



**Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden**

Forschung und Anwendung GmbH

Prof. Oschatz – Prof. Hartmann – Dr. Werdin – Prof. Felsmann

# **Energetische Bewertung einer Wärme- und Warmwasserversorgung mit Wohnungsstationen im Vergleich mit einem konventionellen zentralen bzw. dezentralen System**

**Endbericht: 22.10.2014**

Auftraggeber: Oventrop GmbH & Co. KG  
Paul-Oventrop-Str. 1  
59939 Olsberg

Auftragnehmer: ITG Institut für Technischen Gebäudeausrüstung Dresden  
Forschung und Anwendung GmbH  
Bayreuther Straße 29 in 01187 Dresden

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Bettina Mailach  
Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz



# Inhalt

<b>Inhalt .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Wärme- und Warmwasserversorgung mit Wohnungsstationen.....</b>	<b>4</b>
2.1 Allgemeines.....	4
2.2 Wohnungsstation „Regudis W“ .....	5
2.3 Wärmeerzeuger und Wärmeverteilung .....	8
2.4 EnEV-Anforderungen an Wohnungsstationen .....	10
2.5 Vorteile beim Einsatz von Wohnungsstationen .....	11
<b>3 Grundsätze der energetischen Bewertung .....</b>	<b>12</b>
3.1 Allgemeines.....	12
3.2 Wärmeerzeugung und Speicherung .....	12
3.3 Systemtemperaturen und Verteilsystem .....	13
3.4 Wärmeübergabe.....	17
3.5 Energetische Bewertung mit DIN V 4701-10: Vorgehensweise und Eingabewerte ....	18
3.5.1 Zentraler Wärmeerzeuger mit Wohnungsstation für Heizung und Trinkwassererwärmung (2-Leiterinstallation).....	18
3.5.2 Zentraler Wärmeerzeuger für Heizung mit Wohnungsstationen zur Trinkwassererwärmung (4-Leiterinstallation).....	20
3.6 Energetische Bewertung mit DIN V 18599 für Wohngebäude.....	22
3.7 Auswirkungen des Bewertungsansatzes auf ein Beispielgebäude.....	22
<b>4 Vergleichsrechnungen .....</b>	<b>27</b>
4.1 Modellgebäude.....	27
4.2 Neubau.....	28
4.2.1 Varianten.....	28
4.2.2 Ergebnisse .....	29
4.3 Altbau.....	29
4.3.1 Varianten.....	29
4.3.2 Ergebnisse .....	30
4.4 Fazit .....	32
<b>5 Quellen .....</b>	<b>33</b>



# 1 Einleitung

Zur Heizwärme- und Warmwasserversorgung von Mehrfamilienhäusern stehen neben konventionellen Systemen mit zentralem Kessel und Warmwasserspeicher sowie getrennten Heizungs- und Warmwasserleitungen auch Lösungen mit einer zentralen Wärmeerzeugung durch Kessel und einer Verteilungsleitung für Heizung mit dezentraler Trinkwassererwärmung durch Wohnungsstationen zur Verfügung.

Derartige Wohnungsstationen (auch Frischwasserstationen) haben erst in den letzten Jahren eine wesentliche Verbreitung am Markt gefunden. Bezüglich der energetischen Bewertung (im Vergleich mit konventionellen Lösungen) bestehen daher gewisse Unsicherheiten.

Eine energetische Bewertung im Rahmen der Energieeinsparverordnung mit DIN V 4701-10 [1] bzw. DIN V 18599 [2] ist nicht ohne weiteres möglich.

Im Rahmen dieses Gutachten erfolgt die Erarbeitung eines allgemeinen Ansatzes zur energetischen Bewertung von Wohnungsstationen für DIN V 4701-10 bzw. DIN V 18599 mit dem Ziel der Beschreibung der Eingaben in typischer Energieberater-Software.

Darauf aufbauend erfolgen energetische Vergleichsrechnungen für eine Versorgung mit Wohnungsstationen anhand eines typischen Beispielgebäudes:

- Neubau: Energetischer Vergleich mit einem konventionellen zentralen System
- Modernisierung: Ersatz alter dezentraler Wärme- und Warmwasserversorgung mit wohnungsweisen Gasthermen durch Wohnungsstationen im Vergleich zur Modernisierung mit einer zentralen Wärme- und Warmwasserversorgung und einem neuen konventionellen dezentralen System (wohnungsweise Brennwert-Therme).

## 2 Wärme- und Warmwasserversorgung mit Wohnungsstationen

### 2.1 Allgemeines

Die nachfolgenden Ausführungen und Abbildungen beruhen auf den Produktbeschreibungen und Datenblättern der Firma Oventrop GmbH und CO KG zu den Wohnungsstationen der Serie „Regudis W“ [3].

Wohnungsstationen versorgen einzelne Wohnungen mit Wärme sowie mit warmen und kalten Trinkwasser. Die benötigte Wärme wird über ein zentrales System bereitgestellt, die Station selbst enthält keine Komponenten zur Wärmeerzeugung. Die Erwärmung des Trinkwassers erfolgt dezentral über einen Wärmeübertrager nach dem Durchlaufprinzip. Abbildung 1 zeigt ein Systembeispiel für ein Mehrfamilienhaus mit Wohnungsstationen in Verbindung mit einem zentralen konventionellen Wärmeerzeuger mit Pufferspeicher und Solareinbindung.

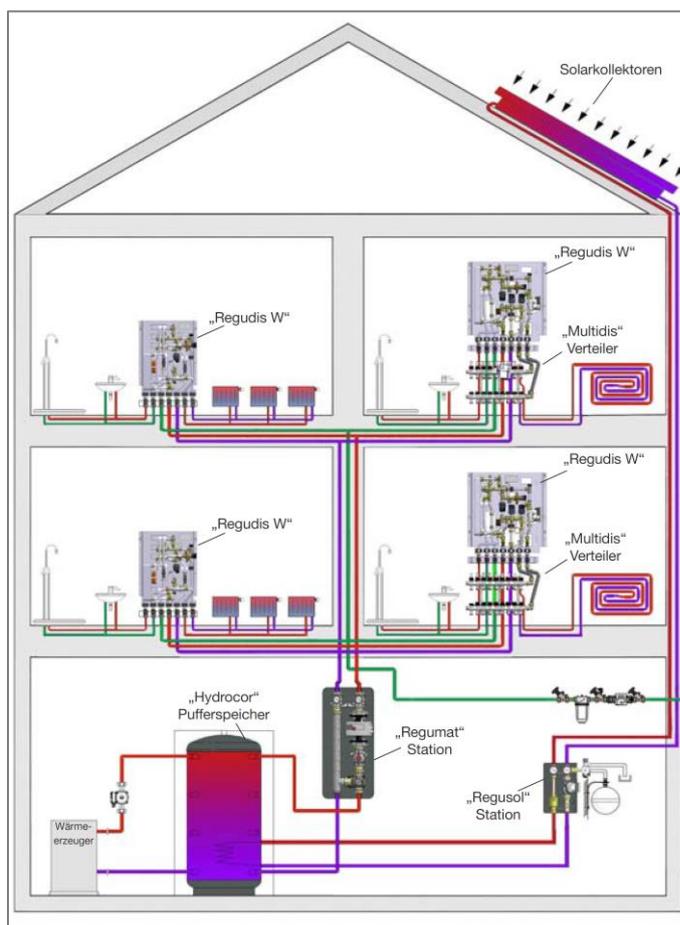


Abbildung 1 Systembeispiel: Mehrfamilienhaus mit „Regudis W“ Wohnungsstationen, links: Heizkörperanbindung, rechts: Flächenheizung [3]

Die energetische Bewertung nach Norm eines Anlagensystems erfolgt für die Bereiche Wärmeübergabe, Wärmeverteilung und Wärmeerzeugung. Die energetisch relevanten Systemkomponenten werden näher betrachtet.

Analog zum Kurzgutachten „EnEV-Anforderungen an Wohnungsstationen“ [4] werden im Weiteren anlagentechnische Komponenten, welche sich in Richtung des Energieflusses vor der Wohnungsstation befinden, der Primärseite zugeordnet. Alle Komponenten, welche in Richtung des Energieflusses nach der Wohnungsstation angeordnet sind, werden der Sekundärseite zugeordnet.

## 2.2 Wohnungsstation „Regudis W“

Wohnungsstationen können für die alleinige Trinkwassererwärmung oder für Heizung und Trinkwassererwärmung eingesetzt werden. Je nach Einsatzgebiet, Art des Wärmeübertragers und Leistungsbereich sind die Wohnungsstationen „Regudis W“ in verschiedenen Ausführungen verfügbar. Die Bezeichnung gibt sowohl Einsatzgebiet als auch konstruktive Besonderheiten an:

W	Wohnungsstation
H	Heizung
T	Trinkwassererwärmung
U	Anschlüsse von unten
F	flache Ausführung

Die konstruktiven Besonderheiten sind für die energetische Bewertung ohne Belang und werden nicht näher betrachtet.

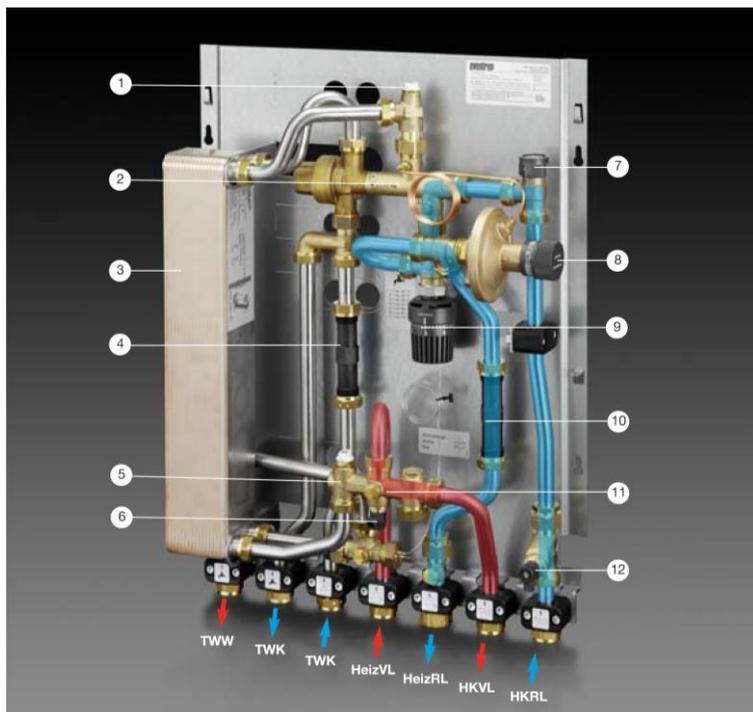
Die Stationen sind für einen direkten Anschluss (Regudis W-HTU und W-HTF) oder für einen gemischten Heizkreis (Regudis W-HTF) konzipiert. So können sowohl freie Heizflächen, Flächenheizungen oder eine Kombination beider vorgesehen werden. Beide Ausführungen verfügen über folgende Anschlüsse:

Trinkwasser Wohnung	TWW	Warmwasser
	TWK	Kaltwasser
Versorgung	TWK	Kaltwasserzulauf
	HeizVL	Heizung Vorlauf
	HeizRL	Heizung Rücklauf
Heizkreis Wohnung	HKVL	Heizkreis Vorlauf
	HKRL	Heizkreis Rücklauf

Aufbau und Funktion der Wohnungsstationen im Heiz- und Warmwasserbetrieb sind jeweils in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt.

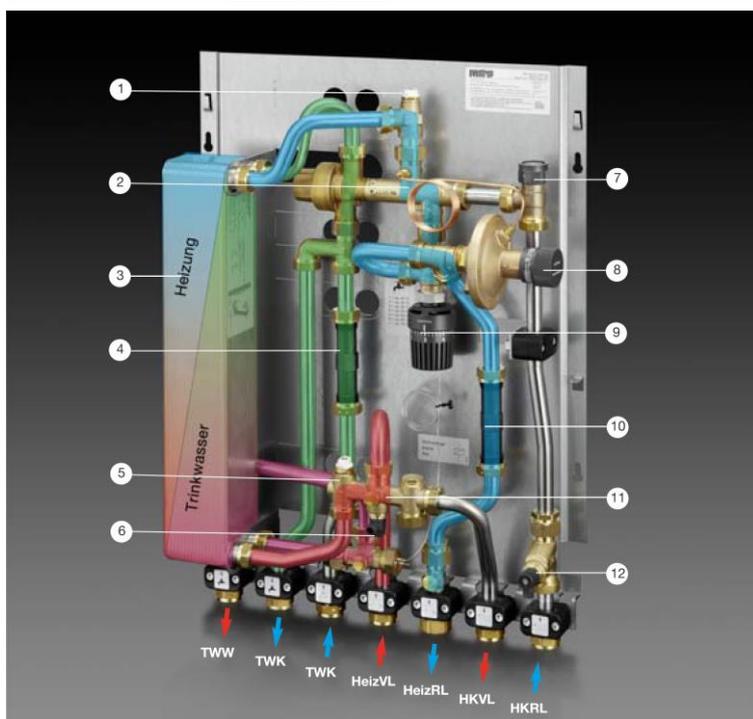
## „Regudis W-HTU“ für direkten Heizkreisanschluss:

- |   |   |    |   |
|---|---|----|---|
| 1 | Entlüftung Heizkreis                          | 7  | Zonenventil zur Regulierung des Heizkreises |
| 2 | Proportional-Mengenregler                     | 8  | Differenzdruckregler                        |
| 3 | Plattenwärmeübertrager                        | 9  | Thermostatischer Temperaturregler           |
| 4 | Passstück Kaltwasserzähler                    | 10 | Passstück für Wärmemengenzähler             |
| 5 | Anschlussmöglichkeit Temperaturfühler für WMZ | 11 | Schmutzfänger Heizkreis Vorlauf             |
| 6 | Entleerungsventil Heizkreis                   | 12 | Schmutzfänger Heizkreis Rücklauf            |

**Heizungsbetrieb**

Über den Heizungsvorlauf (HeizVL) strömt Heizungswasser in den Heizkreisvorlauf der Wohnung (HKVL). Der Proportionalmengenregler (2) gibt den Weg Heizkreisrücklauf (HKRL) zu Heizungsrücklauf (HeizRL) frei.

