



Korrekt dimensioniert, erzielen Wärmepumpen sowohl im Neubau als auch im Bestand sehr gute Effizienzwerte.

Auslegung effizienter Wärmepumpen

Ein Leitfaden zu Systemwahl und Installation – Teil 3: Dimensionierung

Der passende Wärmepumpentyp ist gewählt¹⁾, nun geht es an die Systemauslegung. Hier sollte genau gerechnet werden, denn nur eine korrekt dimensionierte Wärmepumpe erreicht in der Praxis auch, was sie in der Theorie verspricht: Eine wirtschaftliche und zuverlässige Heizwärmeerzeugung. Doch welche Faktoren und Formeln sind im Einzelnen bei der Auslegung zu beachten?

Für einen optimalen Wärmepumpenbetrieb ist eine fachgerechte Planung und Auslegung unumgänglich. Korrekt dimensioniert, erzielen Wärmepumpen sowohl im Neubau als auch im Bestand sehr gute Effizienzwerte und sind oft wirtschaftlicher zu betreiben als Öl- und Gaskessel. Gleichwohl werden Wärmepumpen in der Praxis oft nicht adäquat ausgelegt – meist aufgrund mangelnder Erfahrungswerte oder einer ungenauen Planung. Das kann im laufenden Betrieb mitunter weitreichende Konsequenzen nach sich ziehen: So führt eine zu gering dimensionierte Leistung an kalten Tagen schlimmstenfalls zu Komforteinbußen und einem übermäßig hohen Betrieb des integrierten Heizstabs. Solche Probleme kommen in Neubauten wegen

guter Dämmung und Flächenheizung zwar kaum noch vor, in Bestandsbauten ist eine ausreichende hohe Leistung des Systems jedoch entscheidend.

Nicht selten wird die Wärmepumpe aus Angst vor zu niedrigen Vorlauftemperaturen daher überdimensioniert, was wiederum nicht nur zu höheren Anschaffungskosten, sondern auch zu einem erhöhten Stromverbrauch und damit zu unnötig hohen Betriebskosten führt. Ziel der Anlagendimensionierung ist es daher, die Leistung der Wärmepumpe möglichst genau auf das jeweilige Gebäude und dessen Nutzerverhalten abzustimmen.

Energiebedarf für Heizung und Trinkwassererwärmung

Doch wie gelingt die adäquate Dimensionierung? Wichtig ist hier zunächst folgender Grundgedanke: Das Heizwärmeangebot der

¹⁾ Teile 1 und 2 in den IKZ-Ausgaben 12/2022 und 13/2022.

Wärmepumpe muss die Heizwärmenachfrage der Hausbewohner decken können, d.h. Heizleistung und Heizlast müssen im Gleichgewicht sein. Zuallererst gilt es also – wie bei der Planung jedes Wärmeerzeugers – den Heizwärmebedarf bzw. die Heizlast des Gebäudes zu ermitteln. In der Angebotsphase genügt hier in der Regel eine überschlägige Kalkulation. Kommt es jedoch zum Auftrag, sollte für eine möglichst präzise Systemauslegung die vereinfachte raumweise Heizlast nach DIN EN 12831 [1] berechnet werden. Berücksichtigt werden dabei geografische Lage, unbeheizte Räume, Fensterzahl und -größe sowie die U-Werte der Wände und Dächer.

Übernimmt die Wärmepumpe neben der Heizwärmeerzeugung auch die Bereitung des Trinkwarmwassers (TWW), muss anschließend auch der dafür anfallende Energiebedarf berechnet werden. Dieser ist stark abhängig vom Nutzerverhalten und kann je nach Personenanzahl und individuellem Komfortanspruch sehr unterschiedlich ausfallen. Als Richtwert für den TWW-Energiebedarf kann vereinfacht mit einem Verbrauch von 1,45 kWh pro Person und Tag gerechnet werden – das entspricht 25 Litern bei 60°C.

