Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH
Prof. Oschatz – Prof. Hartmann – Prof. Werdin

Erarbeitung einer EnEV-Bewertung für Gasmotorische Wärmepumpen der Firma YANMAR

Auftraggeber	KKU CONCEPT GmbH Elbestraße 4 45768 Marl
Auftragnehmer	ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH Tiergartenstraße 54 in 01219 Dresden
Bearbeitung	Dipl.-Ing. Bettina Mailach Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz

Dresden, 16.10.2017

Inhalt

Inhalt **3**

1 Einleitung **5**

2 Aufbau und Funktionsweise von YANMAR-Gasmotorwärmepumpensystemen **6**

3 Energetische Bewertung von Gasmotorwärmepumpensystemen **8**

3.1 Energierechtliche Anforderungen 8

3.2 Berechnungsverfahren DIN V 18599 8

3.3 Aktuelle Probleme bei der Abbildung von Systemen mit Gasmotorwärmepumpe in DIN V 18599 9

4 Handlungsanweisung zur EnEV-Bewertung mit marktgängiger Software **11**

4.1 Allgemeines 11

4.2 Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Hydrobox / Luft-Wasser-Kompaktgerät 12

4.3 Luft-Luft-Wärmepumpe mit VRF-Innengeräten 13

4.4 Luft-Luft-Wärmepumpe mit RLT-Kit 14

4.5 Zusammenstellung produktspezifischer Kennwerte 15

4.5.1 Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Hydrobox / Luft-Wasser-Kompaktgerät 16

4.5.2 Luft-Luft-Wärmepumpe mit VRF-Inneneinheiten oder RLT-Kit 19

5 Beispielrechnungen **20**

5.1 Gebäude 20

5.2 Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Hydrobox 21

5.3 Luft-Luft-Wärmepumpe mit VRF-Inneneinheiten 27

5.4 Luft-Luft-Wärmepumpe mit RLT-Kit 30

6 Erfüllung der Vorgaben des EEWärmeG mit gasmotorischen Wärmepumpen **34**

7 Literaturverzeichnis **38**

1 Einleitung

Die KKU CONCEPT GmbH vertreibt als Generalimporteur Gasmotorische Wärmepumpen des Herstellers YANMAR zur Gebäudeheizung und –klimatisierung in Deutschland. KKU berät darüber hinaus Planer, Bauherren, Generalunternehmer und Installateure zum Einsatz der Systeme.

Für die Berechnung von Energiebedarfswerten verweist die aktuelle Energieeinsparverordnung EnEV 2014 [1] statisch auf Berechnungsnormen mit bestimmtem Ausgabedatum. Für Nichtwohngebäude und gekühlte Wohngebäude kommt im Rahmen der Nachweisführung die DIN V 18599:2011-12 [2] zur Anwendung. Mit dieser Norm ist eine energetische Bewertung von Gasmotorwärmepumpen nicht ohne weiteres möglich. Für den EnEV-Nachweis sowie auf den gleichen Bewertungsverfahren aufbauende weiteren Anforderungen (zum Beispiel Förderprogramme, EEWärmeG [3]) muss daher eine vom Standard abweichende Nachweisführung gewählt werden. Da für die energetische Bewertung von anlagentechnischen Komponenten für deren energetische Bewertung weder anerkannte Regeln der Technik oder bekannt gemachte gesicherte Erfahrungswerte vorliegen, dürfen die energetischen Eigenschaften dieser Komponenten durch dynamisch-thermische Simulationsrechnungen ermittelt werden.

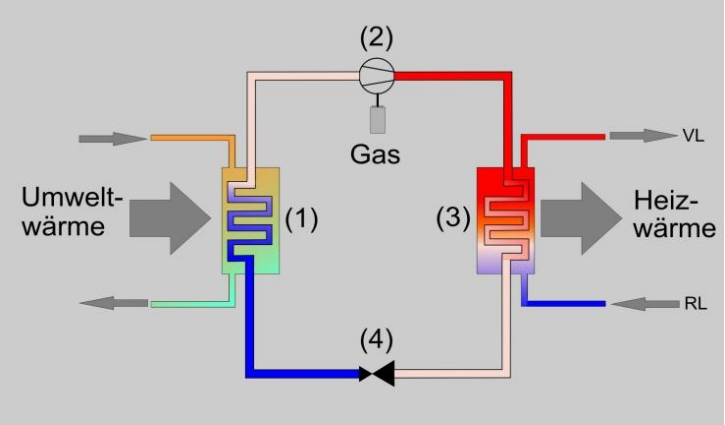
Förderprogramme für energieeffiziente Gebäude bauen üblicherweise auf den EnEV-Berechnungsverfahren auf. Falls die KfW über die EnEV-Berechnungsnormen hinausgehende Bewertungsansätze für spezielle Technologien zulässt, dann werden diese in der Liste der technischen FAQ der KfW beschrieben.

Aufbauend auf einer Beschreibung von Aufbau und Funktionsweise gasmotorischer Wärmepumpen wird eine Handlungsanweisung erarbeitet, mit welcher der energetische Nachweis mit marktgängiger EnEV-Software nach DIN V 18599:2011-12 [2] erfolgen kann.

2 Aufbau und Funktionsweise von YANMAR-Gasmotorwärmepumpensystemen

Funktion Gasmotorwärmepumpe

Gasmotorwärmepumpen nutzen die mechanische Leistung eines Gasmotors zum Antrieb des Verdichters der Wärmepumpe. Durch Umschalten der Fließrichtung des Kältemittels können die Gasmotorwärmepumpen entweder zum Heizen oder zum Kühlen genutzt werden. Optional kann im Kühlfall die Abwärme des Motors zur Wärmebereitstellung eingebunden werden.



(1) Verdampfer
(2) Verdichter
(3) Verflüssiger (Wärmeübertrager)
(4) Expansionsventil

Abbildung 1 Funktion Gasmotorwärmepumpe - Heizfall

Heizfall

- Im Verdampfer nimmt das Kältemittel die Wärme aus der Umwelt auf und verdampft.
- Im Verdichter wird es auf ein höheres Druck- und Temperaturniveau gebracht. Der Antrieb des Verdichters erfolgt mit einem gasbetriebenen Verbrennungsmotor.
- Das gasförmige Kältemittel wird im Verflüssiger (Wärmeübertrager) kondensiert und gibt seine Wärme an ein wasserführendes System ab. Alternativ kann das Kältemittel zu den Innengeräten geführt werden, wo es kondensiert und seine Wärme an die Luft abgibt. Bei einer Kombination mit einer zentralen Lüftungsanlage erfolgt die Verflüssigung des Kältemittels im zentralen Heizregister.
- Im Expansionsventil wird das flüssige Kältemittel entspannt und erneut dem Kreislauf zugeführt.
- Zusätzlich wird die Abwärme des Gasmotors eingekoppelt: durch einen Plattenwärmetauscher zwischen Motorkühlwasser und Kältemittel wird die Verdampfung bei niedrigen Außentemperaturen unterstützt und bei sehr niedrigen Außentemperaturen vollständig übernommen. So ist ein monovalenter Heizbetrieb möglich.

Kühlfall

- Das Kältemittel wird unter Wärmeaufnahme aus dem Raum oder im Wärmeübertrager verdampft.
- Im Kondensator wird es unter Abgabe der Wärme an die Umgebung wieder verflüssigt.

YANMAR-Gasmotorwärmepumpen werden für verschiedene Einsatzbereiche angeboten. Die verschiedenen Systemvarianten werden nachfolgend auf der Grundlage der Produktunterlagen [4] beschrieben.

System: Luft-Wasser mit Hydrobox

Die gasmotorische Wärmepumpe wird über einen Wärmeübertrager (Hydrobox) an wassergeführte Wärme- bzw. Kältesysteme angeschlossen. Eine Wärmerückgewinnung der Motorabwärme im Kühlbetrieb ist optional möglich.

Leistung Kühlen 45 – 80 kW
Leistung Heizen 50 – 90 kW
Kaskadierbar bis in den MW-Bereich

System: Luft-Wasser-Wärmepumpe Kompakt

Bei einer Gasmotorwärmepumpe als Kompaktgerät ist der Wärmeübertrager integriert, Wärme und Kälte werden jeweils direkt an ein wassergeführtes System übergeben. Es sind keine Kältemittelleitungen außerhalb der Wärmepumpe notwendig. Eine Wärmerückgewinnung der Motorabwärme im Kühlbetrieb ist optional möglich.

Leistung Kühlen 70 kW
Leistung Heizen 80 kW
Kaskadierbar bis in den MW-Bereich

System: Luft-Luft-Wärmepumpe mit VRF-Innengeräten

An die Gasmotorwärmepumpe werden über Kältemittelleitungen VRF-Innengeräte angeschlossen. In den Innengeräten erfolgt je nach Anwendungsfall das Aufheizen, Kühlen und Entfeuchten der Zuluft. Durch einen variablen Kältemittelmassestrom erfolgt eine direkte Leistungsanpassung im Innengerät.

Leistung Kühlen 45 – 85 kW
Leistung Heizen 50 – 95 kW

System: Luft-Luft-Wärmepumpe mit RLT-Kit

Die Gasmotorwärmepumpe stellt die Heiz- bzw. Kälteleistung bereit, Kältemittelleitungen führen zu einem RLT-Kit, womit die Gasmotorwärmepumpe an das Heiz- oder Kühlregister einer Lüftungsanlage angeschlossen ist.

Leistung Kühlen 45 – 85 kW
Leistung Heizen 50 – 95 kW
Kaskadierbar bis in den MW-Bereich

System: Sole-Wasser-Wärmepumpe bzw. Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Die Gasmotorwärmepumpe entzieht über einen Plattenverdampfer dem Erdreich, einem Eisspeicher oder einer Abwärmequelle die Energie und führt sie über einen Plattenverflüssiger einem Heizspeicher zu. Die Motorabwärme kann in beiden Betriebsarten z.B. für Trinkwasserzwecke verwendet werden.

Sole-Wasser-Wärmepumpe
Leistung Kühlen 45 / 70 kW
Leistung Heizen 50 / 80 kW, Wärmerückgewinnung 25 / 35 kW

Wasser-Wasser-Wärmepumpe
Leistung Kühlen 70 / 105 kW
Leistung Heizen 55 / 80 kW, Wärmerückgewinnung 25 / 35 kW

3 Energetische Bewertung von Gasmotorwärmepumpensystemen

3.1 Energierechtliche Anforderungen

Anforderungen an die energetische Qualität und die Nutzung von Erneuerbaren Energien zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs an Wohn- und Nichtwohngebäuden werden in der Energieeinsparverordnung und im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz formuliert.

Für die Berechnung von Energiebedarfswerten verweist die aktuelle Energieeinsparverordnung EnEV 2014 [1] statisch auf Berechnungsnormen mit bestimmtem Ausgabedatum. Für Nichtwohngebäude kommt im Rahmen der Nachweisführung die DIN V 18599:2011-12 [2] zur Anwendung. Das EEWärmeG verweist auf die technischen Regeln, die auch für den EnEV-Nachweis anzuwenden sind, d. h. die Anteile am Wärmeenergiebedarf werden mit den gleichen Normen berechnet wie der Primärenergiebedarf nach EnEV.

3.2 Berechnungsverfahren DIN V 18599

Die Vornormenreihe DIN V 18599 [5] beschreibt ein Verfahren zur energetischen Bewertung des Energiebedarfes von Gebäuden zur Heizung, Warmwasserbereitung, raumlufttechnischen Konditionierung und Beleuchtung unter definierten Nutzungsbedingungen. Bei Energiebedarfsberechnungen für Nichtwohngebäude im Rahmen der Energieausweiserstellung nach EnEV muss das Berechnungsverfahren nach DIN V 18599 angewendet werden. Da der Nachweis der Einhaltung des EEWärmeG sich wesentlich auf Ergebnisse der Energiebedarfsberechnung nach EnEV stützt, ist die DIN V 18599 auch für diesen Nachweis bei Nichtwohngebäuden i. d. R. unabdingbar.

Die Normenreihe umfasst 11 Normenteile:

Teil 1 Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
Teil 2 Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
Teil 3 Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung
Teil 4 Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
Teil 5 Endenergiebedarf von Heizsystemen
Teil 6 Endenergiebedarf von Lüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für Wohngebäude
Teil 7 Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für Nichtwohngebäude
Teil 8 Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
Teil 9 End- und Primärenergiebedarf von stromproduzierenden Anlagen
Teil 10 Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten
Teil 11 Gebäudeautomation

Die Energiebilanzierung nach DIN V 18599 beginnt auf der Nutzenseite mit der Ermittlung des Nutzenergiebedarfs für Heizung, Kühlung Lüftung, Beleuchtung und Warmwasserbereitung. In der weiteren Berechnung werden diesem jeweils Energieverluste durch die Anlagentechnik in den Teilbereichen Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung aufgeschlagen. Im Ergebnis erhält man den Endenergiebedarf und den Hilfsenergieaufwand des Gebäudes. Mittels Primärenergiefaktoren erfolgt die Bewertung der Bereitstellung der Energieträger bis zur Gebäudegrenze.

3.3 Aktuelle Probleme bei der Abbildung von Systemen mit Gasmotorwärmepumpe in DIN V 18599

Die Anlagensysteme mit Gasmotorwärmepumpen der Firma Yanmar sind als 2- und 3-Leitersysteme konzipiert, es wird Wärme und/oder Kälte bereitgestellt. In der EnEV-Software sind zwei Erzeuger (Wärme und Kälte) anzulegen. Es erfolgt keine Doppelanrechnung der Endenergie für Erdgas, da diese jeweils nur für die notwendig bereitzustellende Wärme bzw. Kälte ermittelt wird.

Die nachfolgend aufgeführten Schwierigkeiten bei der Abbildung eines Systems mit Gasmotorwärmepumpe beziehen sich auf die Fassung DIN V 18599: 2011-12, da diese aktuell durch die EnEV in Bezug genommen ist. Auch in der Neufassung DIN V 18599:2016-10 bestehen diese Probleme weiter.

Gasmotorwärmepumpe als Wärmeerzeuger

Die Bilanzierung gasmotorischer Wärmepumpen für die Wärmeerzeugung ist nach DIN V 18599-5:2011-12 möglich.

Standardwerte für die Leistung und die Leistungszahlen gasmotorangetriebener Wärmepumpen sind jedoch nur als relative Werte enthalten, ein konkreter Wert für den Bezugspunkt (Wärmequelleneintrittstemperatur 10 °C, Senkenaustrittstemperatur 50 °C) fehlt derzeit. Für die Berechnungen können daher nur produktspezifische Leistungszahlen verwendet werden. In der IBP-Software und dem Hottgenroth-Programm sind allgemeine Standardwerte hinterlegt, diese führen jedoch zu falschen Ergebnissen. Eine entsprechende Anfrage an beide Hersteller ist erfolgt.

Gasmotorwärmepumpe als Kälteerzeuger

<u>Kompressionskältemaschinen</u>

Entsprechend Teil 7 der DIN V 18599 können Kompressionskältemaschinen bilanziert werden. Nach Norm ist als Energieträger nur Strom vorgesehen. Die Abbildung einer Kompressionskältemaschine mit Gas als Energieträger ist somit nicht (direkt) möglich.