- Heizkreisrücklauf / Heizungsrücklauf
- Heizkreisvorlauf / Heizungsvorlauf

**Warmwasserbetrieb**

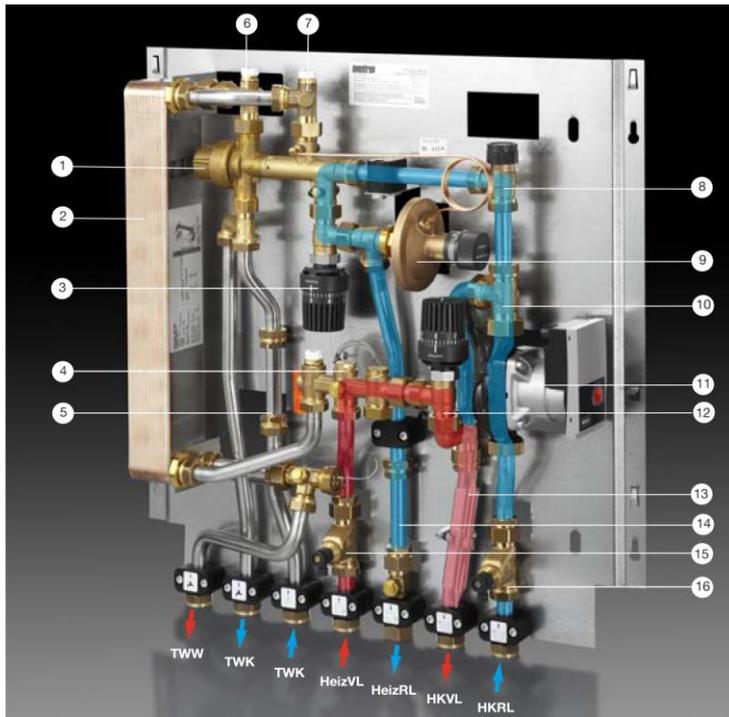
Bei einer Anforderung von Warmwasser (Öffnen einer Zapfstelle) wechselt der Proportionalmengenregler (2) in die Warmwasservorrangschaltung. Das Heizungswasser durchströmt den Wärmeübertrager (3) und den PM-Regler (2) in den Heizungsrücklauf (HeizRL). Das kalte Trinkwasser (TWK) wird im Durchflussprinzip erwärmt und steht als Warmwasser (TWW) zur Verfügung.

- Heizungsrücklauf
- Heizungsvorlauf
- Trinkwasser kalt
- Trinkwasser warm

Abbildung 2 Aufbau und Funktion von „Regudis W“ für direkten Heizkreisanschluss [3]

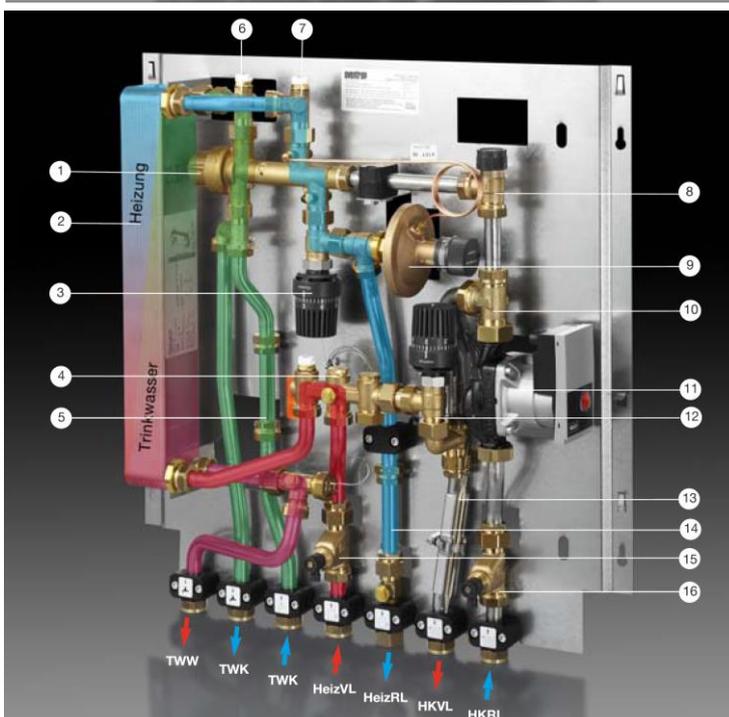
## „Regudis W-HTF“ mit gemischtem Heizkreis für Flächenheizungen:

- |   |   |    |   |
|---|---|----|---|
| 1 | Proportional-Mengenregler                     | 9  | Differenzdruckregler                              |
| 2 | Plattenwärmeübertrager                        | 10 | Sperrventil                                       |
| 3 | Thermostatischer Temperaturregler             | 11 | Hocheffizienzpumpe                                |
| 4 | Anschlussmöglichkeit Temperaturfühler für WMZ | 12 | Eckventil mit Thermostatregelung                  |
| 5 | Passstück Kaltwasserzähler                    | 13 | Anlegefühler                                      |
| 6 | Entlüftung Trinkwasserkreis                   | 14 | Passstück für Wärmemengenzähler                   |
| 7 | Entlüftung Heizkreis                          | 15 | Schmutzfänger (mit Entleerung) Heizkreis Vorlauf  |
| 8 | Zonenventil zur Regulierung des Heizkreises   | 16 | Schmutzfänger (mit Entleerung) Heizkreis Rücklauf |

**Heizungsbetrieb**

Über den HeizungsVorlauf (HeizVL) strömt Heizungswasser in den Heizkreisvorlauf der Wohnung (HKVL). Der Proportionalmengenregler (1) gibt den Weg Heizkreisrücklauf (HKRL) zu Heizungsrücklauf (HeizRL) frei. Die Heizkreisvorlauftemperatur wird über den Anlegefühler (13) kontinuierlich kontrolliert und über das Eckventil (12) die Durchflussmenge des Heizungswassers geregelt. Je nach Stellung des Eckventils (12) wird über das Sperrventil (10) kälteres Wasser aus dem Heizkreisrücklauf dem Heizkreisvorlauf zugemischt.

- Heizkreisrücklauf / Heizungsrücklauf
- HeizungsVorlauf
- Heizkreisvorlauf gemischt

**Warmwasserbetrieb**

Bei einer Anforderung von Warmwasser (Öffnen einer Zapfstelle) wechselt der Proportionalmengenregler (2) in die Warmwasservorrangschaltung. Das Heizungswasser durchströmt den Wärmeübertrager (3) und den PM-Regler (2) in den Heizungsrücklauf (HeizRL). Das kalte Trinkwasser (TWK) wird im Durchflussprinzip erwärmt und steht als Warmwasser (TWW) zur Verfügung.

- Heizungsrücklauf
- HeizungsVorlauf
- Trinkwasser kalt
- Trinkwasser warm

Abbildung 3 Aufbau und Funktion von „Regudis W“ mit gemischtem Heizkreis für Flächenheizungen [3]

## 2.3 Wärmeerzeuger und Wärmeverteilung

Eine zentrale Wärmeversorgung kann generell mit allen bekannten Wärmeerzeugern erfolgen, wie z.B.:

- Öl-/Gaskessel
- Biomassekessel
- Nah-/Fernwärme mit Systemtrennung
- Wärmepumpen
- Zusätzlich Einbindung von Solarthermie.

Dabei können sowohl Wohnungsstationen für Heizung und Trinkwassererwärmung als auch Wohnungsstationen ausschließlich zur Trinkwassererwärmung eingesetzt werden. Beide Anlagen unterscheiden sich bezüglich ihrer hydraulischen Einbindung und weiterer Kennwerte. Nachfolgend werden beide Systemkonfigurationen beschrieben.

Zu den Wohnungsstationen ist in jedem Fall zusätzlich eine Kaltwasserleitung vorzusehen. Die Kaltwasserleitung ist jedoch energetisch nicht relevant und auch bei anderen Systemen je Wohneinheit notwendig. Sie wird daher nicht weiter betrachtet.

### a. Zentraler Wärmeerzeuger mit Wohnungsstationen für Heizung und Trinkwassererwärmung (außer Wärmepumpen)

Abbildung 4 zeigt die Einbindung des Wärmeerzeugers und das primärseitige Verteilsystem.

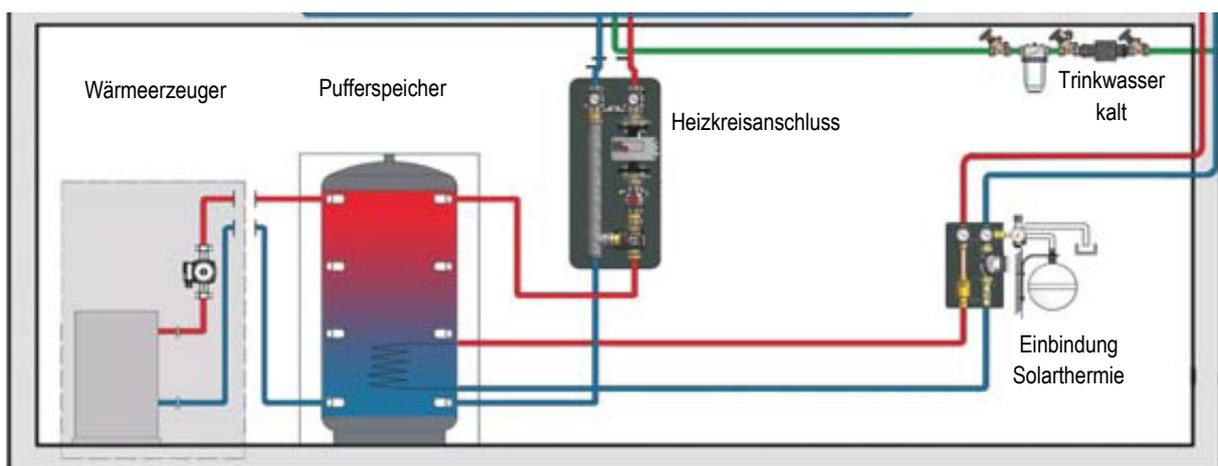


Abbildung 4 Zentraler Wärmeerzeuger und Verteilung [3]

Der Wärmeerzeuger belädt einen Pufferspeicher, an den die primärseitigen Heizungs- und Heizungsrücklaufleitungen angeschlossen sind. Der primärseitige Heizkreisanschluss verfügt über eine drehzahlgeregelte Umwälzpumpe bzw. eine Hocheffizienzpumpe.

Jeweils eine primärseitige Heizungs- und -rücklaufleitung führen zu den einzelnen Wohnungsstationen. Die Verteilung erfolgt über horizontale Leitungen im Keller, zentrale Steigstrangleitungen und eine i.d.R. sehr kurze horizontale Anbindung bis zum Gerät, wo die Übergabe an den sekundärseitigen Heizkreis bzw. die Warmwasserbereitung erfolgt.

Bei Heizflächen für die Wärmeübergabe ist der sekundärseitige Heizkreis direkt angeschlossen. Bei einer Wärmeübergabe mit Flächenheizungen ist für den gemischten Heizkreis eine zusätzliche Heizungsumwälzpumpe erforderlich. In „Regudis W“ für Flächenheizungen ist eine Hocheffizienzpumpe integriert.

Optional ist die Einbindung von Solarthermie möglich, dann wird der Pufferspeicher über einen zweiten Anschluss im unteren Drittel zuerst mit Solarwärme geladen.

## b. Zentraler Wärmeerzeuger (insbesondere Wärmepumpe) für Heizung mit Wohnungsstationen zur Trinkwassererwärmung

Beim Einsatz einer Wärmepumpe als zentralen Wärmeerzeuger sind für einen effizienten Betrieb niedrige Systemtemperaturen erforderlich. Daher werden nur Wohnungsstationen für die Trinkwassererwärmung eingesetzt und die Flächenheizung über separate Heizleitungen auf niedrigem Temperaturniveau versorgt, vgl. Abbildung 5. Über einen Pufferspeicher mit zentralem Heizkreisanschluss und Umwälzpumpe wird die Flächenheizung je Wohnung versorgt. Für die Trinkwassererwärmung wird ein zweiter Pufferspeicher auf höherem Temperaturniveau (55 °C) betrieben, von welchem die Versorgung der Wohnungsstationen zur dezentralen Trinkwassererwärmung über einen weiteren Heizkreisanschluss erfolgt. Mit einer speziellen Wohnungsstation, welche im Leistungsbereich von 12l/min eine Übertemperatur von 10 K benötigt, kann eine Trinkwarmwassertemperatur von 45 °C sichergestellt werden. Bei diesem System sind somit jeweils für Heizung und Warmwasserbereitung Verteil- und Steigleitungen erforderlich.