In Mehrfamilienhäusern sollten ausführlichere Betrachtungen angestellt werden. Zur Orientierung dienen hier neben realen Verbrauchsdaten auch die in der VDI 4645 [2] enthaltenen Zapfprofile. Darüber hinaus empfiehlt es sich, die Nutzer bzw. Bewohner zu ihren individuellen Verbrauchsgewohnheiten zu befragen, um etwaige Abweichungen vom durchschnittlichen Brauchwasserbedarf auszuschließen.

Ebenfalls relevant für die Anlagendimensionierung sind Sperrzeiten des Energieversorgers: Viele Energieversorgungsunternehmen fördern die Installation von Wärmepumpen durch vergünstigte Stromtarife. Im Gegenzug behalten sie sich vor, Sperrzeiten für den Betrieb der Wärmepumpen zu verhängen, etwa um das Stromnetz bei Leistungsspitzen zu entlasten. Um trotz der Sperrzeiten den erforderlichen Wärmebedarf eines Tages decken zu können, muss die Wärmepumpe entsprechend größer dimensioniert werden. Da in der Praxis nur selten alle Räume beheizt und die tiefsten Außentemperaturen erreicht werden, fallen die Sperrzeiten in der Gesamtbetrachtung aber kaum ins Gewicht, weshalb hier nur eine relativ geringe Mehrleistung einkalkuliert werden muss.

Erforderliche Heizleistung der Wärmepumpe berechnen

Sind alle Werte bekannt – Heizlast für Gebäude und Warmwasser sowie mögliche Sperrzeiten – kann die Leistung der Wärmepumpenanlage anhand folgender zentraler Formel nach VDI 4645 [2] berechnet werden:

$$\dot{Q} = \frac{\dot{Q}_H \cdot 24 \text{ h} + Q_{\text{TWW}}}{24 \text{ h} - Sp}$$

Es gilt:

\dot{Q} = Erforderliche Wärmeleistung in kW

\dot{Q}_H = Heizlast für Raumheizung in kW

Q_{TWW} = Wärmebedarf Trinkwassererwärmung für 24 h in kWh

Sp = Sperrzeit in h



Das Heizwärmeangebot der Wärmepumpe muss die Heizwärmenachfrage der Hausbewohner decken können, d.h. Heizleistung und Heizlast müssen im Gleichgewicht sein. Zuallererst gilt es also – wie bei der Planung jedes Wärmeerzeugers – den Heizwärmebedarf bzw. die Heizlast des Gebäudes zu ermitteln.

Im ersten Schritt wird dabei der maximale Wärmebedarf in kWh für einen ganzen Tag ermittelt, indem die Heizlast des Gebäudes mit 24 Stunden multipliziert und der Wärmebedarf zur Trinkwasserbereitung hinzuaddiert wird. Im nachfolgenden Schritt wird berechnet, wie viel Zeit der Wärmepumpe für die Erbringung dieser Leistung zur Verfügung steht. Dazu werden von der gesamten Tageslänge etwaige Sperrzeiten abgezogen. Abschließend wird der Wärmebedarf durch die tatsächlich verfügbare Zeit geteilt – Ergebnis ist die zu erbringende Heizleistung der Wärmepumpe in kW.

Leistungsabfall einkalkulieren und Bivalenzpunkt ermitteln

Mit Blick auf die Dimensionierung von Luft/Wasser-Wärmepumpen sollte darüber hinaus auch immer ein möglicher systembedingter Leistungsabfall bei anhaltenden Außentemperaturen im Minusgradbereich einkalkuliert werden. Damit die Wärmepumpe auch unter diesen Bedingungen noch die gewünschte Heizleistung erbringt, müsste sie entsprechend größer dimensioniert werden. Dieser Ansatz ist jedoch nur begrenzt sinnvoll, da er mit deutlich höheren Investitions- und Betriebskosten verbunden ist. Im Regelfall wird die Wärmepumpe in einem solchen Szenario daher durch einen integrierten Heizstab unterstützt.