<u>VRF-Systeme</u>

Bei einer System Gasmotorwärmepumpe mit VRF-Innengeräten führen Kältemittelleitungen von der Wärmepumpe zu den dezentralen Innengeräten. Die Verflüssigung/Verdampfung erfolgt direkt in den Innengeräten. DIN V 18599:2011-12 [2] beschreibt in Teil 7 direkt verdampfende Systeme mit variablem Kältemittelmassestrom (VRF-Systeme) mit gasbetriebenen Kompressor. Die Bilanzierung dieser erfolgt analog den Raumklimasystemen.

Programme, wie IBP 18599 und Hottgenroth Energieberater 18599, welche auf dem IBP-Rechenkern basieren, konnten bisher solche gasbetriebenen Kälteerzeuger nicht abbilden. Mit der Umsetzung im IBP-Rechenkern ist dies nun möglich.

Das Solar-Computer-Programm verfügt über einen unabhängigen Rechenkern, die Abbildung gasbetriebener VRF-Systeme zur Kälteerzeugung ist mit der vorliegenden Programmversion möglich.

Für diese gasmotorisch betriebenen Kühlsysteme sind für die Nennkälteleistungszahl und den Teillastfaktor der Kältemaschine Standardwerte vorgegeben. Entsprechend Norm können Produktwerte verwendet werden, wenn der „herstellerspezifischer Wert auf der Grundlage

- einer Konformitätserklärung zu harmonisierten Europäischen Normen bzw. entsprechenden Europäischen Richtlinien oder
- einer Konformitätserklärung zu allgemein anerkannten Regeln der Technik oder

- eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises,

der für dieses Rechenverfahren geeignet ist“.

Eine Vorgabe, wie die produktspezifischen Kennwerte (Nennkälteleistungszahl EER_{gas} und Teillastfaktor $PLV_{av,gas}$) ermittelt werden können, gibt es in der Norm nicht. Die Kältemittelleitung zwischen Außen- und Inneneinheit wird nach Norm nicht extra bilanziert, da der energetische Einfluss bereits in den in der Norm verwendeten Kennwerten enthalten ist.

Die Eingabe produktspezifischer Kennwerte für die Kälteerzeugung ist in allen drei betrachteten Programmen möglich.

Nutzung der Motorabwärme

Bei der Betrachtung der Gasmotorwärmepumpe als Wärmeerzeuger kann ein zurückgewonnener Anteil des Eingangsbrennstoffs an den Erzeuger berücksichtigt werden. Der Standardwert beträgt 0,4.

Für gasmotorisch betriebene Kühlsysteme kann nach Norm analog die zurück gewonnene Wärmeenergie aus dem Gasmotor berücksichtigt werden. Der Standardwert beträgt 0,4. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Handlungsanweisung ist dies jedoch mit den betrachteten Programmen nicht möglich, die Umsetzung ist geplant.

System mit raumlufttechnischer Anlage

Nach Norm erfolgt die Anbindung von Heiz- und Kühlregistern von RLT-Anlagen mit wasserführenden Rohrleitungen.

Die Anbindung der Gasmotorwärmepumpe an das Heiz- bzw. Kühlregister der raumlufttechnischen Anlage erfolgt jedoch mit einer Kältemittelleitung.

4 Handlungsanweisung zur EnEV-Bewertung mit marktgängiger Software

4.1 Allgemeines

Marktgängige 18599-Software basiert in vielen Fällen auf dem IBP-Rechenkern. Nachfolgend werden die Handlungsanweisungen auf der Grundlage der IBP:18599-Software und der Software Energieberater 18599 der Firma Hottgenroth dargestellt. Zudem werden die Handlungsanweisungen mit der Software Energieeffizienz Gebäude EnEV 2014 / 2016 / DIN V 18599 der Firma Solar-Computer mit eigenem Rechenkern abgeglichen. Ergeben sich Unterschiede bei der Eingabe in den betrachteten Programmen, werden alternative Vorgehensweisen vorgeschlagen.

Bei Verwendung anderer Software für die EnEV-Berechnungen sind die Eingaben analog zu den dargestellten Vorgehensweisen durchzuführen. Den Handlungsanweisungen sind entsprechend der tatsächlichen Konditionierung (nur Heizen bzw. Heizen und Kühlen) zu folgen.

Die Angaben basieren auf folgenden im Laufe der Bearbeitung verwendeten Versionen:

- IBP: 18599-Software: 6.1.101.583 / 6.1.104.597
- Hottgenroth Energieberater 18599: 9.0.4.17 / 9.0.5.17 / 9.0.8.17
- Solar-Computer: Energieeffizienz Gebäude EnEV2014 / 2016 / DIN V 18599: 5.17.01

Eine gasbetriebene Kälteerzeugung als direkt verdampfendes System kann mit den aktuellen Versionen der IBP-Software und dem Hottgenroth-Energieberater (auf Basis des IBP-Rechenkerns) abgebildet werden. Grundsätzlich können alle Programme, welche auf dem IBP-Rechenkern basieren, dies umsetzen.

Eine hilfsweise Abbildung mit einem elektrischen System und weiteren Umrechnungen sollte nicht erfolgen, da in jedem Fall im automatisch erzeugten Energieausweis als Energieträger Strom anstelle von Erdgas ausgewiesen wird. Zudem würde ein Teil der Ergebnisse falsch ausgewiesen.

4.2 Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Hydrobox / Luft-Wasser-Kompaktgerät

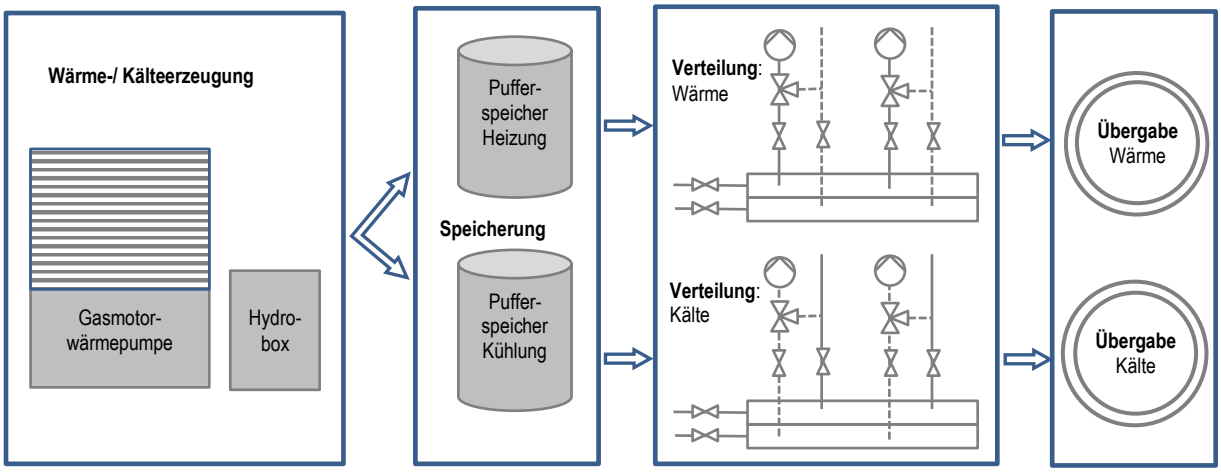


Abbildung 2 Teilbereiche Gebäudekonditionierung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Hydrobox oder Luft-Wasser-Kompaktgerät

Tabelle 1 Eingaben bei einem System mit Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Hydrobox oder Luft-Wasser-Kompaktgerät

Abfrage	Eingabe		Bemerkung
Teilbereich	**Erzeugung Wärme (Teil 5)**		
Art Wärmeerzeuger	Wärmepumpe	Wärmepumpe kombiniert	Kombiniert: bei gleichzeitiger TWE über die Wärmepumpe
Energieträger	Erdgas		
Aufstellungsort	innerhalb thermischer Hülle		GMWP Außenaufstellung; Hydrobox innen
Antrieb	gasmotorangetrieben		
Medium Quelle/Senke	Luft-Wasser		
Heizleistung / Leistungszahlen	produktspezifische Eingabe der Heizleistung und Leistungszahlen		Standardwerte nach Anhang A.4 – nicht eindeutig definiert
zurückgewonnener Anteil Brennstoff an Erzeuger	Standardwert = 0,4		
Betriebsweise	auch monovalent möglich	wenn monovalent nicht wählbar, dann Alternativbetrieb WE: Gas-BW-Kessel	niedrige Bivalenztemperatur
Speicher: Heizungspuffer	Standardwerte	produktspezifisch	
Teilbereich	**Verteilung Wärme**		
Verteilkreise	Indirektes System: keine besonderen/abweichenden Eingaben erforderlich Kennwerte entsprechend Planung oder Verwendung von Standardwerten		
Teilbereich	**Übergabe Wärme**		
Übergabesystem	keine zu konventionellen Systemen abweichenden Eingaben erforderlich Kennwerte entsprechend Planung oder Verwendung von Standardwerten		
Teilbereich	**Erzeugung Kälte (Teil 7)**		
Art Kälteerzeugersystem	Direktverdampfung (mit Kältemittelleitung)		auch bei wasserführenden Systemen
Art der Kühlung	Raumklimasystem		
Energieträger	Erdgas		
Antrieb	gasmotorangetrieben		
Art Raumklimagerät	VRF-Gerät mit variablem Kältemittelmassestrom > 12 kW		
Art Verdichter	Kolben/Scrollverdichter		
Art Kältemittel	R410A		
Art des Außenluftbetriebes	Außenluftbetrieb		
Nennkälteleistungszahl EER	produktspezifische Eingabe der Leistungszahl		
Mittlerer Teillastfaktor	Standardwert: 0,95		Verwendung des Standardwertes
Erzeuger in Splitbauweise			
zurückgewonnener Anteil Brennstoff an Erzeuger	Standardwert = 0,4		optional: nur bei vorhandener Wärmerückgewinnung
Speicher: Kältespeicher	Standardwerte	produktspezifisch	
Teilbereich	**Verteilung Kälte**		
Verteilkreise	Indirektes System: keine abweichenden Eingaben erforderlich, Kennwerte entsprechend Planung oder Standardwerte		
Teilbereich	**Übergabe Kälte**		
Übergabesystem	Indirektes System: keine abweichenden Eingaben erforderlich, Kennwerte entsprechend Planung oder Standardwerte		

4.3 Luft-Luft-Wärmepumpe mit VRF-Innengeräten

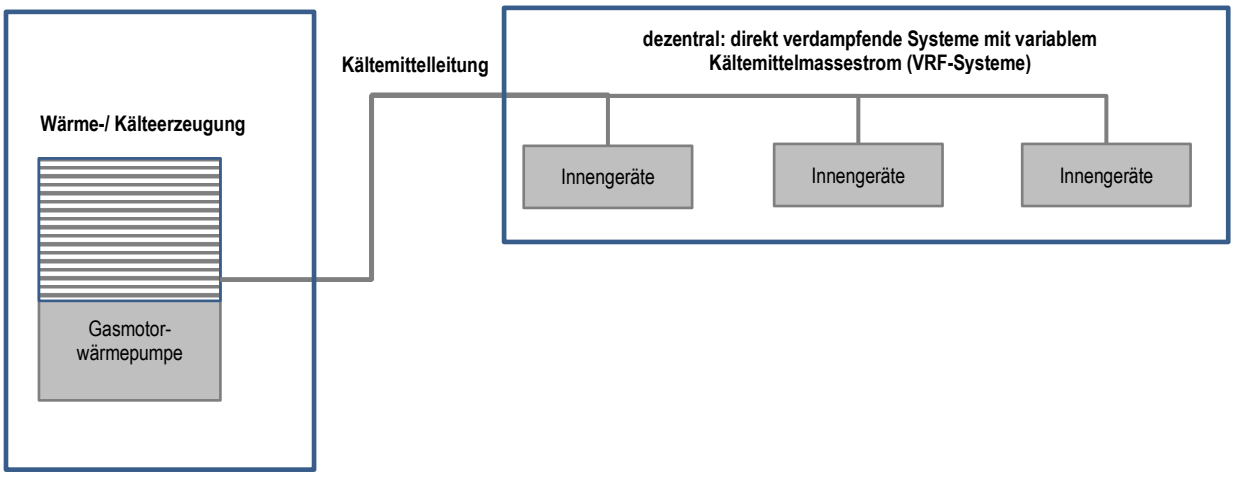


Abbildung 3 Teilbereiche Gebäudekonditionierung mit Luft-Luft-Wärmepumpe

Tabelle 2 Eingaben bei einem System mit Luft-Luft-Wärmepumpe mit VRF-Innengeräten

Abfrage	Eingabe		Bemerkung
Teilbereich	**Erzeugung Wärme (Teil 5)**		
Art Wärmeerzeuger	Wärmepumpe		
Energieträger	Erdgas		
Aufstellungsort	innerhalb thermischer Hülle		GMWP Außenaufstellung; Übergabe innen
Antrieb	gasmotorangetrieben		
Medium Quelle/Senke	Luft-Luft		
Typ Luft-Luft-Wärmepumpe	VRF-System, stetig leistungsgeregelt		
Heizleistung / Leistungszahlen	produktspezifische Eingabe der Heizleistung und Leistungszahlen		Standardwerte nach Anhang A.4 – nicht eindeutig definiert
zurückgewonnener Anteil Brennstoff an Erzeuger	Standardwert = 0,4		
Betriebsweise	auch monovalent möglich	wenn monovalent nicht wählbar, dann Alternativbetrieb WE: Gas-BW-Kessel	niedrige Bivalenztemperatur
Speicher	kein Speicher		
Teilbereich	**Verteilung Wärme**		
Verteilkreis	Definition als indirektes System: Verteilnetztyp entsprechend geplanter Übergabeeinheiten, z.B.: Etagenring oder Etagenverteiler bei Truhengeräten Verwendung von Standardwerten oder von konkreten Planungswerten		Bilanzierung der Kältemittelleitung hilfsweise als wasserführende Leitung
Teilbereich	**Übergabe Wärme**		
Übergabesystem	Direktes System (direkte Wärmeabgabe)		
Teilbereich	**Erzeugung Kälte (Teil 7)**		
Art Kälteerzeugersystem	Direktverdampfung (mit Kältemittelleitung)		
Art der Kühlung	Raumklimasystem		
Energieträger	Erdgas		
Antrieb	gasmotorangetrieben		
Art Raumklimagerät	VRF-Gerät mit variablem Kältemittelmassestrom > 12 kW		
Art Verdichter	Kolben/Scrollverdichter		
Art Kältemittel	R410A		
Art des Außenluftbetriebes	Außenluftbetrieb		
Nennkälteleistungszahl EER	produktspezifische Eingabe der Leistungszahl		
Mittlerer Teillastfaktor	Standardwert: 0,95		Verwendung des Standardwertes
Erzeuger in Splitbauweise			
zurückgewonnener Anteil Brennstoff an Erzeuger	Standardwert = 0,4		optional: nur bei vorhandener Wärmerückgewinnung
Speicher	kein Speicher		
Teilbereich	**Verteilung/Übergabe Kälte**		
Verteilkreis	Direktes System (direkte Kälteabgabe)		Keine Bilanzierung der Kältemittelleitung, im EER-Wert berücksichtigt

