

Die Auslegung des Wärmeerzeugers – Beispiele für Ein- und Mehrfamilienhaus

Dipl.-Ing. Norbert Stärz, Ingenieurbüro inPlan TGA GmbH

Bahnhofstraße 49, 64319 Pfungstadt, 06157-97120, inplan.pfungstadt@t-online.de

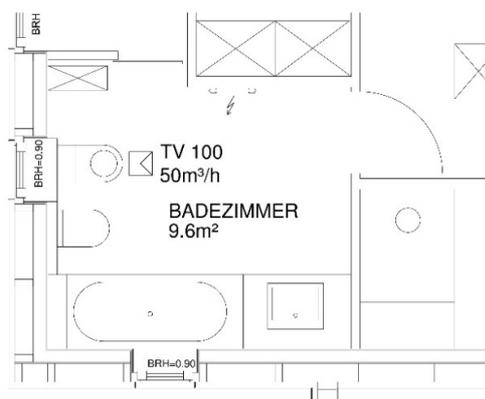
1 Leistungsbestimmung zur Wärmeerzeugerauslegung

Der Heizwärmebedarf eines Passivhauses ist häufig geringer als der Bedarf für die Warmwasserbereitung. Gilt dies auch in gleicher Weise für den jeweiligen Leistungsbedarf? Der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser wird als Jahres-Bilanzwert aufgestellt, der Heizlast-Wert wird zur Prüfung der Beheizbarkeit über die Lüftungsanlage ermittelt. Eine Ermittlung des Leistungsbedarfs für die Warmwasserbereitung erfolgt im PHPP nicht.

1.1 Heizlast

Das PHPP ist ein sicheres Instrument, mit dem im Blatt „Heizlast“ der Leistungsbedarf für die Beheizung ermittelt werden kann. Ein Wohngebäude ist in der Regel durchgängig beheizt, sodass keine Aufschläge für eine Aufheizleistung erforderlich sind. Der Ergebniswert kann somit auch für die Auslegung der Wärmeerzeugung genutzt werden, der typische spezifische Leistungsbedarf für die Heizung liegt bei 10-12 W/m².

Die Beheizung des Bades auf 24 °C – also höher als die übliche Raumtemperatur von 20 °C, spielt bei der Heizlast keine Rolle. Von den 6 wärmetauschenden Flächen des Bades sind üblicherweise maximal zwei nach außen gerichtet, z.B. der Fußboden gegen Erdreich, eine Außenwand mit Fenster. Dieser Leistungsbedarf wird kompensiert durch andere Räume wie Flure, Treppenträume, die mit einer geringeren Innentemperatur genutzt werden.



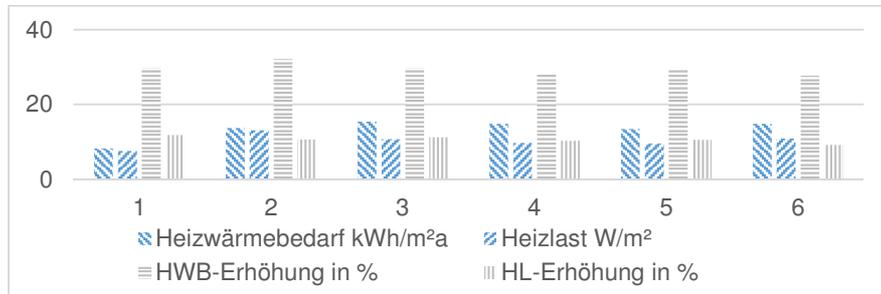
Ermittlung für Bad mit PHPP – Blatt
Heizlast

bei 20°C: Heizlast	260 W 27 W/m ²
bei 24°C: Heizlast nach außen	300 W 31 W/m ²
Heizlast nach innen	100 W 10 W/m ²
Heizlast gesamt	400 W 41 W/m ²
Gebäude-Heizlast (20°C)	1.840 W 13,1 W/m ²

Abbildung 1: Heizlast für Beispiel-Bad EFH, in Gebäudeaußenecke / zu Dachfläche

Die nach innen gerichtete Heizlast entlastet den Leistungsbedarf der angrenzenden Räume, hat auf die Gebäude-Heizlast somit keinen Einfluss. Die Erhöhung der Heizlast durch die Außenwandflächen des Beispiel-Bades mit drei Außenflächen beträgt ca. 40 W (bezogen auf die Gebäudeheizlast eine Erhöhung von 2 %) kann vernachlässigt werden.