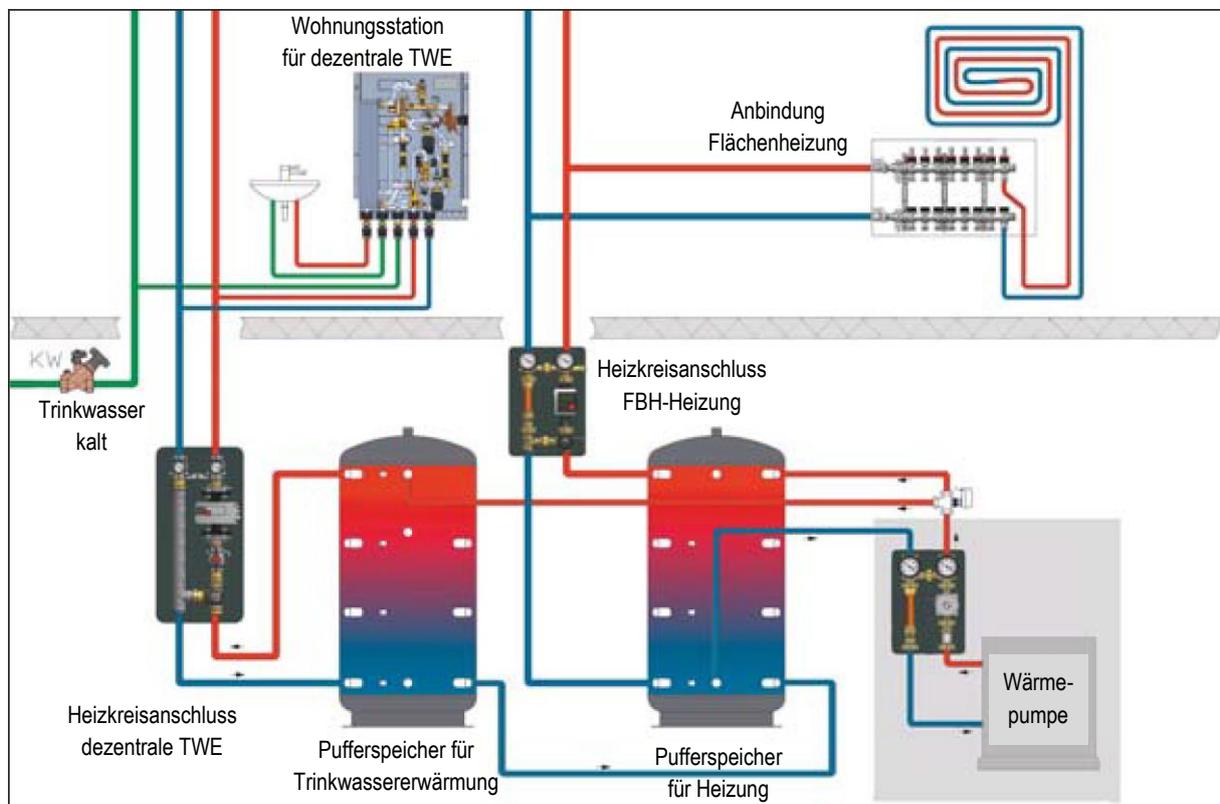


Abbildung 5 Zentrale Erzeugung mit Wärmepumpe und Verteilung [3]

## 2.4 EnEV-Anforderungen an Wohnungsstationen

Im Kurzgutachten: EnEV-Anforderungen an Wohnungsstationen Oventrop „Regudis W“ [4] wurden die Anforderungen der Energieeinsparverordnung an Heizungsanlagen mit zentraler Wärmeversorgung in Verbindung mit wohnungsweisen Wohnungsstationen insbesondere bezüglich Regelung und Wärmedämmung beurteilt. Die Ergebnisse sind:

- (1) *„Die primärseitigen Wärmeverteilungen sind in Bezug auf EnEV-Anforderungen an die Steuerung/Regelung der Wärmezufuhr und Zu-/Abschaltung elektrischer Antriebe als Trinkwasserverteilungen zu betrachten.*
- (2) *Das primärseitige Heizungsnetz einschließlich Wärmeerzeuger muss infolge (1) nach Maßgabe der Anforderungen der EnEV nicht mit Vorrichtungen zur Steuerung der Wärmezufuhr in Abhängigkeit von der Zeit und einer weiteren Führungsgröße ausgestattet sein. Ein Betrieb mit einer konstanten für die Trinkwassererwärmung notwendigen Vorlauftemperatur auf der Primärseite ist zulässig.*
- (3) *Die Forderung der EnEV nach einer Vorrichtung zur selbsttätigen Abschaltung von Trinkwasserzirkulationspumpen ist auf Heizungsanlagen mit Wohnungsstationen nicht anwendbar.*
- (4) *Heizungsanlagen mit Wohnungsstationen müssen sekundärseitig mit Vorrichtungen zur Steuerung oder Regelung der Wärmezufuhr in Abhängigkeit von einer geeigneten Führungsgröße und der Zeit ausgestattet sein. Diese Vorrichtungen können Bestandteil der Wohnungsstationen oder diesen nachgeschaltet sein.*
- (5) *Anforderungen der EnEV an die Ausführung von Umwälzpumpen und die Wärmedämmung von Rohrleitungen und Armaturen werden durch die Besonderheiten von Wohnungsstationen nicht berührt.*
  - *Umwälzpumpen in Heizungsanlagen mit mehr als 25 kW Nennleistung sind mindestens dreistufig selbsttätig regelnd auszuführen.*
  - *Die Ausführung der Wärmedämmung von Armaturen und Rohrleitungen, welche sich innerhalb der Wohnungsstation befinden, liegt nicht im Regelungsbereich der EnEV. Im Kontext der EnEV ergibt sich somit keine Anforderung hinsichtlich Wärmedämmung dieser Bauteile.*
  - *Primärseitige und sonstige sekundärseitige<sup>4</sup> Rohrleitungen und Armaturen sind gemäß Anlage 5 EnEV gegen Wärmeverluste zu schützen. Unter bestimmten Bedingungen ist nach Maßgabe der EnEV keine Wärmedämmung der sekundärseitigen<sup>4</sup> Rohrleitungen und Armaturen zwischen Station und Wärmeübergabesystem notwendig.“*

## 2.5 Vorteile beim Einsatz von Wohnungsstationen

Beim Einsatz von Wohnungsstationen ergeben sich Vorteile hinsichtlich der Trinkwasserhygiene sowie des Installations- und Abrechnungsaufwandes.

### Trinkwasserhygiene

Der wesentliche Vorteil von Wohnungsstationen ist die hygienische Bereitstellung von Warmwasser im Durchflusprinzip direkt in der Wohneinheit. Probleme durch mögliches Legionellenwachstum im Speicher bzw. in den Rohrleitungen werden weitestgehend vermieden.

Eine Überprüfungspflicht auf Legionellen mindestens alle drei Jahre besteht entsprechend Trinkwasserverordnung [5] in Mehrfamilienhäusern bei zentraler Trinkwassererwärmung mit Speichern oder Durchfluss-Trinkwassererwärmern größer 400l sowie bei allen Anlagen mit einem Inhalt von mehr als 3 Litern in mindestens einer Rohrleitung zwischen Abgang des Trinkwassererwärmers und Entnahmestelle<sup>1</sup>. Auf Wohnungsstationen mit einem nachgeschalteten Leitungsvolumen von höchstens 3 Litern trifft diese Untersuchungspflicht nicht zu. Notwendige technische Maßnahmen bzw. Schutzvorkehrungen bei Installation und Betrieb von Trinkwassererwärmungsanlagen und Trinkwasserleitungen zur Verminderung des Legionellenwachstums werden im DVGW-Arbeitsblatt W 551 [6] beschrieben. Dezentrale Durchfluss-Trinkwassererwärmer können ohne weitere Maßnahmen betrieben werden, wenn das dem Durchfluss-Trinkwassererwärmer nachgeschaltete Leitungsvolumen 3 Liter nicht übersteigt [6].

### Installation

Gegenüber einer herkömmlichen Installation mit 4 Leitungen (Heizungsvor- und -rücklauf, Warmwasserleitung und Zirkulationsleitung) sind nur 2 Verteilleitungen zu den Wohnungen im Gebäude erforderlich. Diese werden möglichst zentral verlegt mit der Möglichkeit der Anbindung mehrerer Wohnungen je Etage.

Eine Umrüstung von vorhandenen Gas-Etagenheizungen auf Wohnungsstationen ist i.d.R. unproblematisch und ohne großen Eingriff innerhalb der Wohnung möglich. Das Gasrohrnetz zu jeder Wohnung des Hauses kann so außer Betrieb genommen werden. Die Abgasführung ist nur zum zentralen Kessel des Gebäudes notwendig. Gleichzeitig besteht durch die zentrale Wärmeerzeugung die Möglichkeit regenerative Energien einzubinden oder auf andere Energieträger zu wechseln.

Entsprechend der Vorgaben der EnEV sind sekundärseitig Vorrichtungen zur Steuerung oder Regelung der Wärmezufuhr in Abhängigkeit von einer geeigneten Führungsgröße und der Zeit vorzusehen. Diese i.d.R. raumtemperaturgeführten Regler ermöglichen eine individuelle bedarfsgerechte Versorgung über die Wohnungsstation.

### Abrechnung

Jede Wohnungsstation kann mit einem Wärmemengenzähler ausgerüstet werden, welcher die abgenommene Wärme für Heizung und Trinkwassererwärmung gemeinsam zählt. Ebenso ist für Kaltwasser ein Zähler in der Station integrierbar. Die Ablesung beider Zähler ist so zentral an einer Stelle der Wohnung möglich.

---

<sup>1</sup> Nicht berücksichtigt wird der Inhalt einer Zirkulationsleitung.

## **3 Grundsätze der energetischen Bewertung**

### **3.1 Allgemeines**

Für die energetische Bewertung eines Heizungs- und Warmwassersystems mit Wohnungsstationen mit den Normen DIN V 4701-10 [1] bzw. DIN V 18599 [2] ist ein Bewertungsansatz einschließlich Ableitung der erforderlichen Eingangsgrößen notwendig.

Energiebedarfsberechnungen nach EnEV für Wohngebäude sind nach DIN V 18599 und alternativ nach DIN V 4701-10 durchzuführen. Derzeit erfolgen die Berechnungen von Wohngebäuden vorzugsweise nach DIN V 4701-10, welche seit Jahren im Wohngebäudebereich etabliert ist. Es werden daher zunächst Vorgehensweise und notwendige Eingaben für die Berechnung nach DIN V 4701-10 erläutert, im Weiteren werden ggf. notwendige abweichende Eingaben für die Anwendung der DIN V 18599 angegeben.

Erste energetische Berechnungen erfolgen i.d.R. bevor eine detaillierte Planung für ein Objekt vorliegt. Dazu müssen Standardwerte vorgegeben werden. Liegt bereits eine konkrete Anlagenplanung vor, können für eine möglichst reale Abbildung des Systems die Planungsdaten für die energetische Berechnung übernommen werden.

### **3.2 Wärmeerzeugung und Speicherung**

Für Wärmeerzeuger und Pufferspeicher bei zentraler Wärmeerzeugung mit Wohnungsstationen kann davon ausgegangen werden, dass Kesselleistung und Speichervolumen den Standardwerten nach Norm entsprechen. Da der Pufferspeicher ganzjährig und ganztägig für die dezentrale Trinkwassererwärmung beheizt werden muss, wird dieser entsprechend als Warmwasserspeicher auf der Trinkwasserseite betrachtet. Analog dazu werden auch die primärseitigen Vor- und Rücklaufleitungen zu den Stationen der Trinkwarmwasserseite zugeordnet, vgl. Abschnitt 3.3.

### 3.3 Systemtemperaturen und Verteilsystem

Die notwendige Vorlauftemperatur zur Wohnungsstation ist von der gewünschten Trinkwarmwassertemperatur und der gewählten Warmwasserleistung des Wärmeübertragers abhängig. Die minimale Vorlauftemperatur muss mindestens 15 K über der gewünschten Zapftemperatur liegen, so können Zapftemperaturen von 45 °C bis 60 °C realisiert werden. Die Warmwasserbereitung erfolgt im Vorrangbetrieb.

In Abhängigkeit von der gewünschten Warmwassertemperatur und der Zapfleistung ergeben sich für die Wohnungsstationen vom Typ Regudis W-HTU und Regudis W-HTF [3] die in Tabelle 1 und Tabelle 2 angegebenen Rücklauftemperaturen mit direkt angeschlossenen Heizkreis. Regudis W-HTF verfügt über einen größeren Wärmeübertrager.