4.4 Luft-Luft-Wärmepumpe mit RLT-Kit

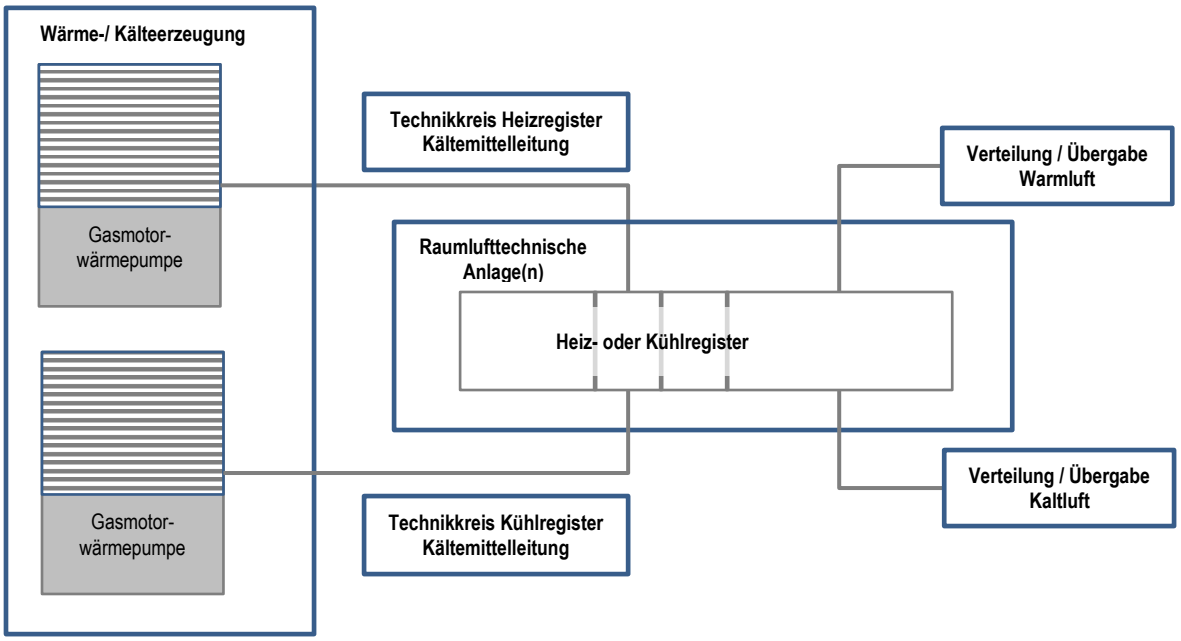


Abbildung 4 Teilbereiche Gebäudekonditionierung mit Luft-Luft-Gasmotorwärmepumpe mit RLT-Kit

Tabelle 3 Eingaben bei einem System mit Luft-Luft-Gasmotorwärmepumpe mit RLT-Kit

Abfrage	Eingabe		Bemerkung
Teilbereich	**Erzeugung Wärme (Teil 5)**		
Art Wärmeerzeuger	Wärmepumpe		
Energieträger	Erdgas		
Aufstellungsort	innerhalb thermischer Hülle		GMWP Außenaufstellung; Übergabe innen
Antrieb	gasmotorangetrieben		
Medium Quelle/Senke	Luft-Luft		
Typ Luft-Luft-Wärmepumpe	VRF-System, stetig leistungsgeregelt		
Heizleistung / Leistungszahlen	produktspezifische Eingabe der Heizleistung und Leistungszahlen		Standardwerte nach Anhang A.4 – nicht eindeutig definiert
zurückgewonnener Anteil Brennstoff an Erzeuger	Standardwert = 0,4		
Betriebsweise	auch monovalent möglich	wenn monovalent nicht wählbar, dann Alternativbetrieb WE: Gas-BW-Kessel	niedrige Bivalenztemperatur
Speicher	ohne		
Teilbereich	**Raumlufttechnische Anlage (RLT)**		
RLT-Anlage	Raumlufttechnische Anlage mit Heizfunktion		
Teilbereich	**Heizregister**		
Technikkreis	Verbindung Wärmeerzeuger mit Heizregister in RLT über Kältemittelleitung: Definition einer wasserführende Anbindung (Standard) Pumpe mit Standardwerten oder produktspezifischen Kennwerten		
Teilbereich	**Verteilung/Übergabe Warmluft**		
	Verbindung der RLT-Anlage mit der zu versorgenden Zone		
Teilbereich	**Erzeugung Kälte (Teil 7)**		
Art Kälteerzeugersystem	Direktverdampfung (mit Kältemittelleitung)		
Art der Kühlung	Raumklimasystem		
Energieträger	Erdgas		
Antrieb	gasmotorangetrieben		
Art Raumklimagerät	VRF-Gerät mit variablem Kältemittelmassestrom > 12 kW		
Art Verdichter	Kolben/Scrollverdichter		
Art Kältemittel	R410A		
Art des Außenluftbetriebes	Außenluftbetrieb		
Nennkälteleistungszahl EER	produktspezifische Eingabe der Leistungszahl		
Mittlerer Teillastfaktor	Standardwert: 0,95		Verwendung des Standardwertes
Erzeuger in Splitbauweise			

Abfrage	Eingabe	Bemerkung
zurückgewonnener Anteil Brennstoff an Erzeuger	Standardwert = 0,4	optional: nur bei vorhandener Wärmerückgewinnung
Speicher	ohne	
Teilbereich	**Raumlufttechnische Anlage (RLT)**	
RLT-Anlage	Raumlufttechnische Anlage mit Kühlfunktion	
Teilbereich	**Kühlregister**	
Technikkreis	Verbindung Kälteerzeuger mit Kühlregister in RLT über Kältemittelleitung Pumpe mit Standardwerten oder produktspezifischen Kennwerten	Keine extra Bilanzierung der Kältemittelleitung, (im EER-Wert berücksichtigt)
Teilbereich	**Verteilung/Übergabe Kaltluft**	
	Verbindung der RLT-Anlage mit der zu versorgenden Zone	

4.5 Zusammenstellung produktspezifischer Kennwerte

Nachfolgend werden die anzusetzenden produktspezifischen Kennwerte für die verschiedenen Systeme angegeben. Bei nicht angegebenen Kennwerten sind die Standardwerte zu verwenden.

Übersicht

Tabelle 4 Heizleistung und Leistungszahlen von YANMAR Gasmotorwärmepumpen (Luft-Wasser-WP mit Hydrobox) 16

Tabelle 5 Heizleistung und Leistungszahlen von YANMAR Gasmotorwärmepumpen (Luft-Wasser-Kompaktgerät) 17

Tabelle 6 Relative Heizleistung in Abhängigkeit von Quellentemperatur und Temperaturklasse (Luft-Wasser-WP) 17

Abbildung 5 Relative Heizleistung in Abhängigkeit von Quellentemperatur und Temperaturklasse (Luft-Wasser-WP) 18

Tabelle 7 Nennkälteleistungszahl von YANMAR Gasmotorwärmepumpen (Luft-Wasser-WP mit Hydrobox) 18

Tabelle 8 Nennkälteleistungszahl von YANMAR Gasmotorwärmepumpen (Luft-Wasser-Kompaktgerät) 18

Tabelle 9 Heizleistung und Leistungszahlen von YANMAR Gasmotorwärmepumpen (Luft-Luft-Wärmepumpe) 19

Tabelle 10 Nennkälteleistungszahl von YANMAR Gasmotorwärmepumpen (Luft-Luft-Wärmepumpe) 19

4.5.1 Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Hydrobox / Luft-Wasser-Kompaktgerät

Tabelle 4 Heizleistung und Leistungszahlen von YANMAR Gasmotorwärmepumpen (Luft-Wasser-WP mit Hydrobox)

Luft-Wasser-GMWP	Temperatur-klasse VL	Temperatur-klasse Primär	Heizleistung in kW	Leistungszahl COP	Temperatur-klasse VL	Temperatur-klasse Primär	Heizleistung in kW	Leistungszahl COP
ENCP450J	35 °C	-7 °C	45,2	1,08	45 °C	-7 °C	43,6	1,00
		2 °C	54,9	1,14		2 °C	54,2	1,05
		7 °C	48,2	1,35		7 °C	47,0	1,27
		10 °C	52,4	1,49		10 °C	50,8	1,42
	40 °C	-7 °C	44,5	1,05	50 °C	-7 °C	40,1	0,91
		2 °C	54,3	1,09		2 °C	47,7	0,92
		7 °C	47,7	1,32		7 °C	45,5	1,22
		10 °C	51,6	1,45		10 °C	48,7	1,32
ENCP560J	35 °C	-7 °C	54,2	1,04	45 °C	-7 °C	52,3	0,97
		2 °C	65,9	1,10		2 °C	65,0	1,02
		7 °C	57,9	1,31		7 °C	56,4	1,23
		10 °C	62,8	1,43		10 °C	61,0	1,36
	40 °C	-7 °C	52,8	1,00	50 °C	-7 °C	48,1	0,87
		2 °C	65,2	1,05		2 °C	57,2	0,88
		7 °C	57,2	1,27		7 °C	54,6	1,17
		10 °C	62,0	1,40		10 °C	58,5	1,28
ENCP710J	35 °C	-7 °C	64,5	1,11	45 °C	-7 °C	60,0	0,98
		2 °C	80,2	1,25		2 °C	74,0	1,13
		7 °C	75,9	1,38		7 °C	71,0	1,22
		10 °C	78,0	1,43		10 °C	73,2	1,27
	40 °C	-7 °C	62,0	1,05	50 °C	-7 °C	59,6	0,96
		2 °C	77,2	1,20		2 °C	68,0	1,03
		7 °C	74,5	1,33		7 °C	68,5	1,11
		10 °C	76,5	1,39		10 °C	72,2	1,20
ENCP850J	35 °C	-7 °C	74,7	1,05	45 °C	-7 °C	71,7	1,00
		2 °C	92,8	1,21		2 °C	88,7	1,14
		7 °C	90,3	1,39		7 °C	86,1	1,26
		10 °C	89,8	1,47		10 °C	88,2	1,37
	40 °C	-7 °C	73,4	1,03	50 °C	-7 °C	68,4	0,94
		2 °C	90,3	1,17		2 °C	82,7	1,06
		7 °C	87,7	1,33		7 °C	81,1	1,17
		10 °C	89,3	1,42		10 °C	80,5	1,23

Tabelle 5 Heizleistung und Leistungszahlen von YANMAR Gasmotorwärmepumpen (Luft-Wasser-Kompaktgerät)

Luft-Wasser-GMWP	Temperatur-klasse VL	Temperatur-klasse Primär	Heizleistung in kW	Leistungszahl COP	Temperatur-klasse VL	Temperatur-klasse Primär	Heizleistung in kW	Leistungszahl COP
ECWP710J	35 °C	-7 °C	72,3	0,93	50 °C	-7 °C	-	-
		2 °C	87,9	1,12		2 °C	68,1	1,00
		7 °C	81,5	1,38		7 °C	71,3	1,20
		10 °C	85,4	1,46		10 °C	74,8	1,27
	40 °C	-7 °C	71,6	0,89	55 °C	-7 °C	-	-
		2 °C	87,1	1,07		2 °C	-	-
		7 °C	80,7	1,31		7 °C	62,6	1,12
		10 °C	84,7	1,41		10 °C	65,7	1,19
	45 °C	-7 °C	70,9	0,85				
		2 °C	86,3	1,03				
		7 °C	80,0	1,26				
		10 °C	83,9	1,34				

Tabelle 6 Relative Heizleistung in Abhängigkeit von Quellentemperatur und Temperaturklasse (Luft-Wasser-WP)

Quellen-temperatur	Relative Heizleistung bei				
°C	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C	50°C
-10	0,78	0,75	0,72	0,69	0,67
-9	0,79	0,76	0,73	0,70	0,67
-8	0,79	0,76	0,73	0,71	0,68
-7	0,80	0,77	0,74	0,71	0,69
-6	0,81	0,78	0,75	0,72	0,69
-5	0,82	0,79	0,76	0,73	0,70
-4	0,83	0,80	0,77	0,74	0,72
-3	0,84	0,81	0,78	0,76	0,73
-2	0,85	0,82	0,80	0,77	0,74
-1	0,86	0,84	0,81	0,78	0,76
0	0,88	0,85	0,83	0,80	0,77
1	0,90	0,87	0,84	0,82	0,79
2	0,91	0,89	0,86	0,83	0,81
3	0,93	0,91	0,88	0,85	0,83
4	0,95	0,93	0,90	0,88	0,85
5	0,97	0,95	0,92	0,90	0,87
6	0,99	0,97	0,94	0,92	0,89
7	1,02	0,99	0,97	0,94	0,92
8	1,04	1,02	0,99	0,97	0,95
9	1,07	1,05	1,02	1,00	0,97
10	1,10	1,07	1,05	1,02	1,00
11	1,12	1,10	1,08	1,05	1,03
12	1,15	1,13	1,11	1,08	1,06
13	1,18	1,16	1,14	1,12	1,09
14	1,22	1,19	1,17	1,15	1,12
15	1,25	1,23	1,20	1,18	1,16

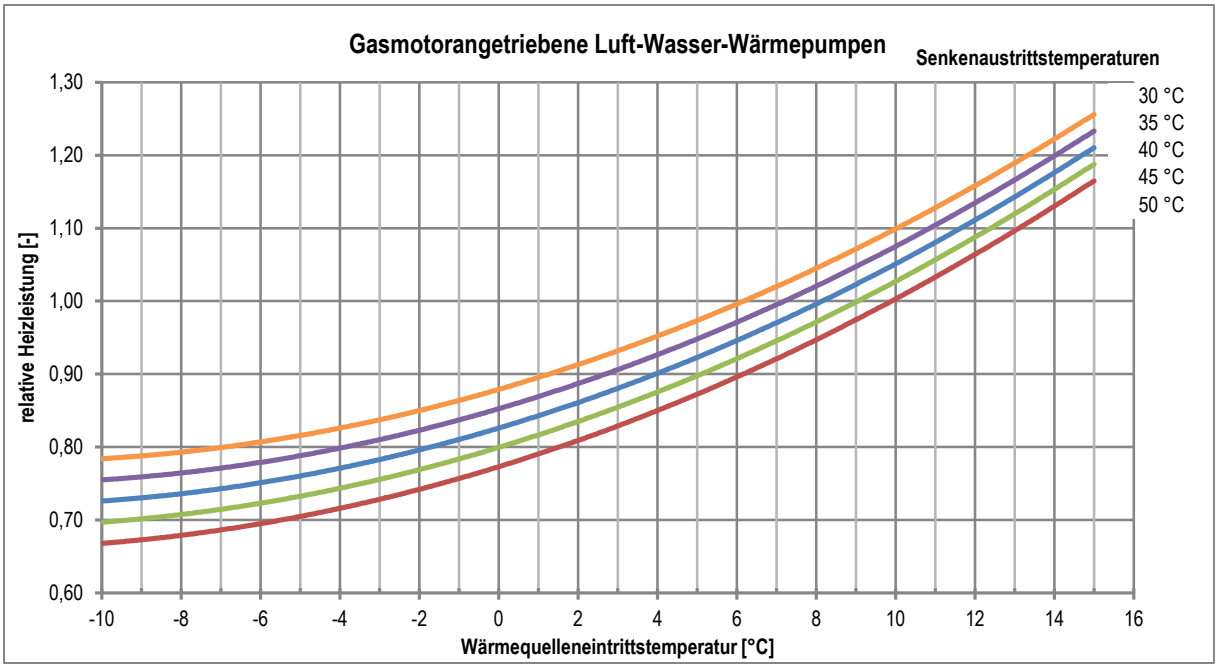


Abbildung 5 Relative Heizleistung in Abhängigkeit von Quellentemperatur und Temperaturklasse (Luft-Wasser-WP)