Wie verhält es sich, wenn auf Bauherrenwunsch größere Einzelräume wie das Wohnzimmer mit einer auf 22 °C erhöhten Komforttemperatur einzuplanen sind? Auch ohne eine herkömmliche Berechnung der Normheizlast nach DIN EN 12831 kann dies zuverlässig über das PHPP berücksichtigt werden.



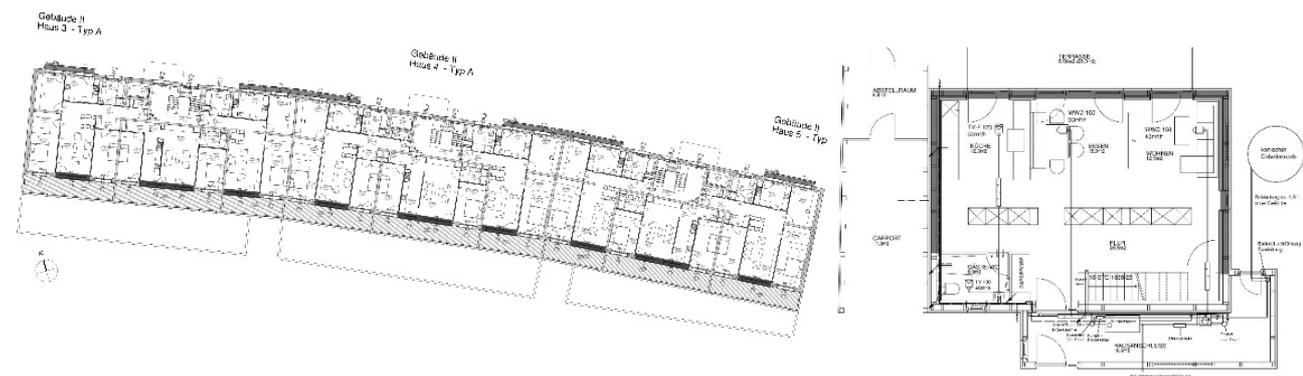
Projekt 1: EFH 234 m²
 Projekt 2: EFH 140 m²
 Projekt 3: MFH 250 m²
 Projekt 4: MFH 2.870 m²
 Projekt 5: MFH 12.700 m²
 Projekt 6: MFH 6.500 m²

Abbildung 2: Heizwärme und -last bei Raumtemperaturerhöhung auf 22°C

Auf das Gesamtgebäude bezogen beläuft sich die Erhöhung des Leistungsbedarfes auf ca. 10 %, der Heizwärmebedarf hingegen kann um 30 % höher liegen.

Bei einer Erhöhung der Raumtemperatur für Teilflächen ist für den Wärmeerzeuger die Leistungserhöhung entsprechend dem Außenflächenanteil der höher beheizten Räume wirksam. Dieser kann relativ einfach aus der Flächenermittlung bzw. den Grundrissen ermittelt werden. Für die Außenflächen (i.d.R. Fenster, Außenwand, Boden oder Dach) wird ein 10-%-iger Flächenzuschlag entsprechend der prozentualen HL-Erhöhung (vgl. Abb. 2) ermittelt. Dieser wird dann im PHPP auf die jeweiligen Flächenwerte im Blatt Heizlast hinzuaddiert, wodurch die erhöhte Heizlast für den Wärmeerzeuger ermittelt wird.