Tabelle 1 Systemtemperaturen an der Wohnungsstation (direkt angeschlossener Heizkreis) mit Regudis W- HTU

Warmwassertemperatur	Vorlauftemperatur	Rücklauftemperatur bei			
		Raumheizung	Warmwasserbereitung		
Erwärmung von 10 °C auf	mindestens	Spreizung: 15 K	12 l/min	15 l/min	17 l/min
45 °C	60 °C	45 °C	22 °C	24 °C	18 °C
50 °C	65 °C	50 °C	23 °C	26 °C	20 °C
55 °C	75 °C	60 °C	25 °C	26 °C	20 °C

Tabelle 2 Systemtemperaturen an der Wohnungsstation (direkt angeschlossener Heizkreis) mit Regudis W- HTF

Warmwassertemperatur	Vorlauftemperatur	Rücklauftemperatur bei			
		Raumheizung	Warmwasserbereitung		
Erwärmung von 10 °C auf	mindestens	Spreizung: 15 K	12 l/min	15 l/min	17 l/min
45 °C	60 °C	45 °C	19 °C	19 °C	16 °C
50 °C	65 °C	50 °C	20 °C	19 °C	17 °C
55 °C	70 °C	55 °C	21 °C	20 °C	18 °C
60 °C	75 °C	60 °C	22 °C	21 °C	19 °C

Für eine durchgängige Gewährleistung der Warmwasserbereitung muss das Heizungswasser zur Station 24h und ganzjährig zirkulieren. Zur Aufrechterhaltung der Vorlauftemperatur wird daher in der obersten Wohnungsstation eines Stranges ein Temperaturvorhalte-Regelset installiert, welches durch Umlauf des Heizungswassers auch bei Stillstandszeiten der Wohnungsheizung eine schnelle Bereitstellung von Trinkwarmwasser gewährleistet, vgl. Abbildung 6. Durch Einstellung des Thermostatkopfes wird die Umlaufmenge des Heizungswassers im primärseitigen Heizkreis geregelt. Die eingestellte Temperatur liegt unter der Auslegungstemperatur.



Abbildung 6 Temperaturvorhalte-Regelset, links: Bauteile, mitte: Einbau innerhalb Wohnungsstation, rechts: Einstellbereich

Seitens des Herstellers wird analog zu den DVGW-Vorgaben eine Warmwassertemperatur von 50 °C empfohlen, die erforderliche Mindest-Vorlauftemperatur beträgt dafür 65 °C. Um einen energieeffizienten Bereitschaftsbetrieb bei gleichzeitig akzeptablen Warmwasserkomfort sicherzustellen, erfolgt die Einstellung des Temperaturvorhalte-Regelsets auf 50 °C. Infolge des niedrigen Volumenstromes über das Regelset, stellen sich damit folgende Systemtemperaturen im Bereitschaftsbetrieb ein, Abbildung 7.

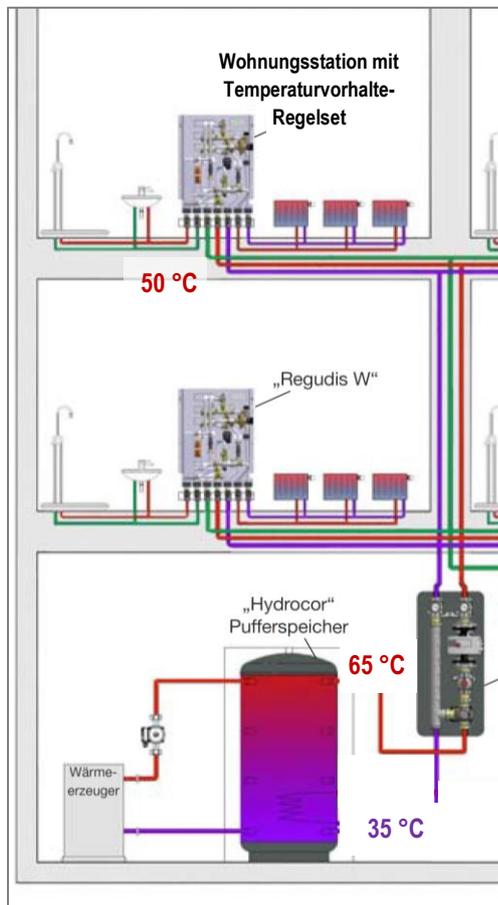


Abbildung 7 Temperaturen im Warmwasser-Bereitschaftsbetrieb bei Vorlauftemperatur: 65 °C

Sekundärseitig erfolgt die Regelung der Wärmezufuhr in Abhängigkeit von einer geeigneten Führungsgröße und der Zeit. Die Vorrichtungen dafür können Bestandteil der Wohnungsstationen oder diesen nachgeschaltet sein. Es erfolgt eine Anpassung der sekundärseitigen Heizwassermenge an den Bedarf, die Vorlauftemperatur bleibt konstant.

Die Betriebsstunden im Jahresverlauf für Heiz- bzw. Warmwasserbetrieb und die jeweiligen Rücklauftemperaturen werden nachfolgend abgeschätzt, vgl. Tabelle 3 und 4. Entsprechend DIN V 4701-10 beträgt die Länge der Heizperiode 185 d/a. Die Ermittlung der Gesamtbetriebsstunden für den Warmwasserbetrieb erfolgt unter folgenden Randbedingungen:

- Nutzenergiebedarf für TWE nach DIN V 4701-10: 12,5 kWh/m<sup>2</sup>a
- durchschnittliche Wohnungsgröße: 68,9m<sup>2</sup> entspricht 82,7 m<sup>2</sup> Nutzfläche [7], [8]
- mittlere Leistung für die Trinkwassererwärmung: 8 kW (geschätzt)

Daraus können zeitgewichtete mittlere Systemtemperaturen für Wohnungsstationen mit Heizflächen und analog mit Flächenheizung über ein Jahr abgeschätzt werden, Tabelle 5.

Als Empfehlung für die anzustrebende Trinkwarmwassertemperatur werden 50 °C mit einer notwendigen Mindest-Vorlauftemperatur von 65 °C angegeben.

Tabelle 3 Betriebsstunden und Rücklauftemperaturen primärseitig für Heiz- und Sommerbetrieb bei Wohnungsstationen mit direkt angeschlossenem Heizkreis (Heizflächen)

direkt angeschlossener Heizkreis Regudis W-HTU, bei Warmwassertemperatur 60°C mit Regudis W-HTF			Heizperiode								Sommerbetrieb					
			Heizbetrieb				Nachtabsenkung				Stillstand Heizung		WW-Zapfung			
			Heizbetrieb		WW-Zapfung		Nachtabsenkung		WW-Zapfung		Stillstand Heizung		WW-Zapfung			
Betriebsstunden			8.760 h/a		3.099 h/a		46 h/a		1.276 h/a		19 h/a		4.256 h/a		64 h/a	
Zeitanteil im Jahr			35,4%		0,5%		14,6%		0,2%		48,6%		0,7%			
	gewünschte WW-Temperatur	(Mindest)- Vorlauftemperatur	Vorlauf	Rücklauf	Vorlauf	Rücklauf	Vorlauf	Rücklauf	Vorlauf	Rücklauf	Vorlauf	Rücklauf	Vorlauf	Rücklauf	Vorlauf	Rücklauf
Temperaturen primärseitig	45 °C	60 °C	60 °C	45 °C	60 °C	24 °C	60 °C	30 °C	60 °C	24 °C	60 °C	30 °C	60 °C	24 °C	60 °C	24 °C
	<b>50 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>50 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>26 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>35 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>26 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>35 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>26 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>26 °C</b>
	55 °C	75 °C	75 °C	60 °C	75 °C	26 °C	75 °C	45 °C	75 °C	26 °C	75 °C	45 °C	75 °C	26 °C	75 °C	26 °C
	60 °C	75 °C	75 °C	60 °C	75 °C	21 °C	75 °C	45 °C	75 °C	21 °C	75 °C	45 °C	75 °C	21 °C	75 °C	21 °C

Tabelle 4 Betriebsstunden und Rücklauftemperaturen primärseitig für Heiz- und Sommerbetrieb bei Wohnungsstationen mit gemischtem Heizkreis (Flächenheizung)

gemischter Heizkreis Regudis W-HTF			Heizperiode								Sommerbetrieb					
			Heizbetrieb				Nachtabsenkung				Stillstand Heizung		WW-Zapfung			
			Heizbetrieb		WW-Zapfung		Nachtabsenkung		WW-Zapfung		Stillstand Heizung		WW-Zapfung			
Betriebsstunden			8.760 h/a		3.099 h/a		46 h/a		1.276 h/a		19 h/a		4.256 h/a		64 h/a	
Zeitanteil im Jahr			35,4%		0,5%		14,6%		0,2%		48,6%		0,7%			
	gewünschte WW-Temperatur	(Mindest)- Vorlauftemperatur	Vorlauf	Rücklauf	Vorlauf	Rücklauf	Vorlauf	Rücklauf	Vorlauf	Rücklauf	Vorlauf	Rücklauf	Vorlauf	Rücklauf	Vorlauf	Rücklauf
Temperaturen primärseitig	45 °C	60 °C	60 °C	28 °C	60 °C	19 °C	60 °C	30 °C	60 °C	19 °C	60 °C	30 °C	60 °C	19 °C	60 °C	19 °C
	<b>50 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>28 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>19 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>35 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>19 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>35 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>19 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>19 °C</b>
	55 °C	70 °C	70 °C	28 °C	70 °C	20 °C	70 °C	40 °C	70 °C	20 °C	70 °C	40 °C	70 °C	20 °C	70 °C	20 °C

Tabelle 5 mittlere Temperaturen zwischen Vor- und Rücklauf (primärseitig)

primärseitige Temperaturen	direkt angeschlossener Heizkreis			gemischter Heizkreis		
Warmwassertemperatur	Vorlauftemperatur	Rücklauftemperatur	Mitteltemperatur Vor-/Rücklauf	Vorlauftemperatur	Rücklauftemperatur	Mitteltemperatur Vor-/Rücklauf
45 °C	60 °C	35 °C	48 °C	60 °C	29 °C	45 °C
<b>50 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>40 °C</b>	<b>53 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>32 °C</b>	<b>49 °C</b>
55 °C	75 °C	50 °C	63 °C	70 °C	35 °C	53 °C
60 °C <sup>2</sup>	75 °C	50 °C	62 °C	-	-	-

<sup>2</sup> Mit Regudis W-HTF.

Entsprechend dem *Kurzgutachten: Anforderungen der Energieeinsparverordnung an dezentrale Wohnungsstationen des Typs Oventrop Regudis W* [4] sind die primärseitigen Wärmeverteilungen auch in Bezug auf die EnEV-Anforderungen an die Steuerung/Regelung der Wärmezufuhr und Zu-/Abschaltung elektrischer Antriebe als Trinkwasserverteilungen zu betrachten. Für eine energetische Bewertung werden daher die primärseitigen Verteil- und Steigleitungen sowie die notwendigen elektrischen Antriebe dem Bereich Trinkwassererwärmung zugeordnet. Auch die Leitungsführung und damit die Leitungslängen entsprechen eher einer Warmwasserleitung mit Zirkulation.

Zur Berechnung der Rohrleitungsverluste der Leitungen nach Norm wird so der Standardwert für die mittlere Temperatur für Trinkwassererwärmung mit Zirkulation zu Grunde gelegt. Nach DIN V 4701-10 [1] und DIN V 18599-8 [2] beträgt dieser 50 °C. Die Temperaturspreizung im Zirkulationskreis darf entsprechend DVGW-Arbeitsblatt W 551 [6] max. 5 K betragen, d.h. mit einer Warmwasseraustrittstemperatur am Speicher von 60 °C zur Vermeidung von Legionellen beträgt so die mittlere Temperatur im Zirkulationsnetz 57,5 °C.

Die mittleren Temperaturen der primärseitigen Verteil- und Steigleitung bei einer dezentralen TWE mit Wohnungsstationen unterscheiden sich von denen mit zentraler Warmwasserbereitung. Diese können je nach gewünschter Warmwassertemperatur unterhalb oder oberhalb der Mitteltemperatur des Zirkulationsnetzes liegen, vgl. Tabelle 5. Da die mittlere Warmwassertemperatur bei der energetischen Berechnung nach Norm nicht angepasst werden kann, werden zum Ausgleich der abweichenden Rohrleitungsverluste die Rohrleitungslängen der Verteil- und Steigleitungen auf der Warmwasserseite über Faktoren angepasst. Die Ermittlung der Umrechnungsfaktoren erfolgt mit Bezug auf die mittlere Temperatur im Zirkulationsnetz von 57,5 °C, was dem aktuellen Stand der Technik zur Vermeidung von Legionellen entspricht. Die Anpassung der Rohrleitungslängen ist in jedem Fall erforderlich, d.h. unabhängig davon, ob für die Leitungslängen die Standardwerte nach Norm oder konkrete Planungsdaten verwendet werden.

Bei ausgeschalteter Zirkulation und bei Stichleitungen wird nach DIN V 4701-10 für die Berechnung der Rohrleitungsverluste eine mittlere Temperatur von 32 °C zu Grunde gelegt. Die Berechnungen für die Stichleitungen erfolgen sowohl bei zentraler Warmwasserbereitung als auch bei dezentraler Trinkwassererwärmung über Wohnungsstationen mit dieser mittleren Temperatur.

Für die Bestimmung der Faktoren wurden weitere Festlegungen getroffen:

		Umgebungstemperatur $\theta_{u,m}$
Steigleitungen	innerhalb der thermischen Hülle	20 °C
Verteilungen	außerhalb der thermischen Hülle <sup>3</sup>	13 °C

Die Umrechnungsfaktoren gelten unter der Bedingung des Einsatzes eines Temperaturvorhalte-Regelsets.