Tabelle 7 Nennkälteleistungszahl von YANMAR Gasmotorwärmepumpen (Luft-Wasser-WP mit Hydrobox)

Luft-Wasser-GMWP	Quellentemperatur °C	Senkentemperatur °C	Nennkälteleistungszahl EER
ENCP450J	33 °C	7 °C	1,12
	33 °C	10 °C	1,19
	33 °C	15 °C	1,28
ENCP560J	33 °C	7 °C	1,12
	33 °C	10 °C	1,18
	33 °C	15 °C	1,27
ENCP710J	33 °C	7 °C	1,14
	33 °C	10 °C	1,17
	33 °C	15 °C	1,26
ENCP850J	33 °C	7 °C	1,14
	33 °C	10 °C	1,17
	33 °C	15 °C	1,26

Tabelle 8 Nennkälteleistungszahl von YANMAR Gasmotorwärmepumpen (Luft-Wasser-Kompaktgerät)

Luft-Wasser-GMWP	Quellentemperatur °C	Senkentemperatur °C	Nennkälteleistungszahl EER
ECWP710J	33 °C	7 °C	1,10
	33 °C	10 °C	1,18
	33 °C	15 °C	1,27

4.5.2 Luft-Luft-Wärmepumpe mit VRF-Inneneinheiten oder RLT-Kit

Tabelle 9 Heizleistung und Leistungszahlen von YANMAR Gasmotorwärmepumpen (Luft-Luft-Wärmepumpe)

Luft-Luft-GMWP	Senkentemperatur	Quellentemperatur	Leistung kW	COP
ENCP450J	20 °C	-7 °C	53,0	1,07
		2 °C	52,9	1,44
		7 °C	50,6	1,66
		10 °C	54,3	1,73
ENCP560J	20 °C	-7 °C	58,0	1,03
		2 °C	58,0	1,31
		7 °C	63,6	1,57
		10 °C	68,2	1,65
ENCP710J	20 °C	-7 °C	78,3	1,05
		2 °C	84,7	1,21
		7 °C	80,7	1,50
		10 °C	90,4	1,50
ENCP850J	20 °C	-7 °C	95,3	1,07
		2 °C	95,8	1,21
		7 °C	95,8	1,51
		10 °C	102,6	1,58

Tabelle 10 Nennkälteleistungszahl von YANMAR Gasmotorwärmepumpen (Luft-Luft-Wärmepumpe)

Luft-Luft-GMWP	Quellentemperatur	Senkentemperatur	Nennkälteleistungszahl EER
ENCP850J	33 °C	19 °C	1,38
ENCP710J	33 °C	19 °C	1,37
ENCP560J	33 °C	19 °C	1,35
ENCP450J	33 °C	19 °C	1,44

5 Beispielrechnungen

5.1 Gebäude

Am Beispiel eines kleineren Bürogebäudes werden Systemvarianten mit Gasmotorwärmepumpe berechnet. Vereinfachend wird das Gebäude in zwei Zonen aufgeteilt (Abbildung 6), die wie folgt konditioniert werden:

Zone 1 - Gruppenbüro: Heizung

Zone 2 - Sitzung: Heizung und Kühlung.

Wesentliche bauliche Kennwerte sind in Tabelle 11 angegeben.

Tabelle 11 Gebäudekennwerte

Nettogrundfläche [m²]	1.433
Bruttovolumen [m³]	6.804
Hüllfläche [m²]	2.567

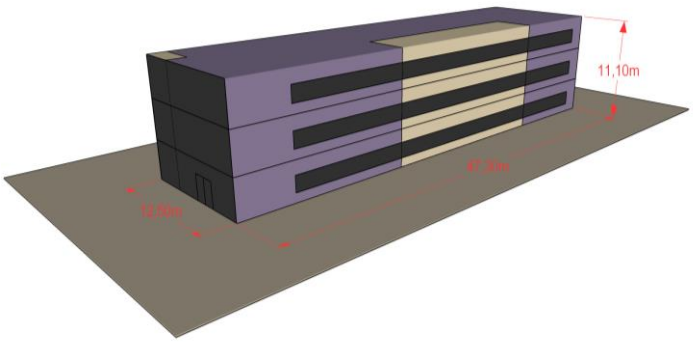


Abbildung 6 Bürogebäude klein

Nachfolgend werden wesentliche Eingaben zur Abbildung der Gasmotorwärmepumpe als Wärme- und Kälteerzeuger für die Systemvarianten mit den angegebenen Berechnungsprogrammen dargestellt. Eingaben die auch bei anderen Heizungssystemen notwendig wären, werden nicht detailliert beschrieben.

5.2 Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Hydrobox

Tabelle 12 Anlagenbeschreibung und Berechnungsprogramm

Wärmeerzeuger	Luft-Wasser-Gasmotorwärmepumpe mit Hydrobox und Pufferspeicher
Kälteerzeuger	Luft-Wasser-Gasmotorwärmepumpe mit Hydrobox und Pufferspeicher
Verteilung Wärme	Wasserführendes Rohrleitungssystem
Verteilung Kälte	Wasserführendes Rohrleitungssystem
Übergabe Wärme	Flächenheizung
Übergabe Kälte	Deckenstrahlplatten
Berechnungsprogramm	Solar-Computer Version 5.17.01

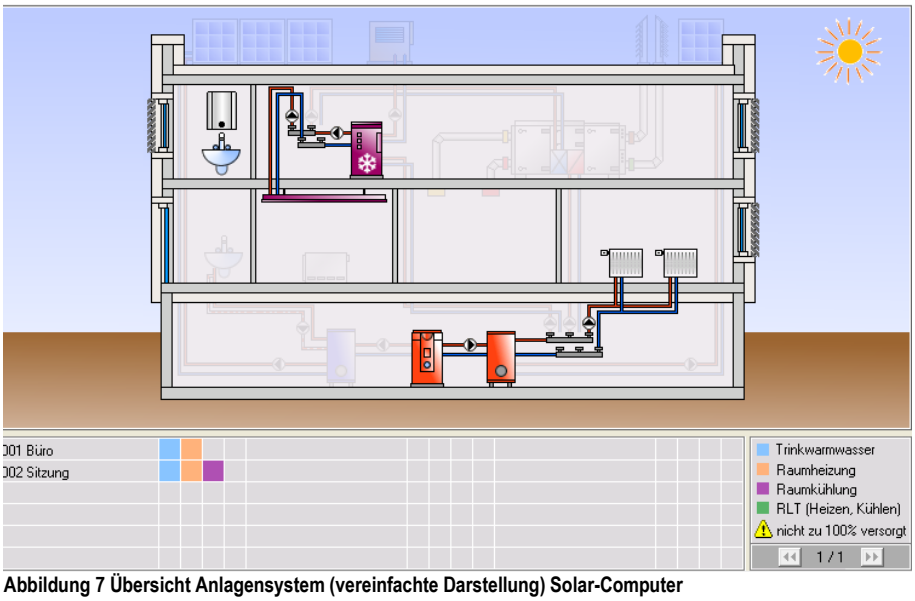
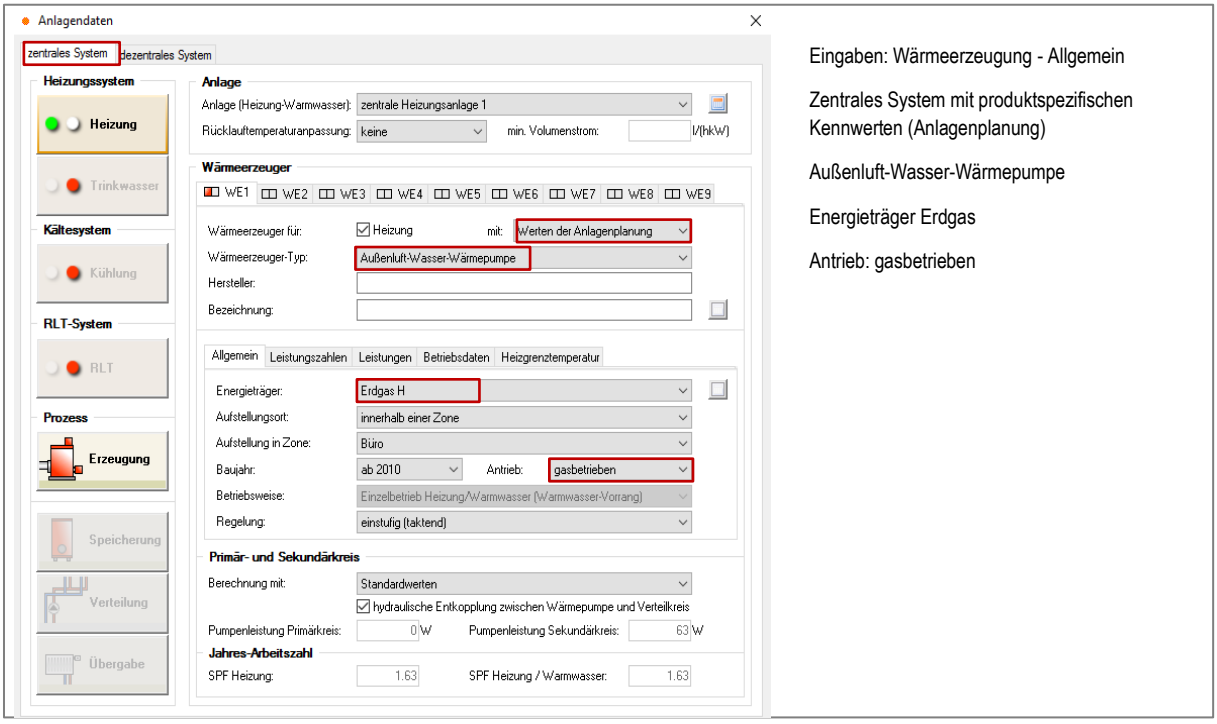


Abbildung 7 Übersicht Anlagensystem (vereinfachte Darstellung) Solar-Computer



Eingaben: Wärmeerzeugung - Allgemein

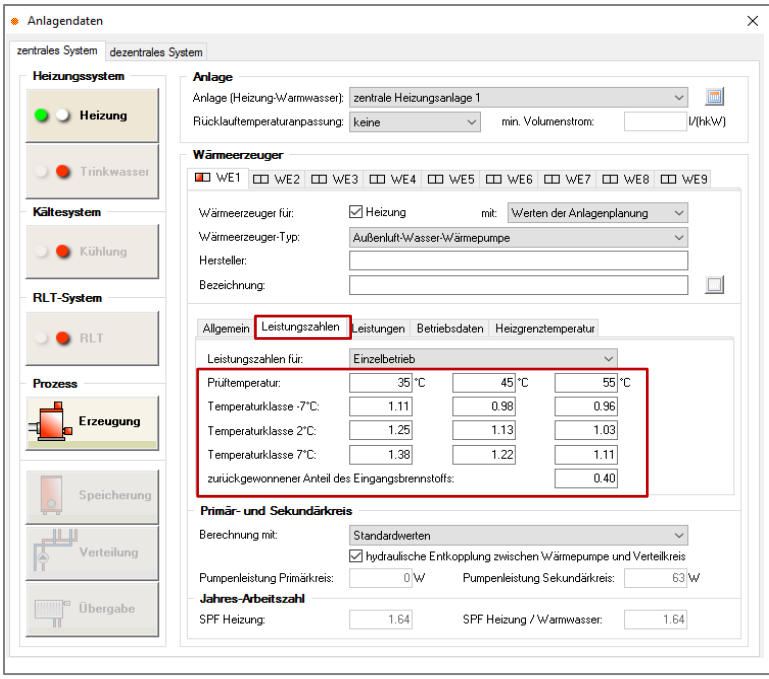
Zentrales System mit produktspezifischen Kennwerten (Anlagenplanung)

Außenluft-Wasser-Wärmepumpe

Energieträger Erdgas

Antrieb: gasbetrieben

Abbildung 8 Erzeugung Wärme – Allgemeine Angaben zentrales System

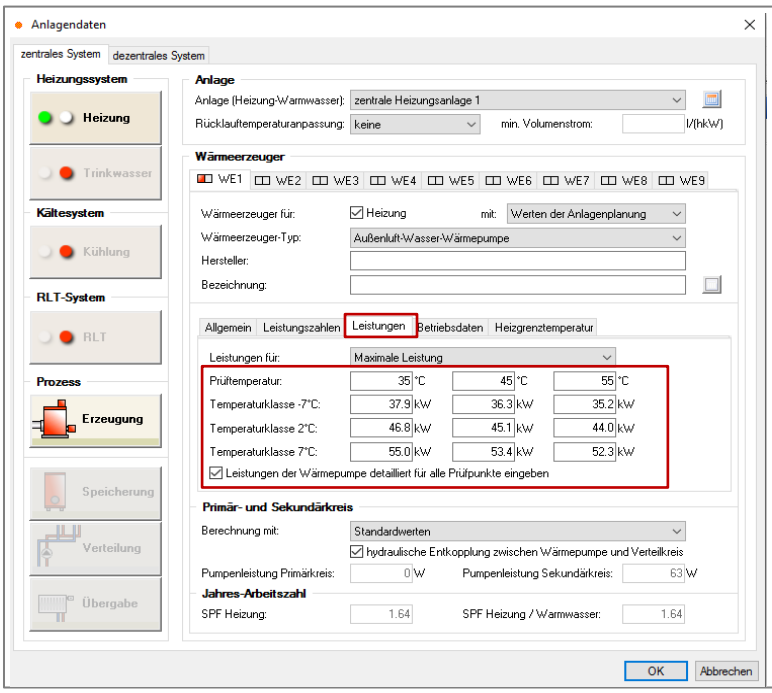


Eingaben: Wärmeerzeugung - Leistungszahlen

Eingabe der produktspezifischen Leistungszahlen für verschiedene Temperaturklassen (keine Verwendung von Standarddaten!)