Am Beispiel zweier Projekte wird die Bandbreite des Einflusses aufgezeigt. Mit der dunklen Markierung ist der Außenflächenbereich mit höherer Innentemperatur gekennzeichnet.



Proj. Mainzeile Geb. I-III

Proj. Bad Sobernheim EG

Abbildung 3: Heizlasterhöhung bei partieller Raumtemperaturerhöhung

Am Beispiel des großen MFH führt die partielle Raumtemperaturerhöhung zu einer Heizlasterhöhung von ca. 2 %. Im Beispiel-EFH liegt die Heizlasterhöhung bei ca. 6 %, und damit näher am Maximalwert von ca. 11 % für das Gesamtgebäude (Abb. 2 Proj. 2). Im Ergebnis zeigt sich, dass der Leistungszuwachs für die Erreichung einer Komfort-Temperatur je nach Flächenanteil eine zu berücksichtigende Größe darstellt.

Für die Dimensionierung der Raumerwärmung wird empfohlen, zusätzlich die Innen-Heizlast zu berücksichtigen.

1.2 Leistung Warmwasserbereitung

Der Leistungsbedarf für die Warmwasserbereitung kann im PHPP nicht ermittelt werden. Standard-Verfahren nach DIN 4708, Zentrale Wassererwärmungsanlagen und VDI-Richtlinie 3815, Grundsätze für die Bemessung der Leistung von Wärmeerzeugern, führen zu überhöhten Leistungen.

Die Bandbreite der möglichen tatsächlichen Leistungserfordernis ergibt sich aus zwei Ansätzen. Zum einem aus dem plausiblen Ansatz des Jahresbedarfs der Warmwasser-Wärmemenge, zurückgerechnet als tagesmittlere Leistung. Im PHPP wird ein Tages-Warmwasserbedarf von 25 Liter/Person,Tag (bei 60 °C) zugrundegelegt; zurückgerechnet mit den Standard-PHPP-Werten von z.B. 35 m² Energiebezugsfläche/Person bedeutet dies eine Leistung von ca. 1,7 W/m² Energiebezugsfläche (ohne Verlustleistung).

Zum andern zählt die Durchfluss-Leistung einer momentanen Warmwasserentnahme, z.B. für einen Duschvorgang oder eine Badewannenfüllung; hier ist eine Leistung von 25 kW anzusetzen (entspricht bei EFH mit 120 m² EBZ ca. 200 W/m²).

In der Praxis hat sich bei Mehrfamilienhäusern die Auslegung unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit der Warmwasserzapfung nach einer Untersuchung der TU Dresden [TU Dresden 1999] bewährt. Diese definiert die Leistung, die zentral für das Warmwassersystem eingespeist werden muss. Die Anzahl der gleichzeitig zapfenden WE ist anhängig von der Gesamtzahl der Wohnungen, bei z.B. 44 WE liegt die Gleichzeitigkeit bei 3,75. (25 kW x 3,75 = 94 kW TWW-Spitzenlast). Im Diagramm Abb. 4 ist dargestellt, wie sich die TWW-Heizlast ausgehend von dem tagesmittleren Wert (ca. 6,5 kW) bis zum Spitzenlastwert bei unterschiedlichen Speichergrößen ändert.

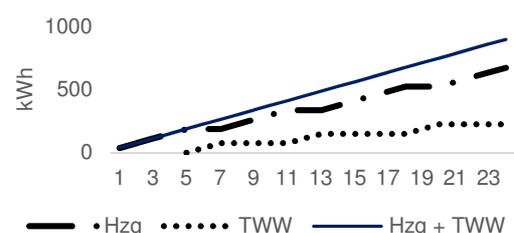
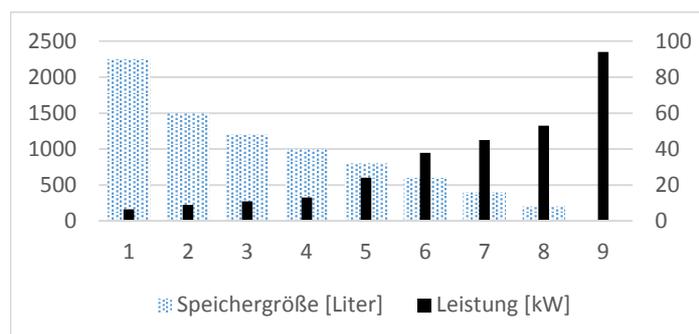