<sup>3</sup> Festlegung typisch für Mehrfamilienhäuser.

Tabelle 6 Umrechnungsfaktoren für die Leitungslängen von Steig- und Verteilung in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur

Umrechnungs- faktoren	direkt angeschlossener Heizkreis				gemischter Heizkreis			
	Warmwasser- temperatur	Vorlauf- temperatur	mittlere Temperatur Vor-/Rücklauf	Steigleitung L <sub>s</sub>	Verteilung L <sub>v</sub>	Vorlauf- temperatur	mittlere Temperatur Vor-/Rücklauf	Steigleitung L <sub>s</sub>
45 °C	60 °C	48 °C	0,74	0,78	60 °C	45 °C	0,66	0,71
<b>50 °C</b>	<b>65 °C</b>	<b>53 °C</b>	<b>0,87</b>	<b>0,89</b>	<b>65 °C</b>	<b>49 °C</b>	<b>0,76</b>	<b>0,80</b>
55 °C	75 °C	63 °C	1,13	1,11	70 °C	53 °C	0,87	0,89
60 °C	75 °C	62 °C	1,13	1,11	-	-	-	-

### 3.4 Wärmeübergabe

Die Wärmeübergabe kann über freie Heizflächen oder Flächenheizungen erfolgen. Bei freien Heizflächen verfügt die Wohnungsstation über eine direkte Anbindung an den sekundärseitigen Heizkreis. Bei Flächenheizungen oder Kombinationen aus freien Heizflächen und Flächenheizungen ist ein gemischter sekundärseitiger Heizkreis mit abgesenkten Systemtemperaturen notwendig. Die Wohnungsstationen verfügen über eine zusätzliche Hocheffizienzpumpe.

### 3.5 Energetische Bewertung mit DIN V 4701-10: Vorgehensweise und Eingabewerte

#### 3.5.1 Zentraler Wärmeerzeuger mit Wohnungsstation für Heizung und Trinkwassererwärmung (2-Leiterinstallation)

Grundlage für die Abbildung der Wohnungsstationen bildet die Eingabe der Anlagenvariante: zentrale Wärmeerzeugung mit indirekt beheiztem Speicher mit Standardwerten. Möglichkeiten für die zentrale Wärmeerzeugung:

- Öl/Gas-Brennwertkessel
- Feststoff-/Pelletkessel
- Fern-/Nahwärme-Übergabestation

Die notwendigen Anpassungen in den einzelnen Bereichen der Heizung und Trinkwassererwärmung werden in Tabelle 7 angegeben und erläutert. Die Nummerierung der Teilbereiche kennzeichnet den entsprechenden Anlagenteil in Abbildung 8.

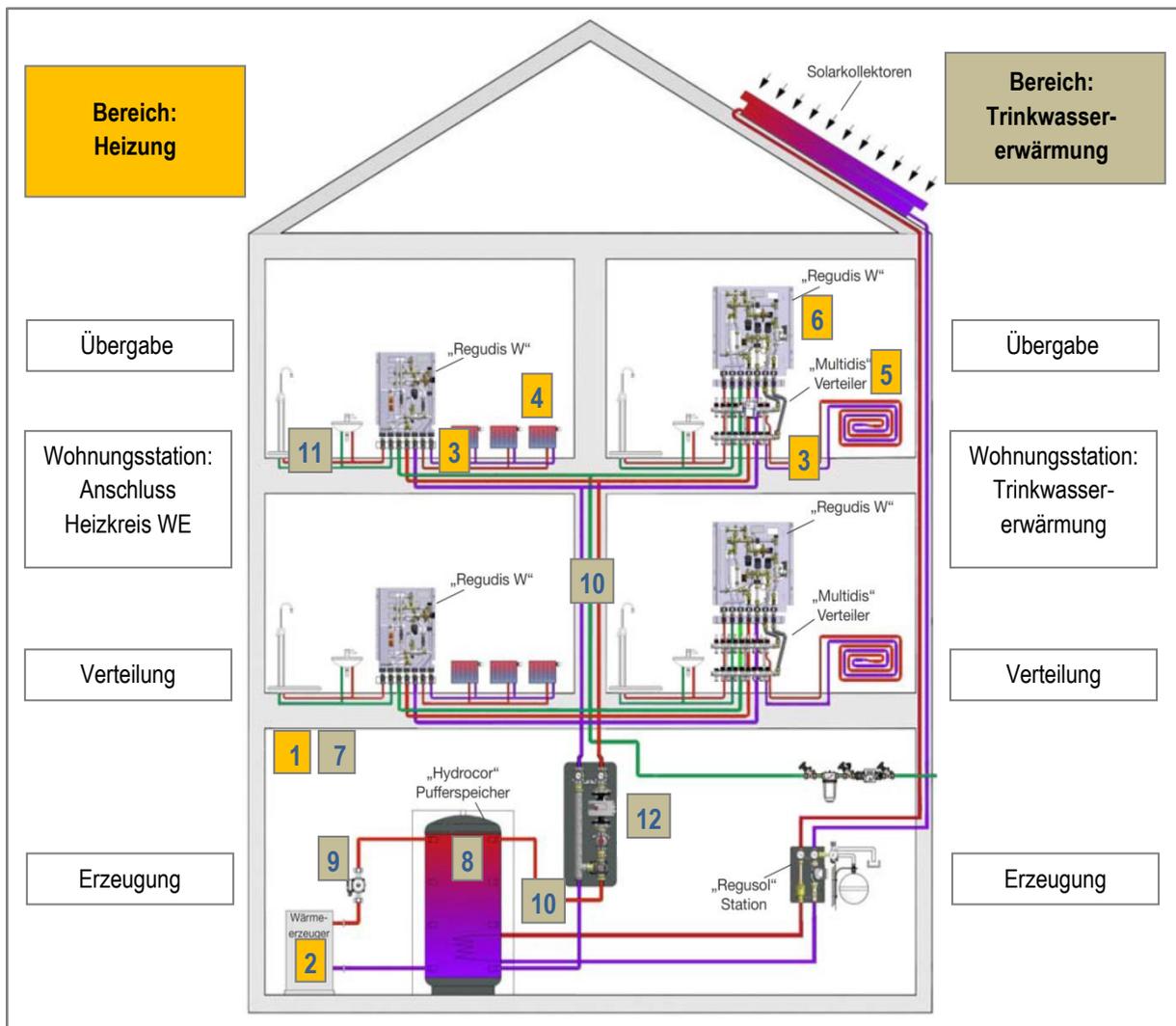


Abbildung 8 Zuordnung der Anlagenteile zu den Bewertungsbereichen (2-Leiterinstallation), Bild [4]

Tabelle 7 Energetische Bewertung einer zentralen Wärmeerzeugung mit Wohnungsstationen für Heizung und Trinkwassererwärmung (2-Leiterinstallation) mit DIN V 4701-10

Bereich		HEIZUNG		Eingaben bzw. Vorgehensweise				Nr.	Erläuterung		
Vorgaben				zentrale Wärmeerzeugung				1			
Erzeugung		Kessel-Nennwärmeleistung		konkrete Planungsdaten oder Standardwert				2			
Verteilung		Längen		Verteilung V 0 m Strangleitung S 0 m Anbindeleitung A Standardlänge/Planungswert				3	2-Leiterinstallation, primärseitige Verteil- und Strangleitungen in TWE sekundärseitige Anbindung Heizung in Wohneinheit		
				Heizflächen		Flächenheizung		4	Übergabe: Heizflächen		
Verteilung		Auslegungstemperaturen		Rücklauf- temperatur bei Spreizung 15K oder nach Planung		Vorlauf/Rücklauf- temperatur		5	Übergabe: Flächenheizung  sekundärseitige Heizkreistemperaturen innerhalb der Wohneinheit		
				Mindest- vorlauf- temperatur		Standard: 35/28 °C nach Planung		6	Berücksichtigung der zentralen Heizungspumpe bei Warmwasserkirkulation  bei Flächenheizung separate Umwälzpumpe je Station, Betrieb während der Heizperiode nach geeigneter Führungsgröße (Bsp.: Raumtemperatur)		
		Heizungs- Umwälzpumpe		keine separate Umwälzpumpe vorhanden		separate Umwälzpumpe je Wohnungsstation  Standardwert Standardwert- oder Planungswert je Pumpe und Multiplikation mit der Anzahl der Stationen		6			
		Laufzeit									
		Leistungsaufnahme									
Bereich		TRINKWASSERERWÄRMUNG		Eingaben bzw. Vorgehensweise				Nr.	Erläuterung		
Vorgaben				Zentrale Warmwasserversorgung (nicht wohnungszentral)				7	keine gemeinsame Installationswand		
Erzeugung		indirekt beheizter Speicher		konkrete Planungsdaten oder Standardwert				8	Abbildung des Pufferspeichers		
		Speicher-Ladepumpe		Kombibetrieb mit Wärmeerzeuger Heizung vorhanden mit Leistungsaufnahme Standardwert/Planungswert				9			
Verteilung		Längen		Umrechnung der Standard- länge oder des Planungswerts		Umrechnungsfaktor bei Warmwassertemperatur				10	primärseitige Verteil- und Strangleitungen, Umrechnung unabhängig davon, ob Standardwerte oder Planungswerte verwendet werden
						Heizflächen		Flächenheizung			
				45 °C 50 °C 55 °C 60 °C		45 °C 50 °C 55 °C					
				Verteilung V		0,78 0,89 1,11 1,11		0,71 0,80 0,89			
				Steigleitung S		0,74 0,87 1,13 1,13		0,66 0,76 0,87			
				Anbindeleitung/Stichleitung A Standardlänge/Planungswert				11	sekundärseitige Anbindung Warmwasser in Wohneinheit		
Verteilung		Zirkulation		mit Zirkulation				12	Zirkulationsleitung und Pumpe primärseitige Verteilung, ganzjähriger Betrieb, Leistungsaufnahme der Pumpe entspricht Heizungsumwälzpumpe		
		Zirkulationspumpe		24 h/d Standardwert analog Heizungsumwälzpumpe (Spreizung 15 K): $P = 44 + 0,059 \cdot A_N$ oder Planungsdaten							

Soll zusätzlich Solarthermie in die zentrale Erzeugung eingebunden werden, wird diese standardmäßig als alternativer Wärmeerzeuger im Bereich Heizung und Trinkwassererwärmung mit Anschluss an den vorhandenen Pufferspeicher angelegt. Die solaren Deckungsanteile für Heizung und Trinkwassererwärmung können mit geeigneten Simulationsprogrammen ermittelt werden. Alternativ finden die Standardwerte der Normen Verwendung. Der Deckungsanteil Heizung kann entsprechend Norm mit 10% angesetzt werden, wenn die Größe der Kollektorfläche mindestens das 1,8-fache der Standardkollektorfläche für Trinkwassererwärmung beträgt.

### 3.5.2 Zentraler Wärmeerzeuger für Heizung mit Wohnungsstationen zur Trinkwassererwärmung (4-Leiterinstallation)

Beim Einsatz einer Wärmepumpe als zentralen Wärmeerzeuger sind für einen effizienten Betrieb niedrige Systemtemperaturen erforderlich. Daher werden spezielle Wohnungsstationen für die Trinkwassererwärmung eingesetzt und die Flächenheizung über separate Heizungsleitungen auf niedrigem Temperaturniveau versorgt (4-Leiterinstallation). Die Wohnungsstationen für Warmwasserbereitung können mit einer Mindestvorlauftemperatur von 55 °C eine Trinkwarmwassertemperatur von 45 °C sicherstellen. Die Temperaturen können so auch auf der Warmwasserseite niedrig gehalten werden.

Die Abbildung nach Norm erfolgt auf Grundlage der Eingabe der Anlagenvariante: zentrale Wärmepumpe mit Pufferspeicher und indirekt beheiztem Warmwasserspeicher. Je nach Auslegung und Betriebsweise der Wärmepumpe erfolgt der Betrieb monovalent oder monoenergetisch. Heizungsseitig sind bei Verwendung der Standardwerte keine Anpassungen erforderlich. Auf der Warmwasserseite werden analog zur 2-Leiterinstallation die Rohrleitungslängen angepasst sowie der durchgängige Betrieb der Zirkulationspumpe festgelegt. Die notwendigen Anpassungen bei der Trinkwarmwasserbereitung sind in Tabelle 8 angegeben und erläutert. Die Nummerierung der Teilbereiche kennzeichnet den entsprechenden Anlagenteil in Abbildung 9.