Zurückgewonnener Anteil des Eingangsbrennstoffs: Verwendung des Standardwertes oder Wert aus der Anlagenplanung

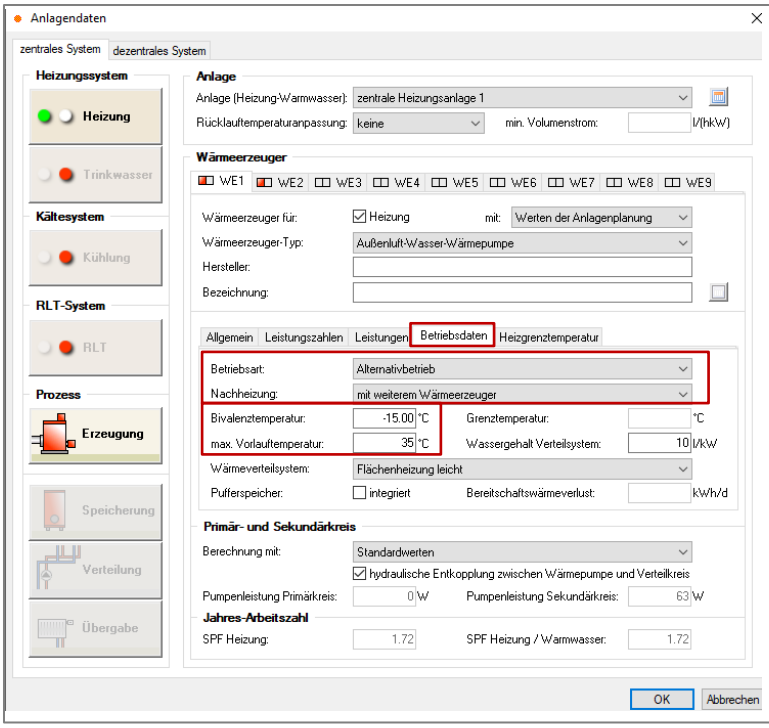
Abbildung 9 Erzeugung Wärme – Eingabe Leistungszahlen GMWP



Eingaben: Wärmeerzeugung - Leistungen

Eingabe der produktspezifischen Leistungen für verschiedene Temperaturklassen

Abbildung 10 Erzeugung Wärme – Eingabe Leistung GMWP



Eingaben: Wärmeerzeugung - Betriebsdaten

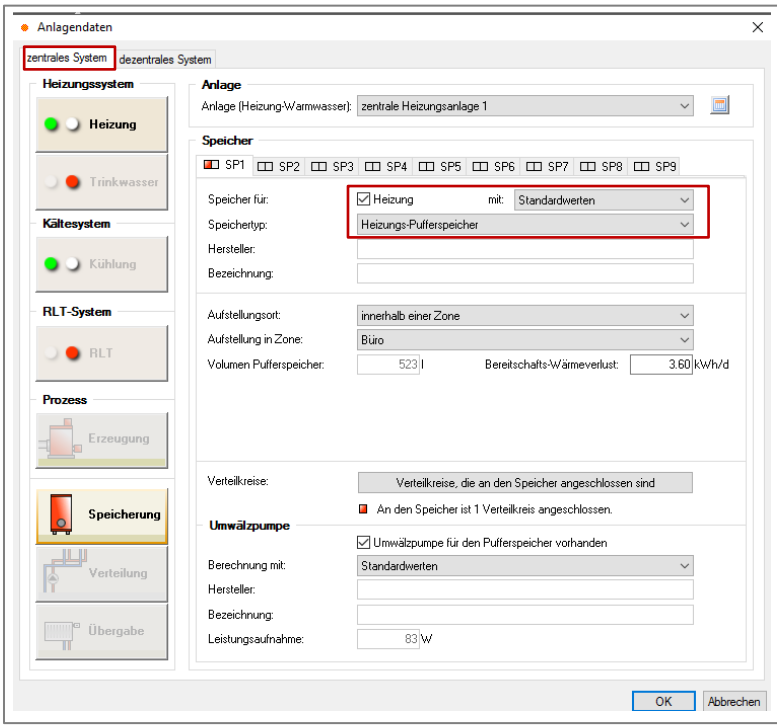
Eingabe monovalenter oder bivalenter Betrieb

Wenn monovalenter Betrieb nicht wählbar, dann Eingabe Alternativbetrieb mit weiteren Wärmeerzeuger, niedrige Bivalenztemperatur

WE 2: Gas-Brennwertkessel

Anlage Heizungspufferspeicher

Abbildung 11 Erzeugung Wärme – Eingabe Betriebsdaten GMWP

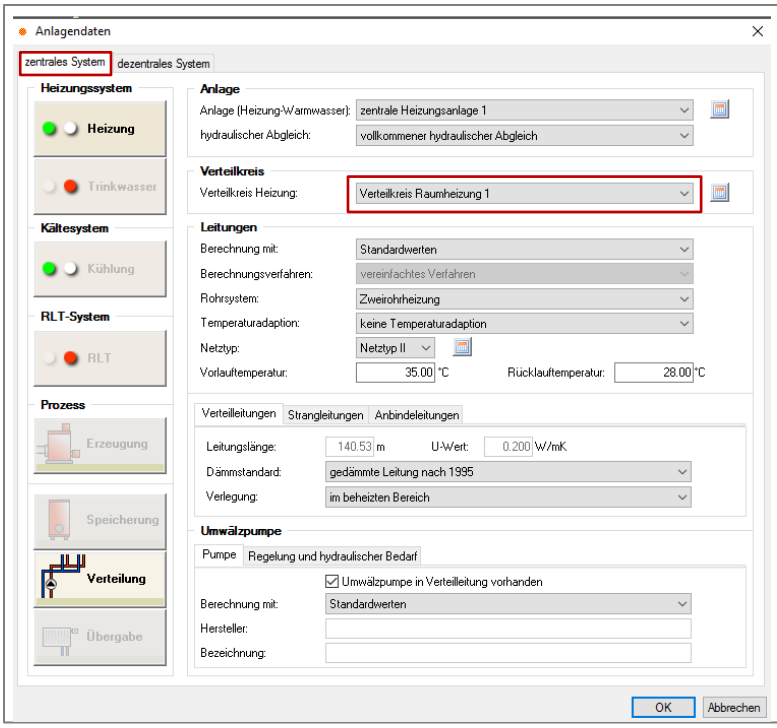


Eingaben: Heizungspufferspeicher

Berechnung mit Standardwerten oder konkreten Planungsdaten

Anschluss Verteilkreis Wärme

Abbildung 12 Heizungspufferspeicher – wasserführendes System

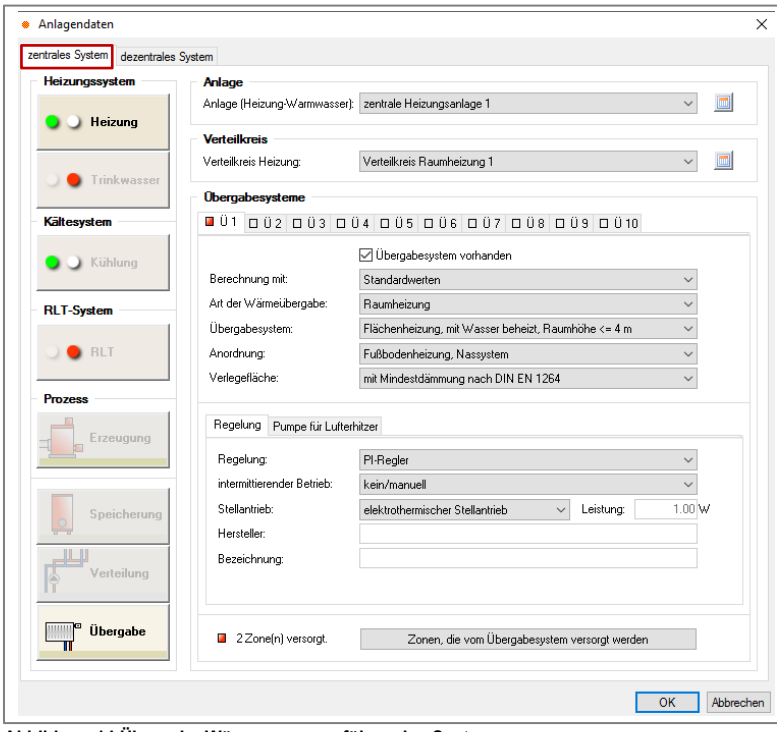


Eingaben: Verteilung Wärme

Definition der Verteilkreise Wärme

Umwälzpumpe in Verteilleitung vorhanden

Abbildung 13 Verteilung Wärme – wasserführendes System

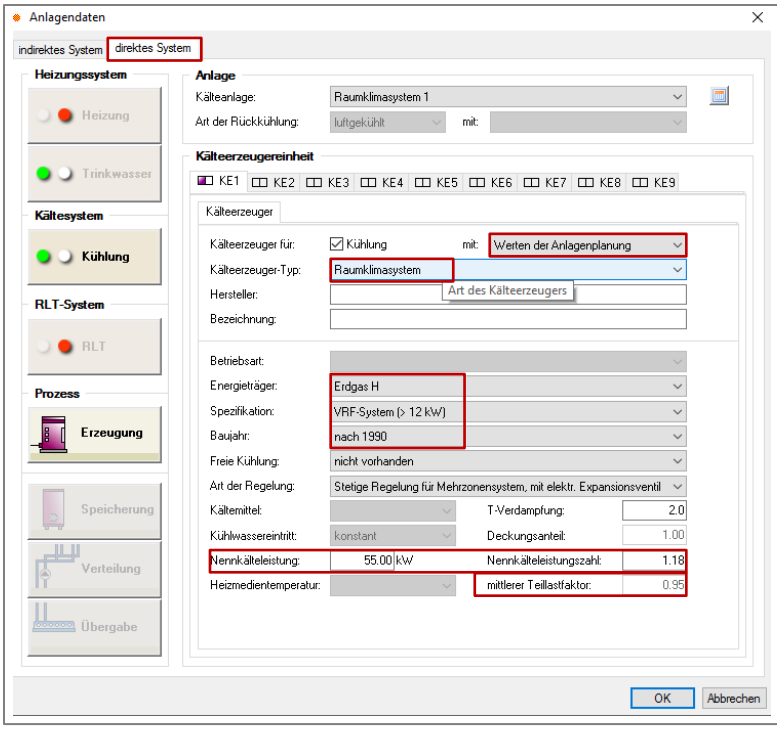


Eingaben: Übergabe Wärme

Definition der Übergabesysteme Wärme entsprechend der konkreten Anlagenplanung (Heizflächen, Flächenheizung)

wasserführendes System

Abbildung 14 Übergabe Wärme – wasserführendes System



Eingaben: Kälteerzeugung

Direktes System: Raumklimasystem mit produktspezifischen Kennwerten (Anlagenplanung)

Energieträger: Erdgas

VRF-System > 12 kW

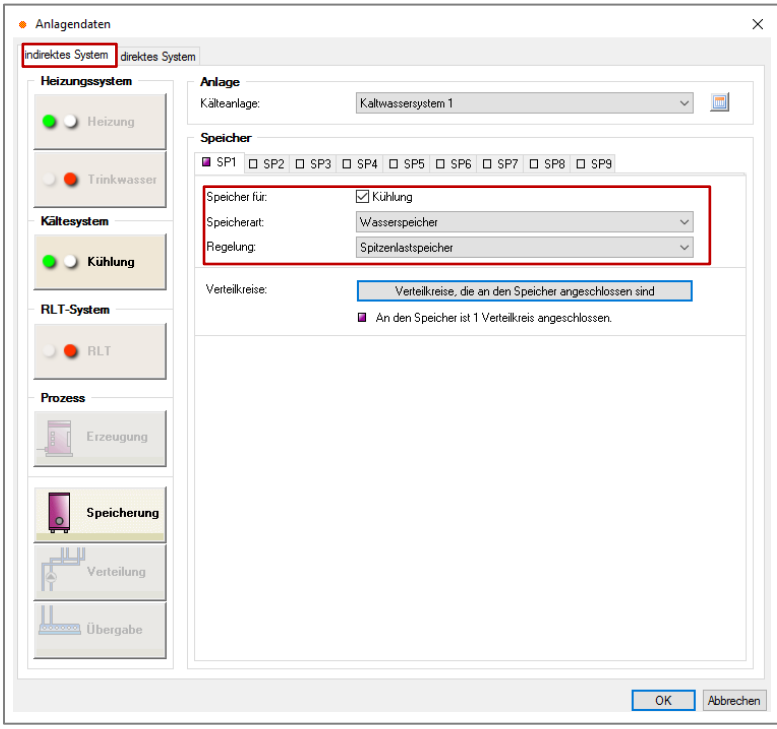
Eingabe der geplanten Nennkälteleistung und der Nennkälteleistungszahl

Verwendung des Standardwertes für den mittleren Teillastfaktor

Diese Vorgehensweise muss auch bei wasserführenden Anlagensystemen gewählt werden und weiterhin eine Verteilung für die Kälte mit Wasser als Energieträger definiert und angeschlossen werden.

optional: zurückgewonnener Anteil Brennstoff an Erzeuger bei vorhandener Wärmerück-gewinnung, diese Funktion ist derzeit mit diesem Programm noch nicht möglich.

Abbildung 15 Erzeugung Kälte – Direktverdampfung (mit Kältemittelleitung) Raumklimasystem