Abbildung 4: MFH 44WE, Speichergröße und Leistung **Abbildung 5: Tages-Summenwert Hzg / TWW**

Die Verlustleistung des Systems (Speicher, Verteilungen) ist zu berücksichtigen, hierzu können die Ergebniswerte des PHPP-Arbeitsblatts „WW+Verteil“ genutzt werden. Beispiel Projekt MFH 44WE: Verluste des WW-System 13.931 kWh/a, daraus mittlere Leistung 1.590 W bzw. 0,55 W/m².

Die bei konventionellen Gebäuden übliche Vernachlässigung des Warmwasser-Leistungsbedarfs ist bei Passivhäusern nicht zulässig, die Heizlast und die Warmwasserlast sind für die Auslegung des Wärmeerzeugers zu addieren.

Wird zur Deckung des Warmwasserbedarfs eine Unterbrechung der Heizung eingeplant, ist für diese entsprechend der Unterbrechungszeit eine höhere Leistung vorzusehen, da sonst dem Gebäude in einer mehrtägigen Kaltwetterperiode keine ausreichende Wärmemenge zugeführt werden kann. Um wie im Beispiel MFH 44WE (Abb. 5, und Abschnitt 2.3) dreimal täglich eine etwa zweistündige Speicherladezeit zu ermöglichen, ist gegenüber der reinen Heizlast eine Erhöhung der Wärmeerzeugerleistung um ca. 30 % erforderlich.

Bei der Bemessung der Warmwasserleistung ist zu prüfen, ob der Tagesbedarfswert von 25 Liter/Tag, Person für das Projekt ausreichend ist. Im PHPP wird dieser Wert als über das Jahr gemittelter Wert genutzt. Verbrauchsuntersuchungen zeigen auf, dass durchaus auch höhere Tagesverbräuche von z.B. 40 Litern vorkommen und der Verbrauch im Winter gegenüber dem Sommer um etwa 10-15 % erhöht ist.

Für größere MFH-Projekte wird von inPlan ein Simulationsprogramm genutzt, wodurch bei Zugrundelegung eines Lastprofils eine Optimierung von Speichergröße und Leistung vorgenommen werden kann (vgl. Abb. 4).

2 Beispiele realisierter Systeme

2.1 Kompaktaggregat in EFH

Für ein Einfamilienhaus wurde die Wärmeerzeugung durch ein Kompaktaggregat realisiert. Bei geringer Belegung mit zwei Personen musste ein hoher Luftwechsel von 140 m³/h eingeplant werden (Mindestanforderung für das Kompaktaggregat). Zur Temperierung der Außenluft wurde ein Erdwärmekorb mit Solekreis genutzt. Die Beheizung erfolgt als Zuluftheizung. Die Nennleistung des Kompaktaggregates liegt ca. 25 % unter der Heizlast, daher wurde optional eine dezentrale raumweise E-Heizung vorgesehen. Die Warmwasserbereitung erfolgt über das Kompaktaggregat in einem 200 Liter-TW-Speicher. Der Gesamt-Jahresstromverbrauch wird durch eine PV-Anlage kompensiert, sodass man es als Plusenergiehaus bezeichnen kann.

Die Baukosten der Wärmeanlage (ohne Lüftungsanteil) lagen bei ca. 145 €/m² brutto. Während der bisherigen zwei Nutzungsjahre liegt der Endenergieverbrauch (Strom) für die Wärmedeckung ca. 25 % unter dem mit PHPP ermittelten Bedarf.



EFH 140 m², 2 Pers.