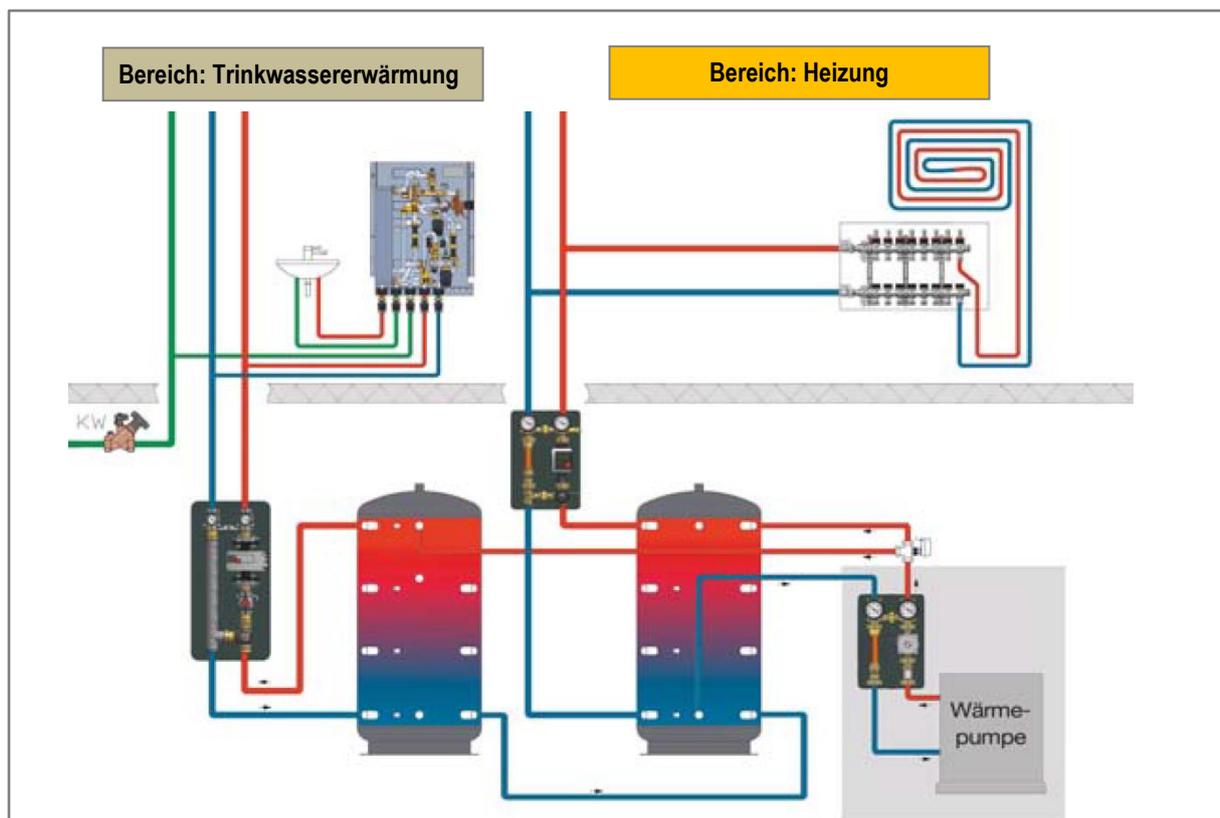


Abbildung 9 Zuordnung der Anlagenteile zu den Bewertungsbereichen (4-Leiterinstallation), Bild [4]

Tabelle 8 Energetische Bewertung einer zentralen Wärmeerzeugung mit Wohnungsstationen für Trinkwassererwärmung (4-Leiterinstallation) mit DIN V 4701-10

Bereich	HEIZUNG	Eingaben bzw. Vorgehensweise		Nr.	Erläuterung
Vorgaben		zentrale Wärmeerzeugung		1	Heizungsseitig sind keine weiteren Anpassungen für die dezentrale Trinkwassererwärmung erforderlich Verwendung von Standardwerten oder Planungsdaten
Bereich	TRINKWASSERERWÄRMUNG	Eingaben bzw. Vorgehensweise			Erläuterung
Vorgaben		Zentrale Warmwasserversorgung (nicht wohnungszentral)		2	keine gemeinsame Installationswand
Erzeugung	indirekt beheizter Speicher	konkrete Planungsdaten oder Standardwert		3	Abbildung des Pufferspeichers für Warmwasserbereitung
	Speicher-Ladepumpe	Kombibetrieb mit Wärmeerzeuger Heizung vorhanden mit Leistungsaufnahme Standardwert/Planungswert		4	
Verteilung	Längen	<b>Umrechnung der Standardlänge oder des Planungswerts</b>	Umrechnungsfaktor bei Vorlauftemperatur	5	primärseitige Verteil- und Strangleitungen, Umrechnung unabhängig davon, ob Standardwerte oder Planungswerte verwendet werden
			55 °C   60 °C		
		Verteilleitung	0,61   0,72	6	Warmwasseranbindung in der Wohneinheit
		Steigleitung	0,53   0,66		
		Anbindeleitung/Stichleitung A Standardlänge/Planungswert		6	
	Zirkulation	mit Zirkulation		7	Zirkulationsleitung und Pumpe primärseitige Verteilung, ganzjähriger Betrieb, Leistungsaufnahme der Pumpe entspricht Heizungsumwälzpumpe
	Zirkulationspumpe	Laufzeit	24 h/d		
		Standardwert analog Heizungsumwälzpumpe (Spreizung 15 K): $P = 44 + 0,059 \cdot A_N$ oder Planungsdaten			

### 3.6 Energetische Bewertung mit DIN V 18599 für Wohngebäude

Die energetischen Berechnungen eines zentralen Systems mit Wohnungsstationen für Wohngebäude nach DIN V 18599 können analog zu den Vorgaben für DIN V 4701-10 erfolgen.

Die Randbedingungen zur Berechnung der Verteilverluste, wie die mittlere Temperatur des Warmwassernetzes und die Wärmedurchgangskoeffizienten der Rohrleitungs­dämmung, entsprechen den Vorgaben der DIN V 4701-10. Die Anpassung der Längen von Verteil- und Steigleitung ist unabhängig von der Art der Ermittlung der Leitungslängen (Verwendung von Standardlängen oder Planungsdaten), es sind somit die gleichen Umrechnungsfaktoren bei der Berechnung nach DIN V 18599 anzuwenden.

Für die Leistung der Pumpe im Warmwasserrohrnetz (Zirkulationspumpe) muss der (höhere) Wert der Heizungsumwälzpumpe oder die konkreten Planungsdaten verwendet werden. Die Pumpe heizungsseitig entfällt, analog die Verteil- und Steigleitungen.

### 3.7 Auswirkungen des Bewertungsansatzes auf ein Beispielgebäude

Im folgenden Abschnitt werden die Auswirkungen des zuvor beschriebenen Ansatzes zur energetischen Bewertung für die 2-Leiterinstallation nach Norm dargestellt.

Dazu werden für ein 6-Familienhaus beispielhaft energetische Berechnungen nach DIN V 4701-10 für eine zentrale Erzeugung mit Wohnungsstationen für Heizung und Warmwasser sowie für eine zentrale Versorgung mit Gas-Brennwertkessel und indirekt beheiztem Speicher durchgeführt und gegenübergestellt. Die Berechnungen erfolgen mit dem Hottgenroth-Energieberater 18599 (Version 8.0.7), Abbildung 10. Variiert werden das Wärmeschutzniveau des Gebäudes und die notwendigen Systemtemperaturen in den Wohneinheiten:

- Altbau entsprechend WSchV82 [9]: Heizflächen 65/50 °C
- Altbau saniert ( $\cong$  Referenzwärmeschutz EnEV2014 [8]): Heizflächen 55/45 °C

Die zur Verfügung stehende Warmwassertemperatur beim Einsatz von Wohnungsstationen soll entsprechend den Empfehlungen 50 °C betragen. Die dafür notwendige Mindest-Vorlauf­temperatur primärseitig beträgt 65 °C.

Alle Ergebnisse Endenergie sind heizwertbezogen.

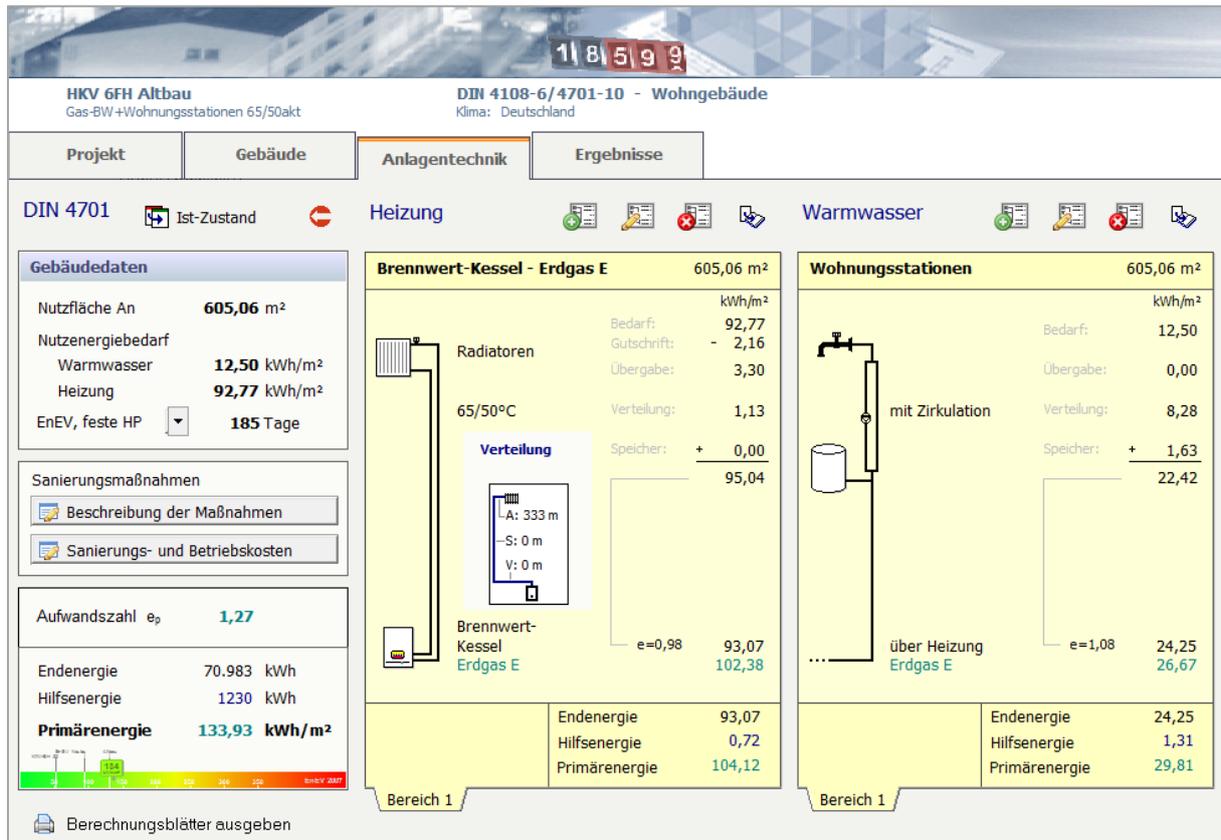


Abbildung 10 Programmoberfläche Hottgenroth-Energieberater 18599 nach DIN 4108-6/4701-10

Die Ergebnisse für End- und Primärenergie sowie für die einzelnen Teilbereiche: Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung der Varianten sind in Tabelle 9 angegeben. In Abbildung 11 und Abbildung 12 sind Anlagenverluste und Hilfsenergiebedarf grafisch gegenüber gestellt.

Nach EnEV müssen Zirkulationspumpen beim Einbau in Warmwasseranlagen mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur Ein- und Ausschaltung ausgestattet sein. Bei einer Anlage mit Zirkulation wird nach DIN V 4701-10 der Standardwert für die Laufzeit der Zirkulationspumpe in Abhängigkeit von der Nutzfläche bestimmt und die energetischen Berechnungen mit dieser Betriebszeit durchgeführt. Bei dezentraler Trinkwassererwärmung mit Wohnungsstationen erfolgt dagegen ein durchgängiger Betrieb zur Warmwasserversorgung, vergleichend werden daher die Ergebnisse bei zentraler Warmwasserversorgung mit einem durchgängigen Betrieb der Zirkulationspumpe (24 h/d) angegeben.