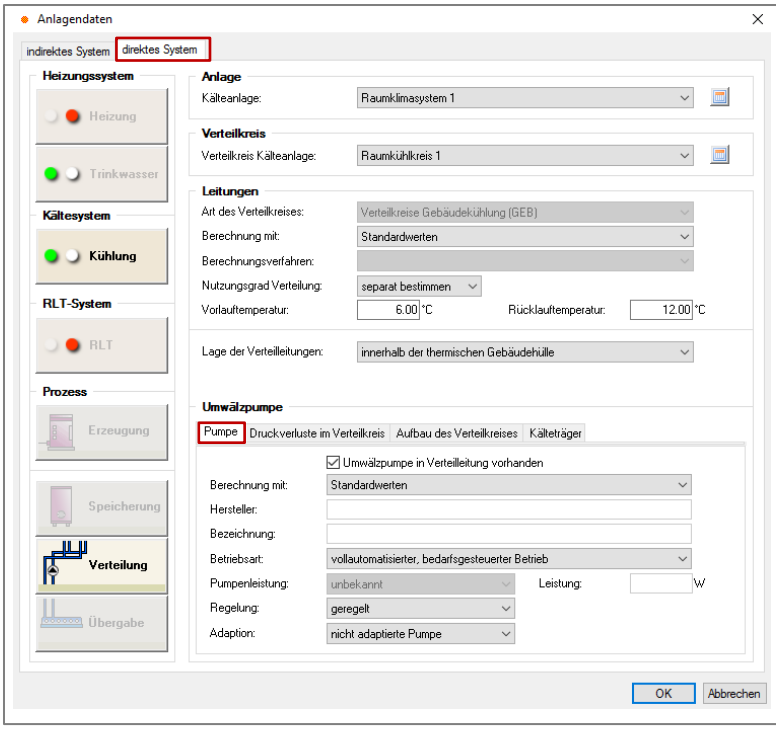


Eingabe: Kältespeicher

Wasserspeicher

Anschluss Verteilkreis Kühlung

Abbildung 16 Kältespeicher – wasserführendes System



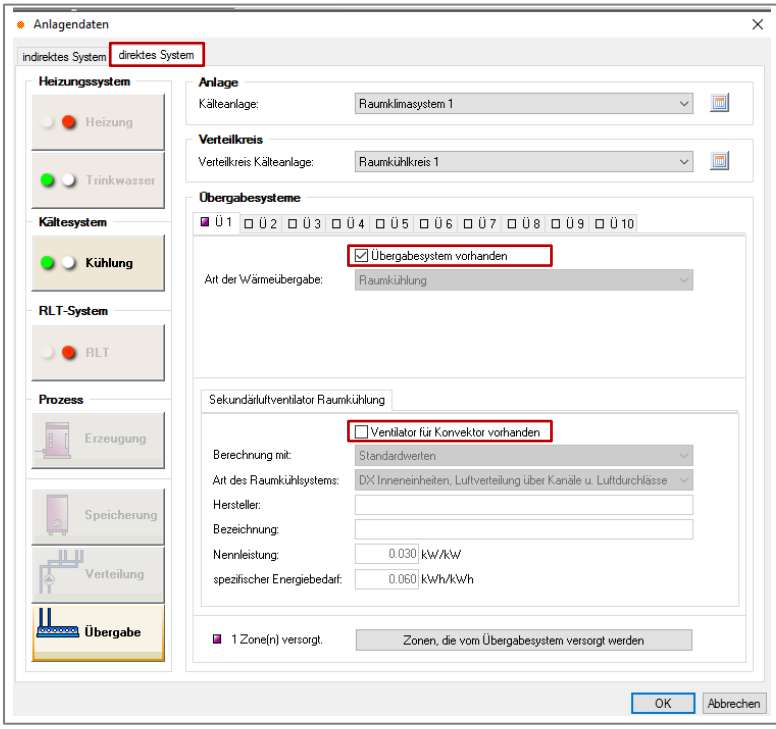
Eingaben: Verteilkreis Kühlung

Definition eines Verteilkreises mit Anbindung an das Raumklimasystem

Umwälzpumpe in Verteilung vorhanden

Kälteträger: Wasser

Abbildung 17 Verteilung Kälte – wasserführendes System



Eingaben: Übergabe Kühlung

Wasserführendes System,

Übergabesystem vorhanden

keine Sekundärluftventilatoren

Abbildung 18 Übergabe Kälte – wasserführendes System

5.3 Luft-Luft-Wärmepumpe mit VRF-Inneneinheiten

Tabelle 13 Anlagenbeschreibung und Berechnungsprogramm

Wärmeerzeuger	Luft-Luft-Gasmotorwärmepumpe
Kälteerzeuger	Luft-Luft-Gasmotorwärmepumpe
Verteilung Wärme	Kältemittelleitung zwischen GMWP und Inneneinheiten
Verteilung Kälte	Kältemittelleitung zwischen GMWP und Inneneinheiten
Übergabe Wärme	VRF-Inneneinheiten
Übergabe Kälte	VRF-Inneneinheiten
Berechnungsprogramm	IBP 18599 Version 6.1.104.597

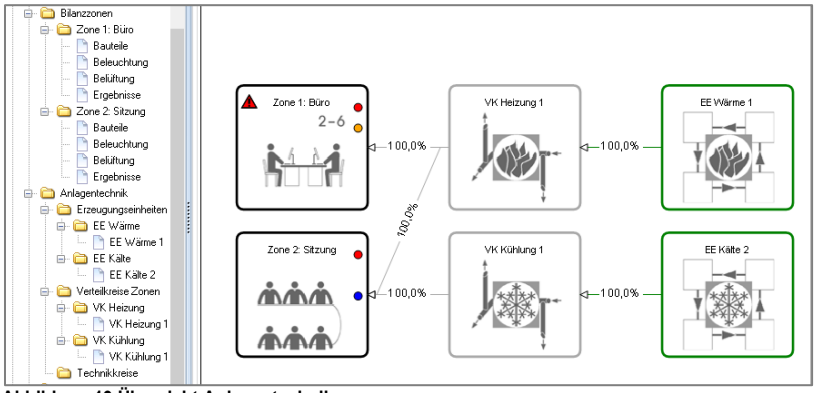


Abbildung 19 Übersicht Anlagentechnik

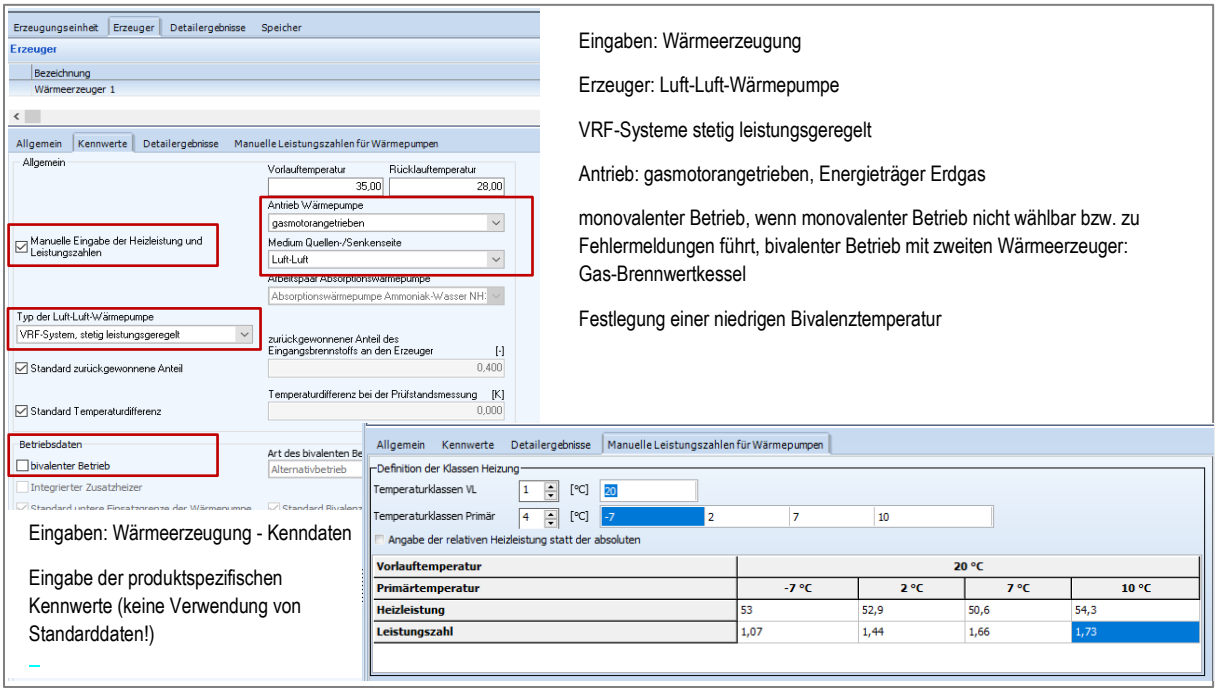
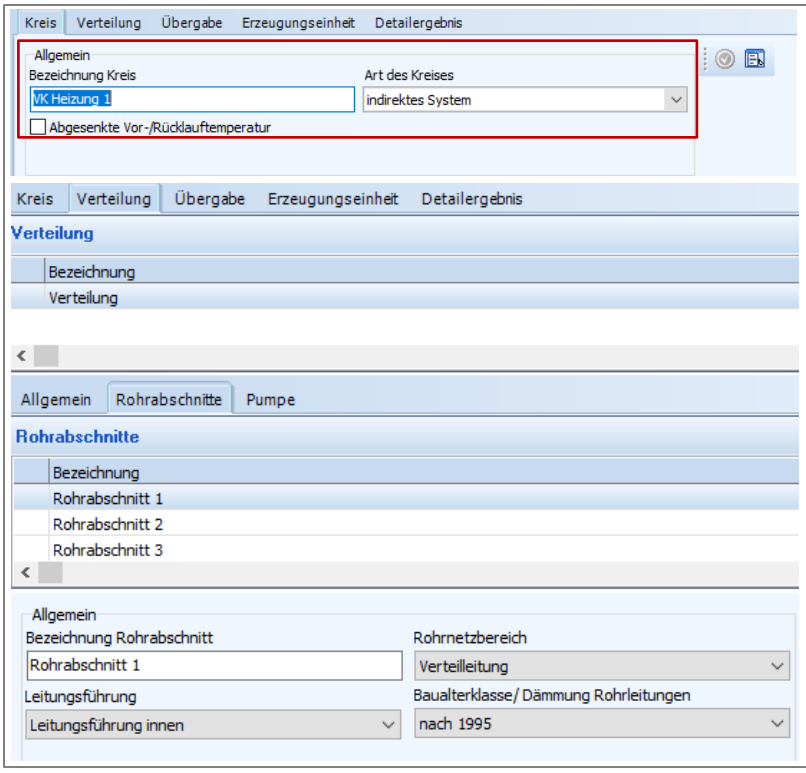


Abbildung 20 Wärmeerzeugung – allgemeine Angaben und spezifische Kennwerte



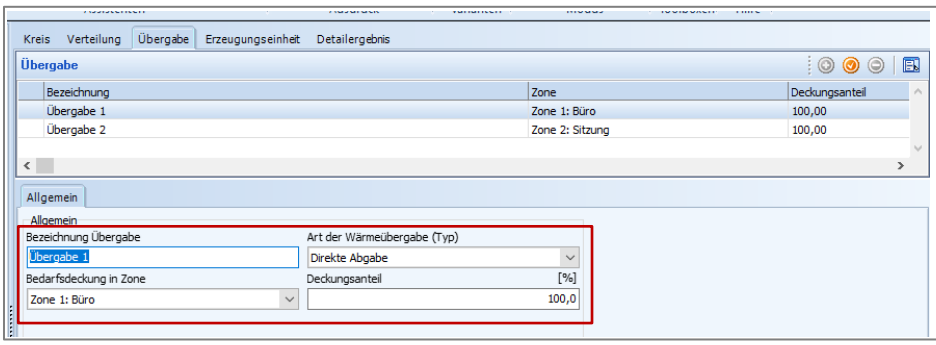
Eingaben: Verteilung

Definition als indirektes System

Verteilnetztyp in Abhängigkeit des Übergabesystems (Truhengeräte oder Deckengeräte)

Verwendung von Standardwerten oder von konkreten Planungsdaten

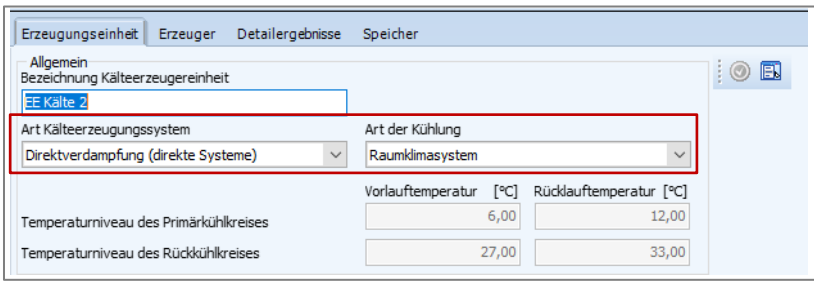
Abbildung 21 Verteilung Wärme – indirektes System



Eingaben: Übergabe Wärme

Direkte Wärmeabgabe

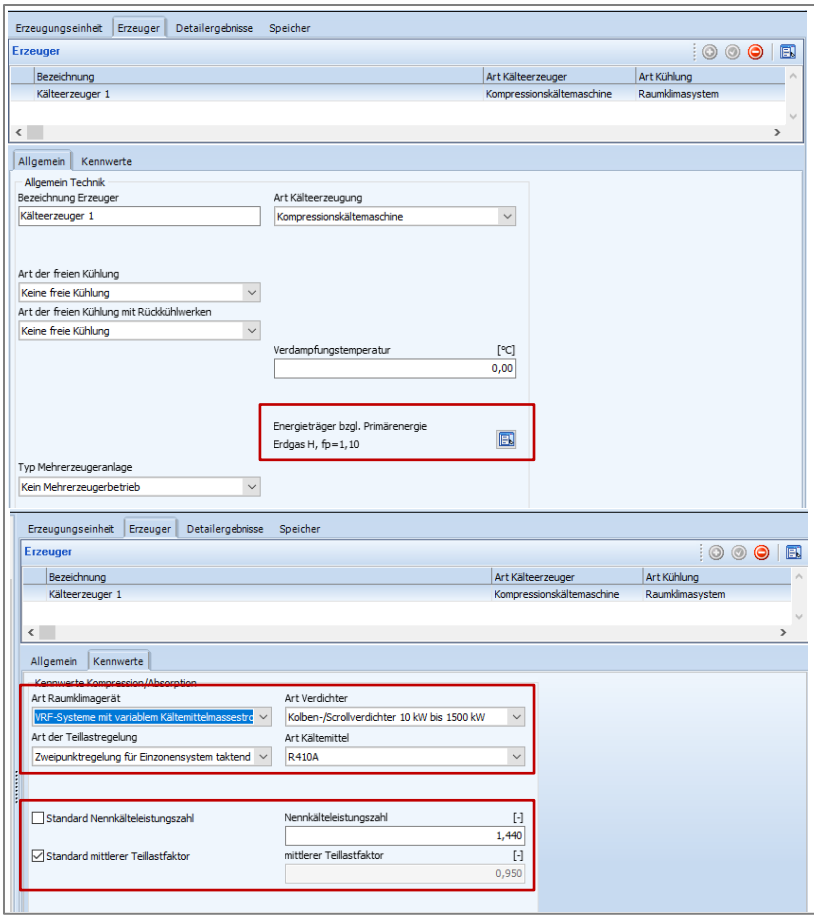
Abbildung 22 Übergabe Wärme



Eingaben: Kälteerzeugung

Direktes System: Raumklimasystem

Abbildung 23 Kälteerzeugung – allgemeine Angaben



Eingaben: Kälteerzeugung

Energieträger: Erdgas

VRF-System mit variablem Kältemittelmassestrom

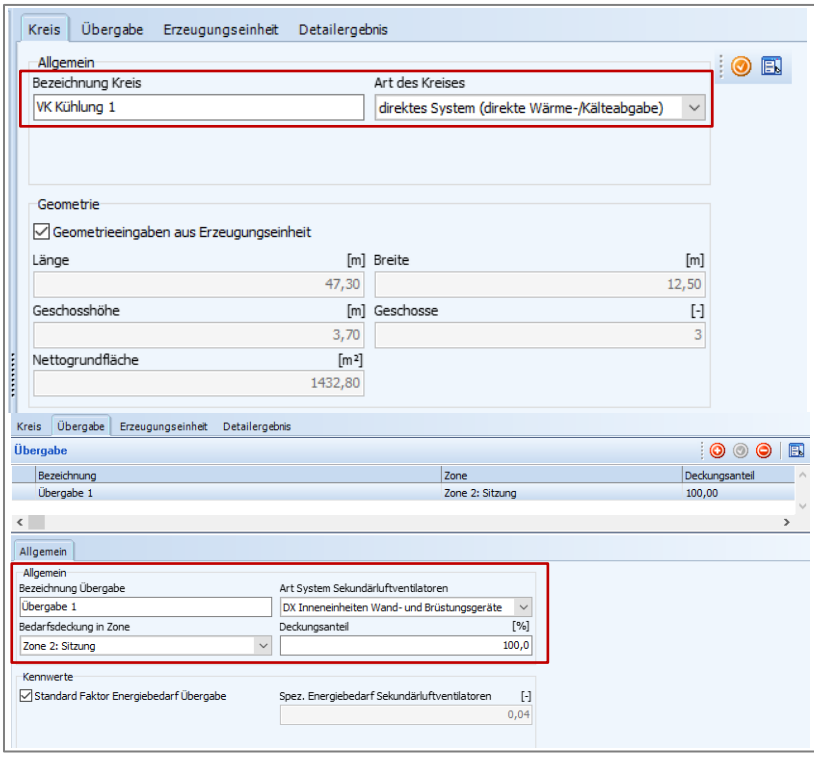
Keine Bilanzierung der Kältemittelleitung zwischen Gas-Wärmepumpe und VRF-Geräten

Eingabe der Nennkälteleistungszahl und ggf. der Nennkälteleistung

Verwendung des Standardwertes für den mittleren Teillastfaktor

optional: zurückgewonnener Anteil Brennstoff an Erzeuger bei vorhandener Wärmerück-gewinnung, diese Funktion ist derzeit mit diesem Programm noch nicht möglich.