Kompaktaggregat, AUL-Vorwärmung über Sole-EWT, Lüftungsheizung mit Elektro-Heizkörper in Bädern

Heizwärmebedarf	13,7 kWh/m ² ,a
Heizlast	13,1 W/m ² / 1.840 W

TWW-Wärmebedarf	10,3 kWh/m ² ,a
TWW-Last (Mittel)	1,2 W/m ² / 170 W

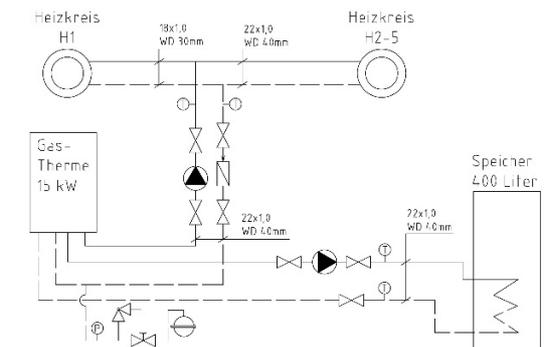
Endenergiebedarf (ohne Haushalt)	19,9 kWh/m ² ,a
-------------------------------------	----------------------------

Abbildung 6: EFH Bad Sobernheim (Architekt: Dipl.-Ing. H. Hampel), Daten, Heizwärme und -last

2.2 Gaskessel, Lüftungsheizung in RH-Zeile

Eine kleine Zeile mit sechs Eigentums-Reihenhäusern (2/3-geschossig Split-Level, Teilunterkellerung) wurde mit einer zentralen Wärmeversorgung ausgestattet. Jedes Reihenhaus hat eine Lüftungsanlage mit WRG, die Grundheizung erfolgt über die Zuluft, es sind Ergänzungs-Heizkörper (2x Wohnräume, 2x Bäder) vorhanden. Die Warmwasserversorgung ist zentral parallel zur Heizwärmeverteilung aufgebaut.

Die Baukosten der Wärmanlage (ohne Sanitärleitungen) lagen bei ca. 70 €/m² brutto.



6 Reihenhäuser, 835 m², 24 Personen

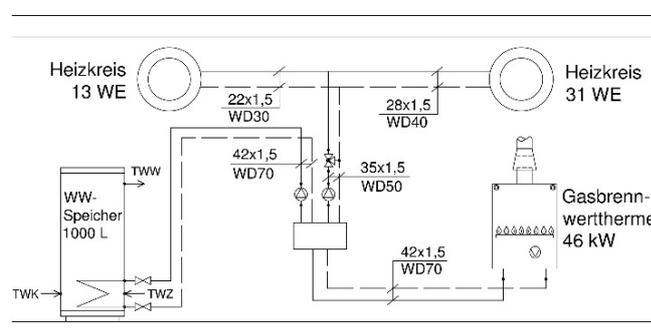
Gas-BW-Kessel 15 kW, Lüftungsheizung mit Ergänzungs-HKs, zentraler TWW-Speicher 400 Liter

Heizwärmebedarf	15,5 kWh/m ² ,a
Heizlast	11,6 W/m ² / 9.700 W
TWW-Wärmebedarf	31,1 kWh/m ² ,a
TWW-Last (Mittel)	3,5 W/m ² / 2.900 W
Endenergiebedarf (ohne Haushalt)	52,6 kWh/m ² ,a

Abbildung 7: RH Eschborn, Daten, Heizwärme und -last

2.3 Gaskessel, Heizkörperheizung in MFH

Für ein kompaktes Mehrfamilienhaus (44 WE) wurde eine zentrale Wärme- und Trinkwasserversorgung konzipiert. Die Wärmeabgabe ist über Heizkörper je Wohnraum realisiert. Die Frostsicherung der zentralen Lüftungsanlage erfolgt elektrisch. Die Warmwasserversorgung ist als zentrale Anlage geplant, da ein wenig verzweigtes, relativ kleines Leitungsnetz möglich war. Zu- und Abluftleitungen sind als Betondeckenverlegung realisiert, sodass die rechnerisch mögliche Lüftungsheizung nicht berücksichtigt wurde. Die Baukosten der Wärmanlage (ohne Sanitärleitungen) liegen bei ca. 80 €/m² brutto.



