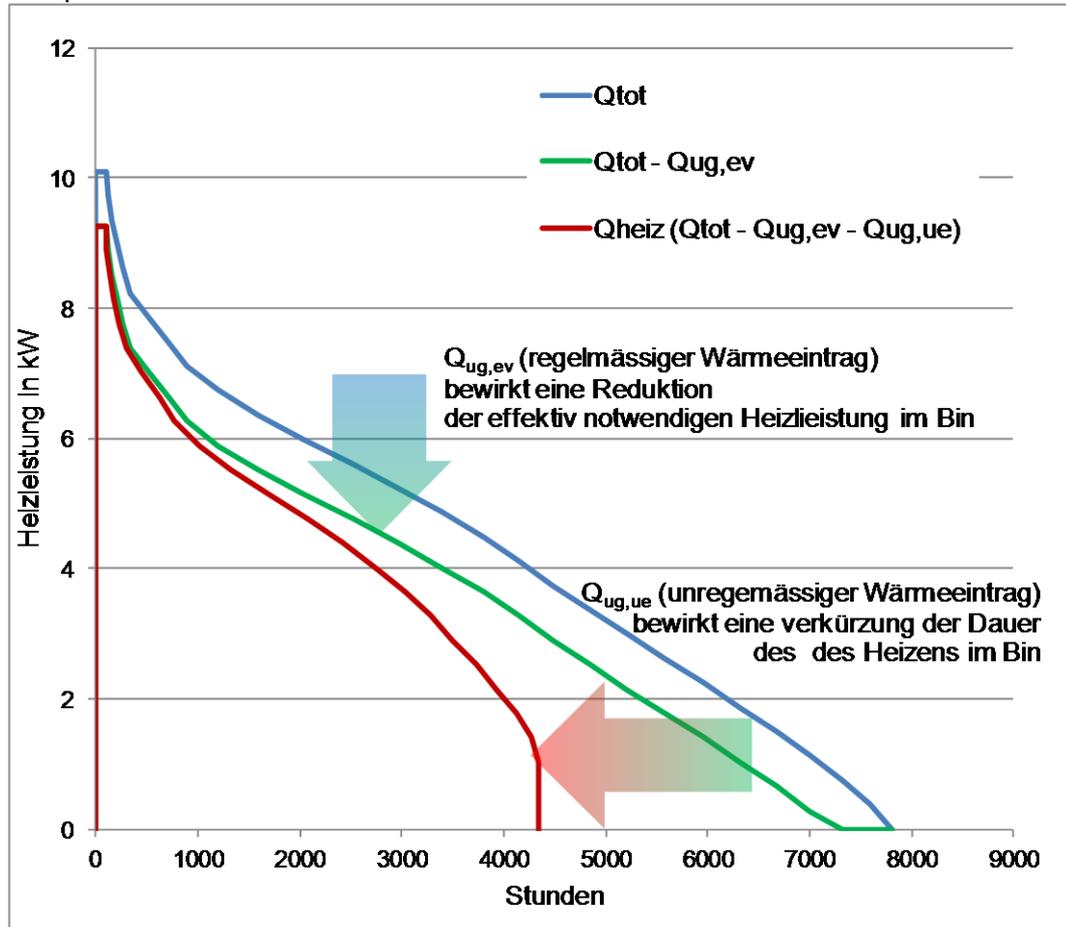
$t_{B,i}$ Bin-Dauer, in h

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

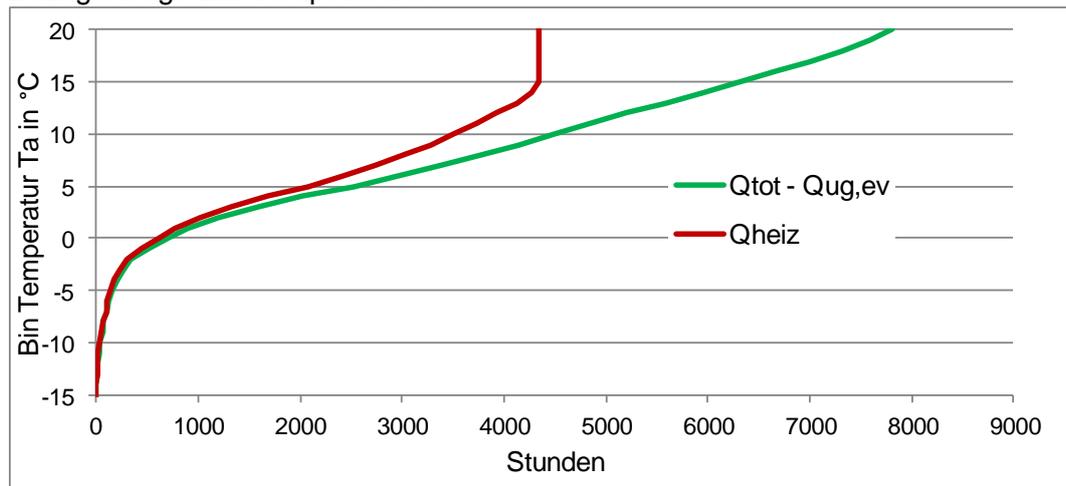
$Q_{ug,ue,i}$ genutzte ungleichmässig anfallende Wärmeeinträge im Bin

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

Beispiel des berechneten Heizwärmebedarfs



Dazugehörige Bin Temperaturen



8.3 Nutzungskategorien

8.3.1 Nutzungskategorien in WPEsti

In WPEsti.xls sind die folgenden Nutzungs-Kategorien nach SIA 380/1 hinterlegt:

Kategorie: 1			
Grenzwerte	H _{g0} MJ/m ²	ΔH _g MJ/m ²	Q _{ww} 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	