Abbildung 24 Kälteerzeugung



Eingaben: Übergabe Kälte

Direkte Kälteabgabe mit DX-Inneneinheiten

Keine extra Bilanzierung der Kältemittelleitung zwischen Gas-Wärmepumpe und Inneneinheit

Abbildung 25 Übergabe Kälte

5.4 Luft-Luft-Wärmepumpe mit RLT-Kit

Tabelle 14 Anlagenbeschreibung und Berechnungsprogramm

Wärmeerzeuger	Luft-Luft-Gasmotorwärmepumpe
Kälteerzeuger	Luft-Luft-Gasmotorwärmepumpe
RLT-Anlage	Kältemittelleitung zwischen GMWP und Heizregister
RLT-Anlage	Kältemittelleitung zwischen GMWP und Kühlregister
Verteilung Wärme	Warmluftkreis
Verteilung Kälte	Kaltluftkreis
Übergabe Wärme	Deckenauslässe
Übergabe Kälte	Deckenauslässe
Berechnungsprogramm	Hottgenroth Energieberater Version 9.0.8.17

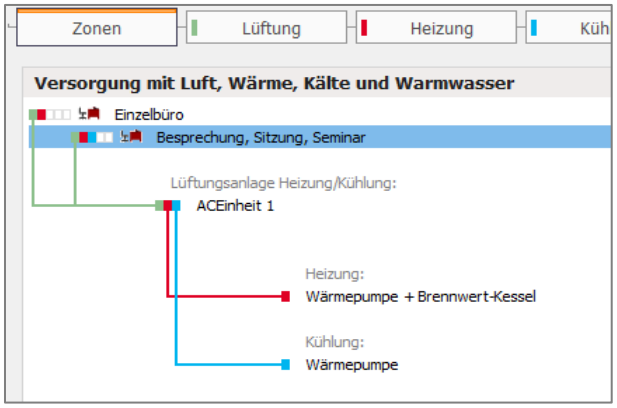
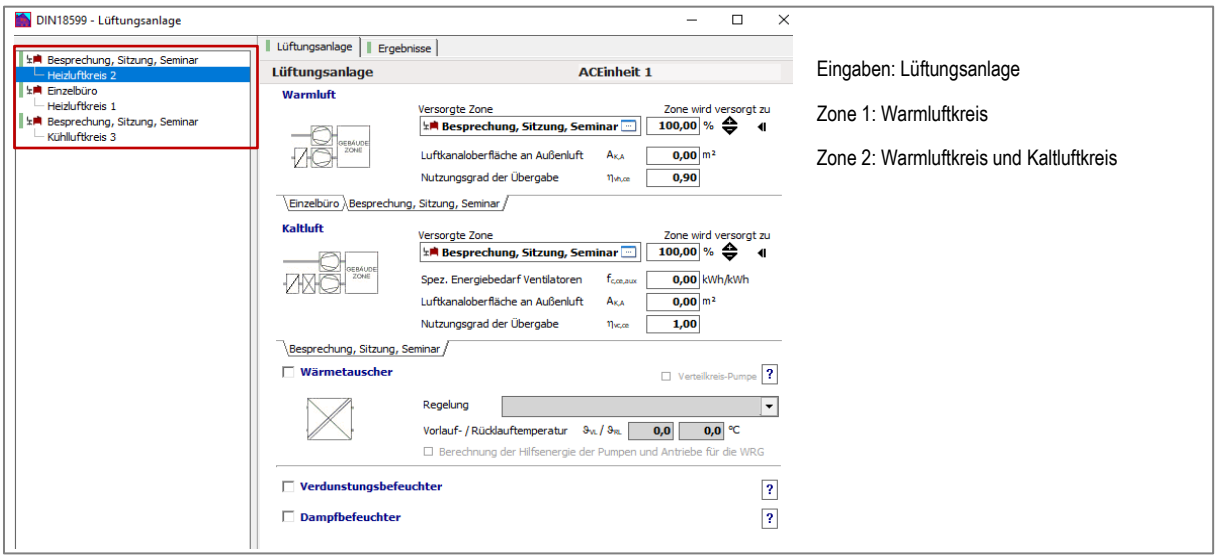


Abbildung 26 Übersicht Anlagentechnik

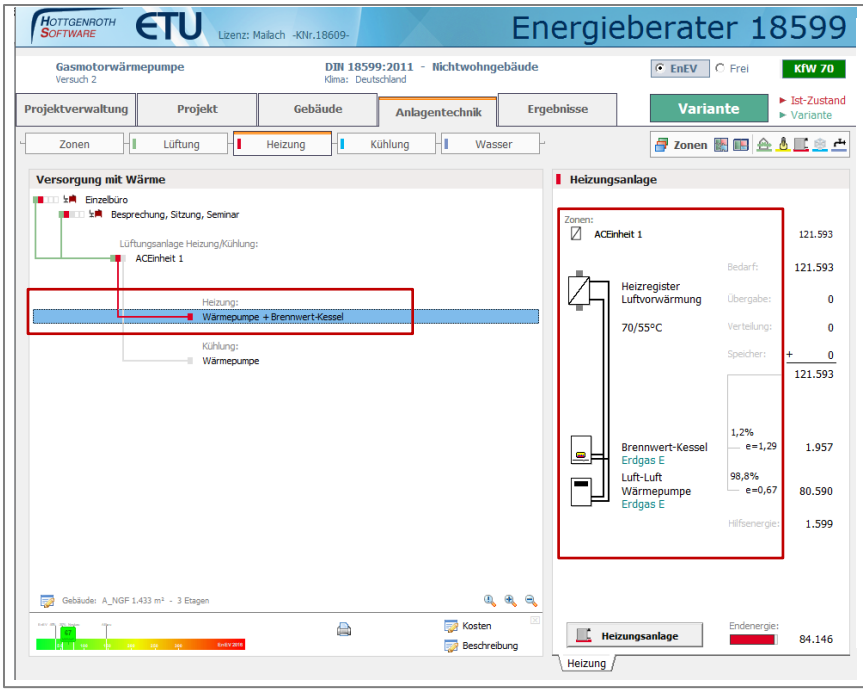


Eingaben: Lüftungsanlage

Zone 1: Warmluftkreis

Zone 2: Warmluftkreis und Kaltluftkreis

Abbildung 27 Lüftungsanlage



Eingaben: Wärmeerzeugung

Zentrales System mit produktspezifischen Kennwerten (Anlagenplanung)

Erzeuger:

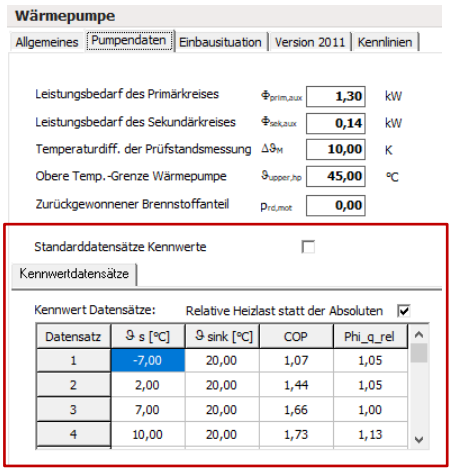
Luft-Luft-Wärmepumpe

VRF-Systeme stetig leistungsgeregelt

Antrieb: gasmotorangetrieben

Energieträger Erdgas

Abbildung 28 Wärmeerzeugung – allgemeine Angaben



Eingaben: Wärmeerzeugung - Pumpendaten

Eingabe der produktspezifischen Kennwerte (keine Verwendung von Standardwerten möglich!)

Eingaben: Wärmeerzeugung - Einbausituation

Monovalenter Betrieb

Wenn monovalenter Betrieb nicht wählbar bzw. zu Fehlermeldungen führt, bivalenter Betrieb mit zweiten Wärmeerzeuger: Gas-Brennwertkessel, sehr niedrige Bivalenztemperatur

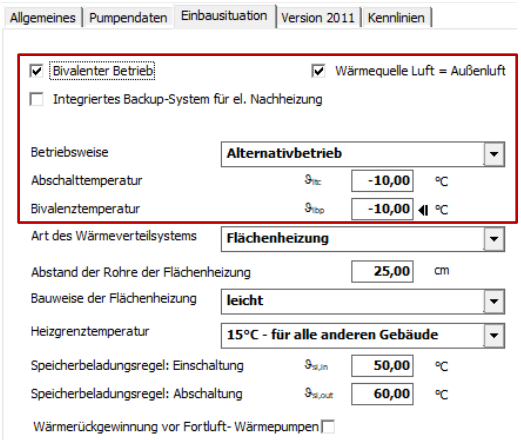
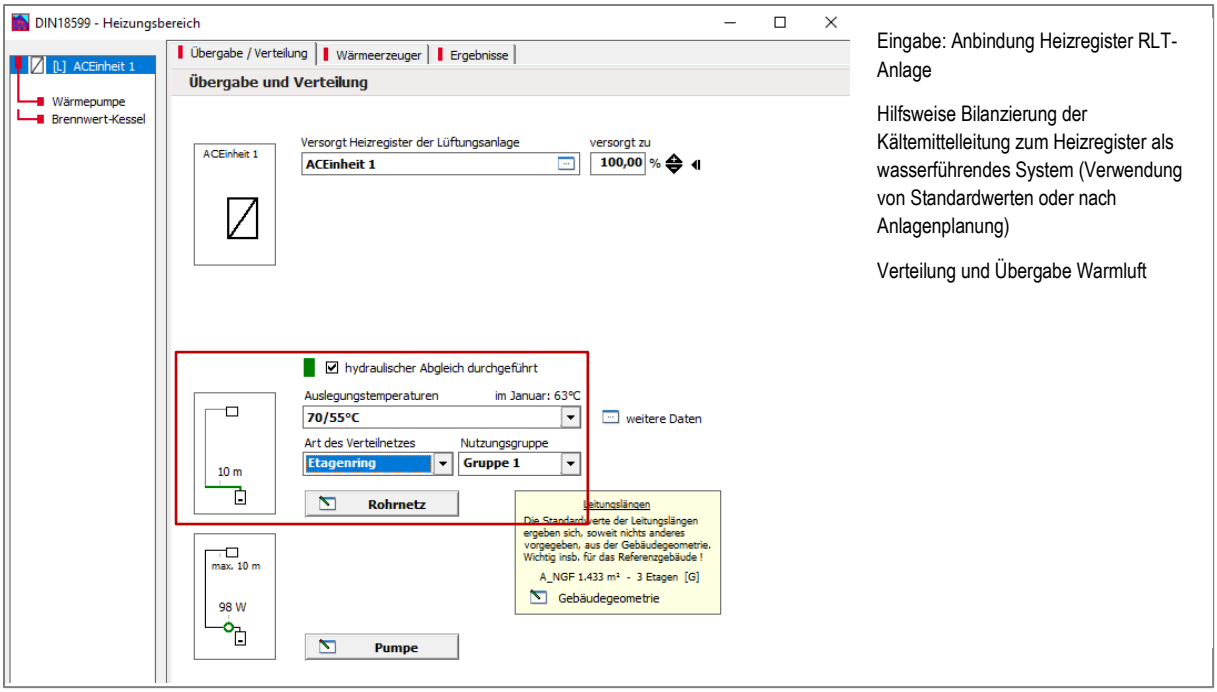


Abbildung 29 Wärmeerzeugung – spezifische Kennwerte

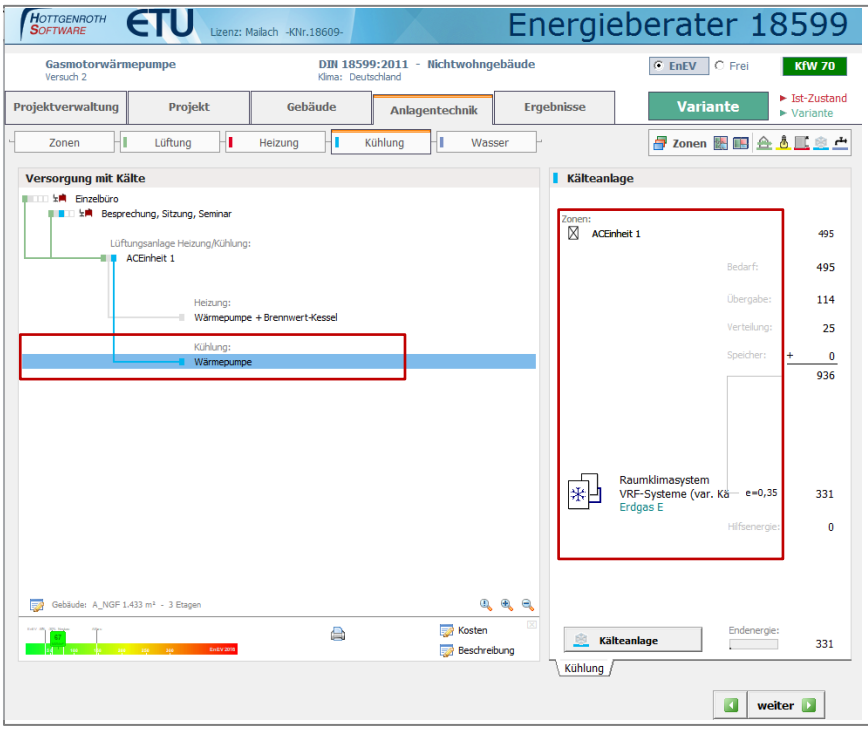


Eingabe: Anbindung Heizregister RLT-Anlage

Hilfsweise Bilanzierung der Kältemittelleitung zum Heizregister als wasserführendes System (Verwendung von Standardwerten oder nach Anlagenplanung)

Verteilung und Übergabe Warmluft

Abbildung 30 RLT-Anlage – Anbindung Heizregister



Eingaben: Kälteerzeugung

Direktes System: Raumklimasystem

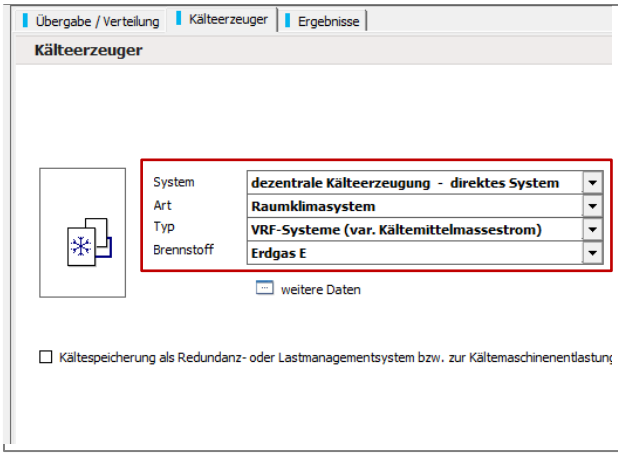
Energieträger: Erdgas

VRF-System > 12 kW

Übergabe: Kühlregister RLT-Anlage keine Bilanzierung der Kältemittelleitung zum Kühlregister