MFH, 44 WE, 2.870 m², 90 Personen

Gas-Brennwertkessel 46 kW, Heizkörperheizung. Zentrale Warmwasserbereitung

Heizwärmebedarf	14,8 kWh/m ² ,a
Heizlast	9,7 W/m ² / 27.800 W
TWW-Wärmebedarf	21,2 kWh/m ² ,a
TWW-Last (Mittel)	2,4 W/m ² / 6.900 W
Endenergiebedarf (ohne Haushalt)	38,1 kWh/m ² ,a

Abbildung 8: MFH Walldorfer Weg, Daten, Heizwärme und -last

2.4 Fernwärme, Heizkörperheizung in MFH

Das Mehrfamilienhaus mit 178 Wohneinheiten wird über Fernwärme versorgt. Eine Übergabestation mit 325 kW Nennleistung speist zentrale Pufferspeicher, von denen das

Wärmeverteilnetz versorgt wird. Aufgrund der schwankenden Fernwärmenetztemperatur im Jahresverlauf steht im Sommer nur eine Heizleistung von ca. 130 kW zur Verfügung. In jeder Wohnung erfolgt die direkte Übergabe der Wärme an eine Heizkörperanlage, sowie die Warmwasserbereitung über Wärmetauscher. Die Frostsicherung der zentralen Lüftungsgeräte erfolgt über die Heizung [Stärz, 2013].

Die Baukosten der Wärmeanlage lagen bei ca. 67,- Euro/m² brutto.



MFH, 178 WE, 16.800 m², 480 Pers.

Fernwärme 325 kW, Heizkörperheizung, dezentrale Warmwasserbereitung

Heizwärmebedarf	14,9 kWh/m ² ,a
Heizlast	10,9 W/m ² / 184.000 W

TWW-Wärmebedarf	23,0 kWh/m ² ,a
TWW-Last (Mittel)	2,6 W/m ² / 44.000 W

Endenergiebedarf (ohne Haushalt)	42,1 kWh/m ² ,a
-------------------------------------	----------------------------

Abbildung 9: MFH Mainzeile, Daten, Heizwärme und –last

3 Fazit

Gebäudetyp, Wohnfläche und Personenzahl prägen den Leistungsbedarf für Heizung und Warmwasser. Beginnend mit Mehrfamilienhäusern ab drei Wohneinheiten ist eine Auslegung entsprechend der zu erwartenden Gleichzeitigkeit der Warmwasserzapfung vorzunehmen. Die Heiz- und Warmwasserlast müssen im Passivhaus addiert werden, Verlustleistungen sind zu berücksichtigen.

Durch angemessene Speichergrößen erfolgt die Entkopplung von Warmwassernachfrage und erforderlicher Wärmeleistung. Die an das Nutzungsprofil angepasste Auslegung von Speichern ermöglicht sehr niedrige Leistungen für die Warmwasserbereitung, die unter dem Leistungsbedarf für die Heizung liegen. Damit ist es möglich, die Gesamt-Leistung für Heizung und Warmwasser unter 20 W/m² zu halten.

Vor allem bei Nah- und Fernwärmenetzen ist eine möglichst niedrige Anschlussleistung zu erreichen, um die Leistungskosten (Grundkosten) in der Betriebszeit gering zu halten.

4 Quellenverzeichnis

[TU Dresden 1999] Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik, Anwendungsmöglichkeiten und –grenzen der Brauchwasserbereitung im Durchlaufprinzip, Fördervorhaben BMFT Kennzeichen 0326927P, 1999

[Stärz 2013] Tagungsband 17. Intern. Passivhaustagung 2013, MFH Mainzeile – Fachplanung im Spannungsfeld ..., S. 377 ff, 2013