Tabelle 9 Ergebnisse energetische Berechnung nach DIN V 4701-10 für ein 6-Familienhaus

Systemtemperaturen Heizung gewünschte Warmwassertemperatur bei Wohnungsstationen Vorlauftemperatur für TWE mit Wohnungsstationen baulicher Wärmeschutz			65/50°C						55/45°C					
			50°C		-		-		50°C		-		-	
6-Familienhaus  $A_N = 605,1 \text{ m}^2$			Altbau WSchV82						Altbau saniert					
			Gas-BW + Wohnungsstationen		Gas-BW + indirekt beheizter Speicher (Standardwert für Zirkulationsdauer)		Gas-BW + indirekt beheizter Speicher (ohne Zirkulations- unterbrechung)		Gas-BW + Wohnungsstationen		Gas-BW + indirekt beheizter Speicher (Standardwert für Zirkulationsdauer)		Gas-BW + indirekt beheizter Speicher (ohne Zirkulations- unterbrechung)	
			Wärme	TWE	Wärme	TWE	Wärme	TWE	Wärme	TWE	Wärme	TWE	Wärme	TWE
Endenergie Wärme	Nutzwärmebedarf	kWh/m <sup>2</sup> a	92,77	12,50	92,77	12,50	92,77	12,50	55,06	12,50	55,06	12,50	55,06	12,50
	Gutschrift aus Verteilung TWE	kWh/m <sup>2</sup> a	-2,16	-	-1,96	-	-2,38	-	-2,16	-	-1,96	-	-2,38	-
	Übergabe	kWh/m <sup>2</sup> a	3,30	-	3,30	-	3,30	-	1,10	-	1,10	-	1,10	-
	Verteilung	kWh/m <sup>2</sup> a	1,13	8,28	3,98	7,36	3,98	9,21	1,13	8,28	2,71	7,36	2,71	9,21
	Speicherung	kWh/m <sup>2</sup> a	-	1,63	-	1,63	-	1,63	-	1,63	-	1,63	-	1,63
	Zwischensumme	kWh/m <sup>2</sup> a	95,04	22,41	98,09	21,49	97,67	23,34	55,13	22,41	56,91	21,49	56,49	23,34
	Wärmeerzeugeraufwandszahl	-	0,98	1,08	0,98	1,08	0,98	1,08	0,98	1,08	0,98	1,08	0,97	1,08
	Erzeugung	kWh/m <sup>2</sup> a	-1,97	1,84	-2,03	1,79	-2,02	1,87	-0,82	1,84	-1,42	1,79	-1,41	1,87
	spezifisch	kWh/m <sup>2</sup> a	93,07	24,25	96,06	23,28	95,65	25,21	54,31	24,25	55,49	23,28	55,08	25,21
	absolut	kWh/a	70.986		72.208		73.128		47.534		47.661		48.580	
bezogen auf Gas-BW + indirekt beheizter Speicher			<b>98,3%</b>		<b>100,0%</b>		<b>101,3%</b>		<b>99,7%</b>		<b>100,0%</b>		<b>101,9%</b>	
Hilfsenergie	Übergabe	kWh/m <sup>2</sup> a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Verteilung	kWh/m <sup>2</sup> a	-	1,11	0,43	0,30	0,43	0,44	-	1,11	0,52	0,30	0,52	0,44
	Speicherung	kWh/m <sup>2</sup> a	-	0,05	-	0,05	-	0,05	-	0,05	-	0,05	-	0,05
	Erzeugung	kWh/m <sup>2</sup> a	0,72	0,15	0,75	0,15	0,74	0,16	0,42	0,15	0,43	0,15	0,43	0,16
	spezifisch	kWh/m <sup>2</sup> a	0,72	1,31	1,18	0,50	1,17	0,65	0,42	1,31	0,95	0,50	0,95	0,65
	absolut	kWh/a	1.228		1.017		1.101		1.047		877		968	
bezogen auf Gas-BW + indirekt beheizter Speicher			<b>120,8%</b>		<b>100,0%</b>		<b>108,3%</b>		<b>119,3%</b>		<b>100,0%</b>		<b>110,3%</b>	
Primärenergie- bedarf	spezifisch	kWh/m <sup>2</sup> a	133,9		135,3		137,3		90,6		90,1		92,2	
	absolut	kWh/a	81.032		81.868		83.083		54.799		54.532		55.762	
	bezogen auf Gas-BW + indirekt beheizter Speicher			<b>99,0%</b>		<b>100,0%</b>		<b>101,5%</b>		<b>100,5%</b>		<b>100,0%</b>		<b>102,3%</b>

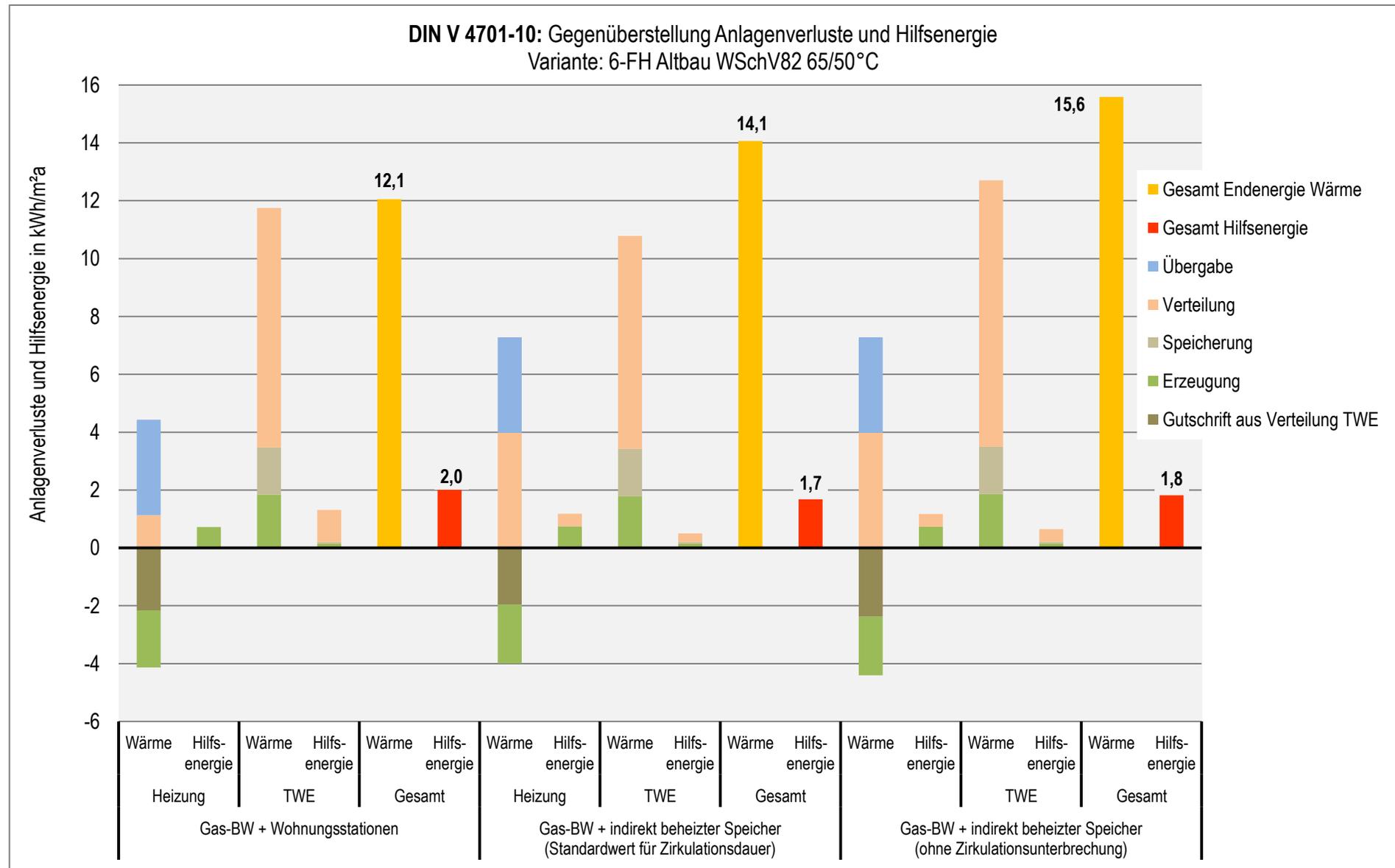


Abbildung 11 Berechnung nach DIN V 4701-10: Gegenüberstellung Anlagenverluste und Hilfsenergiebedarf (ohne Nutzenergiebedarf Heizung/TWE) für 6-FH Altbau 65/50 °C

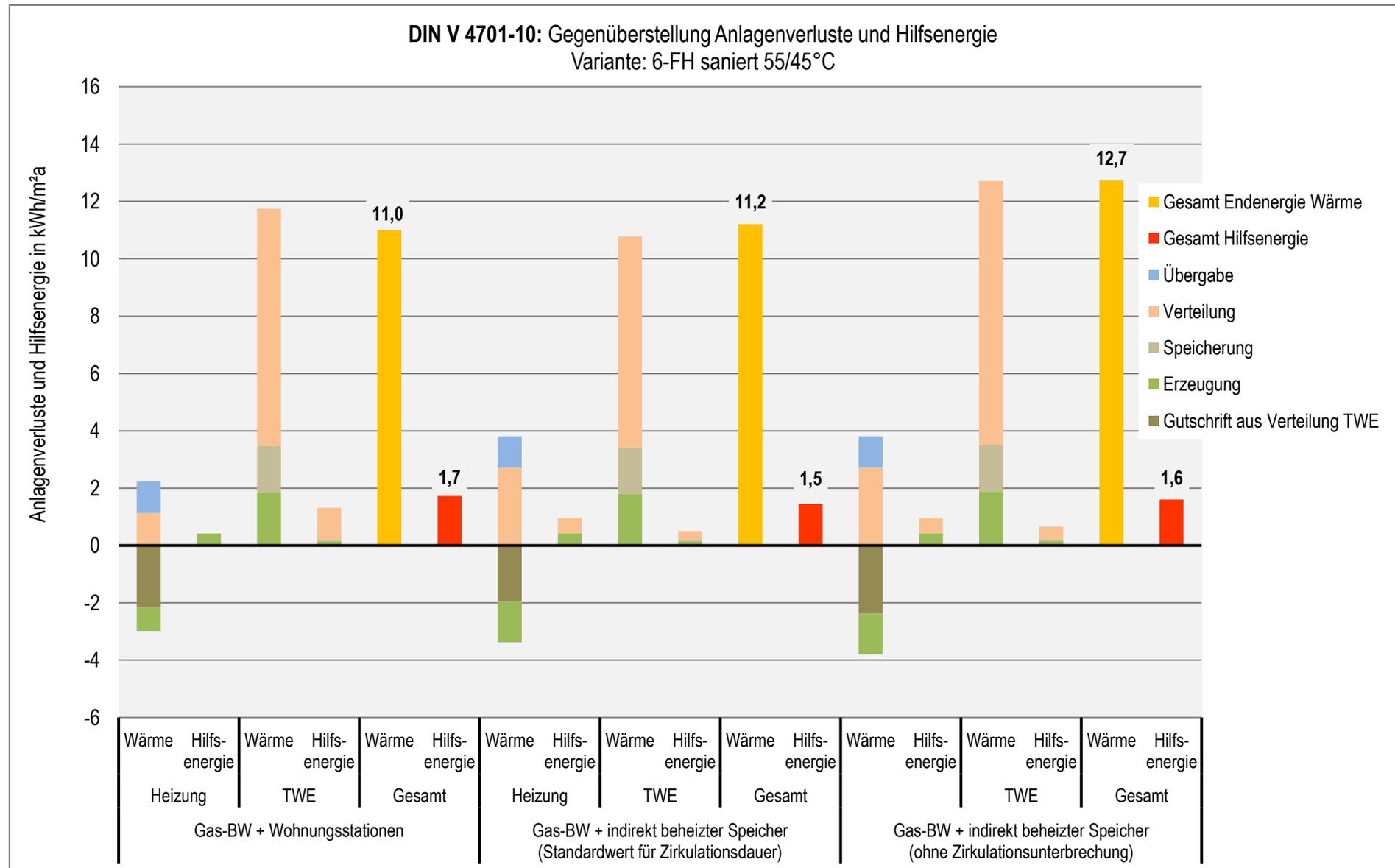


Abbildung 12 Berechnung nach DIN V 4701-10: Gegenüberstellung Anlagenverluste und Hilfsenergiebedarf (ohne Nutzenergie Heizung/TWE) für 6-FH saniert 55/45 °C

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Auf Grund der geringeren Verteilverluste des 2-Leitersystems bei zentraler Wärmeerzeugung mit Wohnungsstationen für Heizung und Trinkwassererwärmung ist der End- und Primärenergiebedarf dieses Systems geringer als bei einer zentralen Wärme- und Warmwassererzeugung. Der Hilfsenergiebedarf ist durch den ganzjährigen und ganztägigen Betrieb der Heizungsumwälzpumpe etwas höher. Die Energiekennwerte der Systeme gleichen sich bei sanierten Gebäuden oder Neubauten mit niedrigeren Systemtemperaturen an.

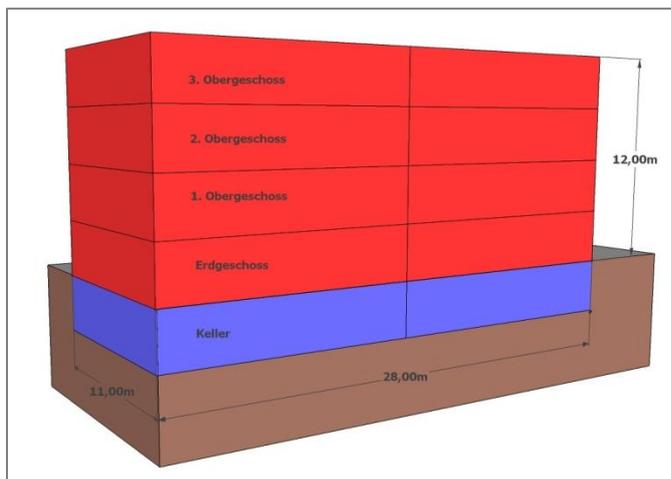
### Wärmeübergabe mit Flächenheizungen

Beim Einsatz von Flächenheizungen verringern sich beim zentralen System die Verteilverluste Heizung infolge geringerer Vor- und Rücklauftemperaturen. Auch beim Einsatz von Wohnungsstationen sinken infolge des gemischten Heizkreises innerhalb der Wohnung die Rücklauftemperaturen in den Steig- und Verteilleitungen und damit auch die mittleren Temperaturen im Verteilsystem, vgl. Tabelle 4. Die Mindestvorlauftemperatur zur Bereitstellung der gewünschten Warmwassertemperatur muss jedoch weiterhin ganzjährig und ganztägig gewährleistet werden. Innerhalb jeder Wohnungsstation ist eine zusätzliche Pumpe für den gemischten Heizkreis notwendig.