Verteilung und Übergabe Kaltluft

Abbildung 31 Kälteerzeugung – allgemeine Angaben



Eingaben: Kälteerzeugung

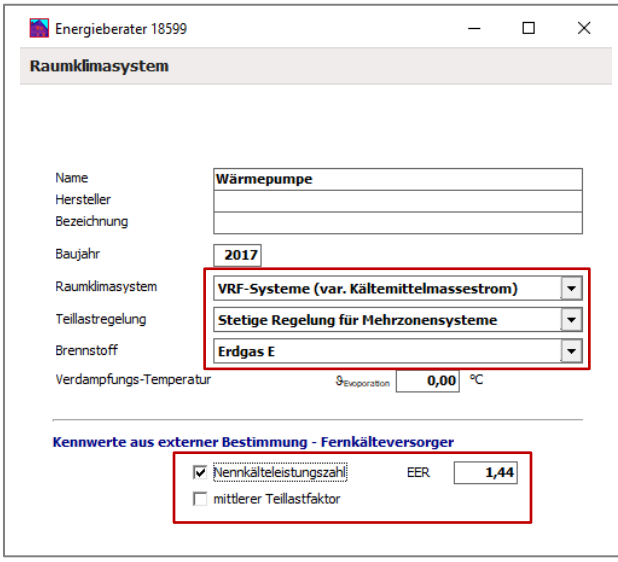
System: dezentrale Kälteerzeugung – direktes System

Art: Raumklimasystem

Typ: VRF-Systeme (variabler Kältemittelmassestrom)

Brennstoff: Erdgas

Abbildung 32 Kälteerzeugung: Systemauswahl



Eingaben: Kälteerzeugung

Eingabe der Nennkälteleistung und der Nennkälteleistungszahl

Verwendung des Standardwertes für den mittleren Teillastfaktor

optional: zurückgewonnener Anteil Brennstoff an Erzeuger bei vorhandener Wärmerückgewinnung, diese Funktion ist derzeit mit diesem Programm noch nicht möglich.

Abbildung 33 Kälteerzeugung – spezifische Kennwerte

6 Erfüllung der Vorgaben des EEWärmeG mit gasmotorischen Wärmepumpen

Neben den Anforderungen der Energieeinsparverordnung EnEV 2014 [1] gilt die Pflicht zur anteiligen Nutzung Erneuerbarer Energien nach dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz EEWärmeG [3] im Neubau. Alternativ können die Vorgaben durch Ersatzmaßnahmen eingehalten werden.

Im EEWärmeG werden die notwendigen Deckungsanteile Erneuerbarer Energien am Wärme- und Kälteenergiebedarf der Gebäude und die Form ihrer Erfüllung definiert. Beim Einsatz von Wärmepumpen mit Nutzung von Umweltwärme oder Geothermie gilt die Nutzungspflicht als erfüllt, wenn 50 % des Wärme- und Kältebedarfs der Gebäude hieraus gedeckt werden. Die Berechnung des Deckungsanteils am Wärme- und Kälteenergiebedarf erfolgt aufbauend auf der zuvor dargestellten Energiebedarfsberechnung nach EnEV.

Daneben gelten weitere Anforderungen an die eingesetzte Anlagentechnik. Für die Nutzung von Geothermie und Umweltwärme werden folgende Anforderungen formuliert:

Geothermie und Umweltwärme

1. […]

2. Sofern Geothermie und Umweltwärme durch mit fossilen Brennstoffen angetriebene Wärmepumpen genutzt werden, gilt diese Nutzung nur dann als Erfüllung der Pflicht […] wenn

- *die nutzbare Wärmemenge mindestens mit der Jahresarbeitszahl von 1,2 bereitgestellt wird;*
  […] und
- *die Wärmepumpe über einen Wärmemengen- und Brennstoffzähler verfügt, deren Messwerte die Berechnung der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe ermöglichen;*
  […] und
- *die Wärmepumpe mit dem gemeinschaftlichen Umweltzeichen „Euroblume“ oder dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ ausgezeichnet ist oder Anforderungen nach europäischen oder gemeinschaftlichen Normen erfüllt, die den Anforderungen für die Vergabe dieser Zeichen entsprechen und in den Verwaltungsvorschriften nach § 13 Satz 2 genannt sind.*

3. Nachweise im Sinne des § 10 Absatz 3 sind die Bescheinigung eines Sachkundigen und das Umweltzeichen „Euroblume“, das Umweltzeichen „Blauer Engel“, das Prüfzeichen „European Quality Label for Heat Pumps“ oder ein gleichwertiger Nachweis.

Für Gasmotorwärmepumpen gibt es zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung keine „Euroblume“ und auch kein Umweltzeichen „Blauer Engel“, da weder EN 14511 [6] (ausschließlich elektrische Wärmepumpen), EN 12309 [7] (ausschließlich Sorptions-Gaswärmepumpen) noch DIN 4702 [8] (Heizkessel) anwendbar sind.

In den angegebenen Verwaltungsvorschriften nach § 13 Satz 2 wird auf die Bekanntmachungen des BMWi zum Marktanreizprogramm [9] verwiesen.

Die Anforderungen an die Jahresarbeitszahl nach Nr. IV.3.4.1)c) sowie die sonstigen Anforderungen nach Nr. IV.3.4.2)c) gelten für Wärmepumpen außerhalb des Anwendungsbereichs des Umweltzeichens „Euroblume“ ab dem 1. Mai 2011 als vergleichbare Anforderung im Sinne des § 14 Absatz 2 Nummer 3 Satz 3 EEWärmeG sowie im Sinne des Abschnittes III Nummer 1 Buchstabe a Spiegelstrich 3 und Nummer 2 Spiegelstrich 3 der

Anlage zum EEWärmeG. Bei Verfügbarkeit europäischer Normen zur Prüfung dieser Wärmepumpentypen wird eine Anpassung dieser Anforderungen vorbehalten.

Für die Vergabe der Euroblume wird für jede Produktgruppe der relevante Geltungszeitraum der Kriterien und der Anforderungen an die Bewertungen durch die EU-Kommission festgelegt. Der letzte derartige Beschluss ist planmäßig zum 31.12.2016 ausgelaufen, womit es für die Vergabe der Euroblume an Wärmepumpen derzeit keine gültige Regelung gibt. Damit können die o.g. Anforderungen nach Nr. IV.3.4.1)c) bzw. nach Nr. IV.3.4.2)c) in der MAP-Richtlinie zur Anwendung kommen:

3.4. Technische Fördervoraussetzungen für effiziente Wärmepumpen

1) Die Förderung setzt voraus, dass die folgenden technischen Vorgaben erfüllt sind:

[…]

c) Vorliegen einer Fachunternehmererklärung des folgenden Inhalts:
- *bei elektrisch angetriebenen Wärmepumpen: Nachweis einer Jahresarbeitszahl bei Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen18 von mindestens 3,8 (bei Raumheizung in Nichtwohngebäuden 4,0) sowie bei Luft/WasserWärmepumpen16 von mindestens 3,5.*
- *bei gasbetriebenen Wärmepumpen: Nachweis einer Jahresheizzahl von mindestens 1,25 (bei Raumheizung in Nichtwohngebäuden 1,3).*

[…].

1) Für die Berechnung der Jahresarbeitszahl gilt:

[…]

c) Sofern für Sonderbauformen von Wärmepumpen keine normierten Verfahren zur Prüfung des COP-Wertes sowie zur Berechnung der Jahresarbeitszahl zur Verfügung stehen, kann dennoch gefördert werden. In diesen Fällen müssen glaubhafte und nachvollziehbare Berechnungen zum Nachweis des COP-Werts und der Nennwärmeleistung sowie zur Berechnung der erforderlichen Mindest-Jahresarbeitszahl vorgelegt werden, um die Einhaltung der geforderten Mindest-Jahresarbeitszahl zu dokumentieren.

Gasmotorische Wärmepumpen sind damit nach den MAP-Richtlinien als förderfähig eingestuft, sofern sie die Mindest-Jahresheizzahl von 1,25 bzw. bei Raumheizung in Nichtwohngebäuden von 1,3 einhalten.

Da zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung keine anerkannten normierten Verfahren für gasmotorische Wärmepumpen zur Verfügung stehen, reichen demnach glaubhafte und nachvollziehbare Berechnungen nach dem Stand der Technik, um die technischen Anforderungen des EEWärmeG zu erfüllen, wenn sie die Jahresheizzahl von 1,2 damit nachweisen können.

Derartige Berechnungen zur Jahresarbeitszahl führt die KKU CONCEPT GmbH für Yanmar-Gasmotor-Wärmepumpen in Anlehnung an VDI 4650 Blatt 1: 2016-12 [10] durch. Der Berechnungsgang ist in Abbildung 34 dargestellt, die so errechneten Jahresarbeitszahlen für YANMAR-GMWP sind beispielhaft in Abbildung 35 angegeben.

KKU Concept GmbH YANMAR Generalvertrieb Deutschland

Jahresarbeitszahl

Ermittlung der Jahresarbeitszahl Raumheizung in Anlehnung an die **VDI 4650_2016-12_Teil 1**.

Modell: **YANMAR ENCP450J** mit **KKU HB450VPJ3**

Die Jahresarbeitszahl laut VDI 4650 von Wärmepumpen mit Luft als Wärmequelle errechnet sich für die Raumheizung laut Gleichung:

$$SCOP_H = \frac{F_{\Delta\upsilon}}{\frac{F_{\upsilon 1}}{COP_{N1}} + \frac{F_{\upsilon 2}}{COP^*_{N2}} + \frac{F_{\upsilon 3}}{COP_{N3}}}$$

mit:

$SCOP_H$	=	Jahresarbeitszahl Raumheizung			
$F_{\Delta\upsilon}$	=	Korrekturfaktor nach Tabelle 10			
$F_{\upsilon 1}$	=	Korrekturfaktor nach Tabellen 12, 14, 16			
COP_{N1}	=	Leistungszahl bei A-7/W35	Max. Leistung =	45,2	kW
$F_{\upsilon 2}$	=	Korrekturfaktor nach Tabellen 12, 14, 16			
COP^*_{N2}	=	Leistungszahl bei A-2/W35	Leistung 60 % =	27,1	kW
$F_{\upsilon 3}$	=	Korrekturfaktor nach Tabellen 12, 14, 16			
COP_{N3}	=	Leistungszahl bei A7/W35	Leistung 40 % =	18,1	kW

Die Leistungszahlen bei den nach VDI 4650 geforderten Betriebszuständen der Gasmotorwärmepumpe betragen:

COP_{N1}	=					1,18
COP^*_{N2}	=	$COP_{N2} - S_{AB}$ =	1,56	- 0,05	=	1,51
COP_{N3}	=					1,62

Der Korrekturfaktor $F_{\Delta\upsilon}$ beträgt bei der genannten Maschine = 1,05

S_{AB} ist der Korrekturabschlag für Abtauverfahren nach Tabelle 10.

Beispielrechnung:
Die Jahresarbeitszahl bei einer Normaußentemperatur von -10 °C (Essen), einer maximalen Vorlauftemperatur von 35 °C und einer Heizgrenze von 12 °C berechnet sich wie folgt:

Die Korrekturfaktoren $F_{\upsilon 1}$, $F_{\upsilon 2}$ und $F_{\upsilon 3}$ betragen gemäß Tabelle 10:

$F_{\upsilon 1}$	=	0,028
$F_{\upsilon 2}$	=	0,551
$F_{\upsilon 3}$	=	0,342

Die Jahresarbeitszahl beträgt somit:

$SCOP_H$ = 1,67

Technische Änderungen vorbehalten!

Abbildung 34 Berechnung der Jahresarbeitszahl in Anlehnung an VDI 4650 Blatt 1: 2016-12

KKU Concept GmbH YANMAR Generalvertrieb Deutschland

Jahresarbeitszahl (Matrix)

Modell: **YANMAR ENCP450J mit KKU HB450VPJ3**

Die folgenden Tabellen zeigen die Jahresarbeitszahlen bei den unterschiedlichen Heizgrenz- und Normaußentemperaturen, sowie bei verschiedenen maximalen Vorlauftemperaturen.

JAZ bei **HG 15 °C** (Bestandsgebäude)

	Max. Vorlauftemp.			
Normaußentemp.	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C
-10 °C	1,80	1,72	1,64	1,56
-12 °C	1,77	1,69	1,62	1,53
-14 °C	1,71	1,64	1,56	1,48
-16 °C	1,67	1,60	1,52	1,44

JAZ bei **HG 12 °C** (Gebäude nach EnEV 2009)

	Max. Vorlauftemp.			
Normaußentemp.	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C
-10 °C	1,75	**1,67**	1,57	1,50
-12 °C	1,72	1,64	1,56	1,48
-14 °C	1,66	1,58	1,51	1,43
-16 °C	1,62	1,55	1,47	1,39

JAZ bei **HG 10 °C** (Passivhäuser und KfW-Energiesparhäuser 40 nach EnEV 2009)

	Max. Vorlauftemp.			
Normaußentemp.	30 °C	35 °C	40 °C	45 °C
-10 °C	1,71	1,63	1,54	1,46
-12 °C	1,68	1,60	1,52	1,44
-14 °C	1,63	1,55	1,47	1,39
-16 °C	1,59	1,51	1,44	1,36

Abbildung 35 Matrix der Jahresarbeitszahlen von YANMAR GMWP am Beispiel der ENCP 450J

7 Literaturverzeichnis

[1] *Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 16. Oktober 2013 (Energieeinsparverordnung - EnEV 2014).*

[2] *DIN V 18599:2011-12. Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung (11 Normenteile).*

[3] *Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG) in der seit 20.10.2015 geltenden Fassung.*

[4] *KKU CONCEPT GmbH: Gasmotorwärmepumpe der Systemlöser, Broschüre, Stand Oktober 2015.*

[5] *DIN V 18599:2011-12. Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung (11 Normenteile).*

[6] *EN 14511: Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern für die Raumbeheizung und -kühlung.*

[7] *EN 12309: Gasbefeuerte Sorptions-Geräte für Heizung und/oder Kühlung mit einer Nennwärmebelastung nicht über 70 kW.*

[8] *DIN 4702: Heizkessel; Ermittlung des Norm-Nutzungsgrades und des Norm-Emissionsfaktors.*

[9] *http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Foerderbekanntmachungen/marktanreizprogramm-erneuerbare-energien.html.*

[10] *VDI-Richtlinie VDI 4650 Blatt 1: 2016-12: Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen Elektro-Wärmepumpen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung.*

[11] *KKU CONCEPT GmbH: Produktkatalog und Planungshilfe Gasmotorwärmepumpen der Firma YANMAR, Stand Oktober 2016.*