## 4 Vergleichsrechnungen

### 4.1 Modellgebäude

Die Berechnungen erfolgen für ein freistehendes 24-Familienhaus, welches aus dem 12-Familienhaus des Modellgebäudekataloges [10] abgeleitet wurde. Für die Wärmeschutzvarianten Neubau und Altbau werden energetische Vergleichsrechnungen nach DIN V 4701-10 mit dem Hottgenroth-Energieberater 18599 (Version 8.0.7) durchgeführt.



Wohneinheiten	24
Nutzfläche	1.036,8 m <sup>2</sup>
Beheiztes Volumen	3.240 m <sup>3</sup>

Abbildung 13 Abmessungen Beispiel 24-Familienhaus

## 4.2 Neubau

### 4.2.1 Varianten

Für das 24-Familienhaus Neubau werden die zentralen Varianten Gas-Brennwert-Kessel mit solarer Trinkwassererwärmung und Gas-Brennwert-Kessel in Kombination mit Solarthermie und Wohnungsstationen für Heizung und Trinkwassererwärmung betrachtet. Beiden Varianten werden gleich große Kollektorflächen (Größe entsprechend den Vorgaben der DIN V 4701-10 für TWE) zu Grunde gelegt. Die sich aus den Anlagenkonfigurationen ergebenden Deckungsanteile werden mit dem Solarsimulationsprogramm Getsolar Professional 10.1 ermittelt. Der bauliche Wärmeschutz des Gebäudes ist gegenüber dem Referenzwärmeschutz nach EnEV 2014 leicht verbessert (Fenster mit  $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Beide Varianten halten die Vorgaben von EnEV2014 und EEWärmeG ein.

Beim Einsatz von Wohnungsstationen steht das Warmwasser ohne Zirkulationsunterbrechung ganztägig zur Verfügung. Die Vergleichsrechnungen für den Neubau erfolgen daher für die Variante zentraler BW-Kessel mit solarer TWE mit und ohne Zirkulationsunterbrechung<sup>4</sup>.

Tabelle 10 Neubauvarianten 24-FH

Systeme	Variante 1: zentraler Gas-BW-Kessel in Kombination mit Solarthermie und Wohnungsstationen für Heizung und TWE	Variante 2: zentraler Gas-BW-Kessel mit solarer TWE
Erzeugung	<ul style="list-style-type: none"> <li>zentraler Gas-BW-Kessel</li> <li>Einbindung Solarthermie in Pufferspeicher</li> <li>Wohnungsstationen für Heizung und TWE</li> <li>Kollektorfläche entsprechend Standardwert DIN V 4701-10 für TWE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zentraler Gas-BW-Kessel mit solarer Trinkwassererwärmung</li> <li>Kollektorfläche entsprechend Standardwert DIN V 4701-10 für TWE</li> </ul>
Verteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Systemtemperaturen: 65/50°C</li> <li>Warmwassertemperatur an Wohnungsstationen: 50°C</li> <li>2 -Leiterinstallation, Dämmung RL nach EnEV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Systemtemperaturen: 55/45°C</li> <li>Warmwasser mit Zirkulation: Variante 2: Laufzeit der Zirkulationspumpe nach Norm in Abhängigkeit von der Nutzfläche Variante 2a: Laufzeit der Zirkulationspumpe 24 h/d</li> <li>Dämmung RL nach EnEV</li> </ul>
Übergabe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Heizflächen TRV 1K</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Heizflächen TRV 1K</li> </ul>

<sup>4</sup> Gleicher Komfort wie beim Einsatz von Wohnungsstationen.

## 4.2.2 Ergebnisse

Im Ergebnis werden End-, Hilfs- und Primärenergie gegenübergestellt. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Variante: zentraler Gas-BW-Kessel mit indirekt beheizten Speicher (Standardwert für Zirkulationsdauer).

Tabelle 11 Ergebnisse Energiebedarfsberechnung 24-Familienhaus Neubau

24-Familienhaus Neubau $A_N = 1036,8 \text{ m}^2$			Variante 1		Variante 2		Variante 2a	
			zentraler Gas-BW-Kessel mit Solarthermie und Wohnungsstationen für Heizung und TWE		zentraler Gas-BW-Kessel + solare TWE (Standardwert für Zirkulationsdauer)		zentraler Gas-BW-Kessel + solare TWE (ohne Zirkulationsunterbrechung)	
			Heizung	TWE	Heizung	TWE	Heizung	TWE
Endenergie Wärme	Nutzwärmebedarf	kWh/m <sup>2</sup> a	40,68	12,50	40,68	12,50	40,68	12,50
	absolut	kWh/a	38.541	13.317	39.682	12.993	39.182	14.202
	Summe Endenergie	kWh/a	51.858		52.675		53.384	
	bezogen auf Variante 2		<b>98,4%</b>		<b>100,0%</b>		<b>101,3%</b>	
Hilfsenergie	absolut	kWh/a	241	1.356	687	656	683	733
	Summe Hilfsenergie	kWh/a	1.597		1.343		1.416	
	bezogen auf Variante 2		<b>118,9%</b>		<b>100,0%</b>		<b>105,4%</b>	
Primärenergie	absolut	kWh/a	60.877		61.166		62.121	
	spezifisch	kWh/m <sup>2</sup> a	58,7		59,0		59,9	
	bezogen auf Variante 2		<b>99,5%</b>		<b>100,0%</b>		<b>101,6%</b>	

## 4.3 Altbau

### 4.3.1 Varianten

Der Wärmeschutzstandard des Bestandsgebäudes entspricht etwa der WSchV82 [9]. Die betrachteten Systeme sind in Tabelle 12 beschrieben. Bei der Sanierung wird davon ausgegangen, dass die vorhandenen Heizflächen für einen Betrieb mit abgesenkten Systemtemperaturen geeignet sind. Um den gleichen Komfort wie beim Einsatz von Wohnungsstationen zu gewährleisten, erfolgt die Berechnung des zentralen Systems mit indirekt beheiztem Speicher ohne Zirkulationsunterbrechung.

Tabelle 12 Ausgangszustand und Sanierungsvarianten 24-FH Altbau

Systeme	Ausgangszustand Alt	Sanierung 1	Sanierung 2	Sanierung 3
Erzeugung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wohnungsweise NT-Kombi-Thermen mit TWE im Durchflussbetrieb (1987-1994)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zentraler Gas-BW-Kessel mit Wohnungsstationen für Heizung und TWE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zentraler Gas-BW-Kessel mit indirekt beheizten Speicher</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wohnungsweise Gas-Brennwert-Kombi-Geräte mit TWE im Durchflussbetrieb</li> </ul>
Verteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wohnungsinstallation mit Heizflächen 70/55°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2-Leiterinstallation</li> <li>Warmwassertemperatur an Wohnungsstationen: 50°C</li> <li>Dämmung RL nach EnEV</li> <li>65/50°C</li> <li>Anschluss an vorhanden Wohnungsinstallation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>neue Verteil- und Strangleitungen für Heizung und Warmwasser mit Zirkulation (Laufzeit 24 h/d)</li> <li>Dämmung RL nach EnEV</li> <li>65/50°C</li> <li>Anschluss an vorhanden Wohnungsinstallation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>65/50°C</li> <li>Anschluss an vorhanden Wohnungsinstallation</li> </ul>
Übergabe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thermostatventile alt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>neue Thermostatventile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>neue Thermostatventile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>neue Thermostatventile</li> </ul>

### **4.3.2 Ergebnisse**

Die Ergebnisse der energetischen Berechnung für End-, Hilfs- und Primärenergie des Ausgangszustandes und der Sanierungsvarianten Altbau sind in Tabelle 13 angegeben.

Gegenüber dem Ausgangszustand mit wohnungsweisen (alten) NT-Kombi-Thermen können deutliche Verringerungen des Endenergie-, Hilfsenergie und des Primärenergiebedarfes verzeichnet werden. Infolge des höheren Hilfsenergiebedarfes für die wohnungsweisen Brennwert-Thermen sind die Varianten mit zentralem Gas-BW-Kessel primärenergetisch günstiger.

Tabelle 13 Ergebnisse Energiebedarfsrechnung 24-Familienhaus Altbau

24-Familienhaus Altbau  $A_N = 1036,8 \text{ m}^2$			Ausgangszustand Alt		Sanierung 1		Sanierung 2		Sanierung 3	
			wohnungswise NT-Kombi-Thermen (alt) (TWE im Durchflussprinzip)		zentraler Gas-BW-Kessel mit Wohnungsstationen für Heizung und TWE		zentraler Gas-BW-Kessel mit indirekt beheizten Speicher (ohne Zirkulationsunterbrechung)		wohnungswise Brennwert-Thermen (TWE im Durchflussprinzip)	
			Heizung	TWE	Heizung	TWE	Heizung	TWE	Heizung	TWE
Endenergie Wärme	Nutzwärmebedarf	kWh/m <sup>2</sup> a	75,70	12,50	75,70	12,50	75,70	12,50	75,70	12,50
	absolut	kWh/a	116.285	25.585	78.695	24.058	80.345	24.923	80.770	24.684
	Summe Endenergie	kWh/a	141.870		102.753		105.268		105.454	
	bezogen auf Ausgangszustand Alt		-		72,4%		74,2%		74,3%	
Hilfsenergie	absolut	kWh/a	6.347	194	505	1.054	853	473	5.748	132
	Summe Hilfsenergie	kWh/a	6.541		1.559		1.326		5.880	
	bezogen auf Ausgangszustand Alt		-		23,8%		20,3%		89,9%	
Primärenergie	absolut	kWh/a	171.755		116.770		118.977		130.111	
	spezifisch	kWh/m <sup>2</sup> a	165,7		112,6		114,8		125,5	
	bezogen auf Ausgangszustand Alt		-		68,0%		69,3%		75,8%	

## 4.4 Fazit

- Mit Wohnungsstationen können einzelne Wohnungen mit Wärme sowie mit warmen und kalten Trinkwasser versorgt werden. Die benötigte Heizwärme wird über eine zentrale Wärmeerzeugung bereitgestellt, die Erwärmung des Trinkwassers erfolgt dezentral über einen Wärmeübertrager im Durchlaufprinzip. Daraus ergeben sich hygienische Vorteile bei der Bereitstellung des Warmwassers, Probleme mit möglichem Legionellenwachstum im Speicher bzw. in den Rohrleitungen werden weitestgehend vermieden. Da nur Verteil- und Steigleitungen für Heizwärme erforderlich sind, ergeben sich zudem Vorteile hinsichtlich des Installationsaufwandes.
- Für die Möglichkeit der energetischen Bewertung von Wohnungsstationen mit den derzeit gültigen Normen DIN V 4701-10 [1] bzw. DIN V 18599 [2] erfolgte die Erarbeitung eines allgemeinen Ansatzes und die Beschreibung der Eingabe in typischer Energieberater-Software.
- An Hand eines Modellgebäudes (24-Familienhaus) wurden mit diesem energetischen Bewertungsansatz Vergleichsrechnungen durchgeführt. Es wurden der Neubau des Gebäudes unter Einsatz von Solarthermie und die Sanierung des Bestandsgebäudes (Wärmeschutz etwa WSchV82 [9]) betrachtet.

Die Ergebnisse für das Beispielgebäude können wie folgt zusammengefasst werden:

- Neubau  
Bei zentraler Wärmeversorgung unter Einbindung von Solarthermie und dem Einsatz von Wohnungsstationen können gegenüber einem zentralen System mit solarer Trinkwassererwärmung<sup>5</sup> zwischen 1,5 % und 3 % Endenergie Wärme und zwischen 0,5 % und 2 % Primärenergie eingespart werden. Der Hilfsenergiebedarf ist auf Grund des durchgängigen Betriebes etwas höher.
- Bestandsgebäude  
Beim Einsatz von Wohnungsstationen können gegenüber einem zentralen System mit Brennwertechnik und indirekt beheiztem Speicher etwa 1,8 % Endenergie und 1,3 % Primärenergie eingespart werden. Der Hilfsenergiebedarf ist auf Grund des durchgängigen Betriebes etwas höher.  
Gegenüber einer Sanierung mit dezentralem System (wohnungsweise Brennwert-Therme und Warmwasserbereitung im Durchflussprinzip) können 1,9 % Endenergie und 7,8 % Primärenergie eingespart werden.

---

<sup>5</sup> Mit und ohne Zirkulationsunterbrechung

## 5 Quellen

- [1] *DIN V 4701-10:2003-08. Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung.*
- [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] *Oventrop GmbH und Co KG: Wohnungsstationen "Regudis W", Produktübersicht und Datenblätter.*
- [4] *Kurzgutachten: Anforderungen der Energieeinsparverordnung an dezentrale Wohnungsstationen des Typs Oventrop Regudis, ITG Dresden GmbH im Auftrag der Oventrop GmbH & Co KG, Januar 2013.*
- [5] *Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV 2001) in der Fassung der Bekanntmachung vom 02. August 2013.*
- [6] *DVGW Arbeitsblatt W 551: Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verhinderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen; Bonn, April 2004.*
- [7] *Bautätigkeit und Wohnungen, Bestand an Wohnungen, Fachserie 5 Reihe 3 - 2012, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2014.*
- [8] *Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 16. Oktober 2013 (Energieeinsparverordnung - EnEV 2014).*
- [9] *Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden - Wärmeschutzverordnung vom 24. Februar 1982.*
- [10] *ZUB Kassel e.V. im Auftrag des BMVBS/BBSR: Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit, Oktober 2010.*