Doch ab wann ist diese Zusatzheizung aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll? Entscheidend ist hier der sogenannte Bivalenzpunkt – also die Außentemperatur, bei welcher der Energiebedarf des Gebäudes noch ausschließlich über die Wärmepumpe gedeckt werden kann. Liegt er zwischen -3°C und -7°C, ist der Stromverbrauch für den Einsatz des Heizstabs aus wirtschaftlicher Sicht absolut vernachlässigbar, da solche Kälteextreme durchschnittlich nur an 20 Tagen im Jahr auftreten. Liegt er jedoch oberhalb dieses Temperaturbereiches (-2°C und hö-



Bilder: Stiebel Eltron



Für eine fachgerechte Planung und Auslegung sollte genau gerechnet werden, denn nur eine korrekt dimensionierte Wärmepumpe erreicht in der Praxis auch, was sie in der Theorie verspricht: Eine wirtschaftliche und zuverlässige Heizwärmeerzeugung.

her), sollte ein größeres System gewählt werden. Ermitteln lässt sich der Bivalenzpunkt unter anderem anhand grafischer Heizleistungskurven, die Wärmepumpenhersteller meist für ihre jeweiligen Systemlösungen zur Verfügung stellen.

Dimensionierung von Trinkwarmwasser- und Pufferspeicher

Neben der eigentlichen Wärmepumpen-Dimensionierung sollten bei der Anlagenplanung auch etwaige Speicherlösungen für die Trinkwarmwasserbereitstellung berücksichtigt werden. Um die erforderliche Speichergöße zu bestimmen, müssen der tägliche Warmwasserbedarf und das Verbrauchsverhalten ermittelt werden. Auf Basis dieser Daten lässt sich dann anhand folgender Formel das Volumen des TWW-Speichers vereinfacht für Ein- und Zweifamilienhäuser berechnen (nach VDI 4645):

$$V = 2 \cdot 25 \text{ l} \cdot P \cdot \frac{60^\circ\text{C} - T_{\text{KW}}}{T_{\text{Sp}} - T_{\text{KW}}}$$

Es gilt:

V = Speichervolumen in l

P = Anzahl Personen

T_{KW} = Temperatur Kaltwasser

T_{Sp} = Temperatur des Speicherwassers

Wärmeverluste sind in dieser vereinfachten Auslegung bereits berücksichtigt. Bei der ausführlicheren Ermittlung des TWW-Bedarfs für Mehrfamilienhäuser anhand von Zapfprofilen sind die Verluste gesondert zu berücksichtigen.

Da Wärmepumpen üblicherweise mit geringeren Vorlauftemperaturen und höheren Volumenströmen als Heizkessel arbeiten, sollte abschließend sichergestellt werden, dass der TWW-Speicher eine ausreichend große Oberfläche für eine effiziente Wärmeübertragung vorweist. Zur überschlägigen Berechnung wird hier von einer benötigten Wärmeübertragungsfläche von 0,25 m² je kW Heizleistung der Wärmepumpe ausgegangen.

Nicht zuletzt sollten Fachhandwerker bzw. Planer auch immer den Einsatz eines Pufferspeichers erwägen: Dieser entkop-

pelt die Wärmeerzeugung vom Wärmeverbrauch, wodurch die Wärmepumpe auch bei schwankenden Wärmeanforderungen und verschiedenen Taktungen konstant arbeiten kann. Zudem unterstützt ein Pufferspeicher die Einbindung weiterer regenerativer Energiequellen wie Photovoltaik-Anlagen und hilft, Sperrzeiten des Energieversorgers zu überbrücken. Für die Auslegung des Pufferspeichers kann folgende Faustformel genutzt werden:

Pro kW Heizlast werden 20 Liter Pufferspeichervolumen benötigt.

Fazit

Insgesamt wird deutlich, dass die Anlagendimensionierung zwar ein komplexes Unterfangen ist, das von mehreren Faktoren beeinflusst wird – abschrecken muss das aber niemanden. Durch eine systematische Herangehensweise, bei der alle Faktoren individuell beleuchtet und abgewogen werden, sowie zuverlässige

Beispiel zur Dimensionierung einer Wärmepumpe

Neubau Einfamilienhaus nach GEG-Standard

Wohnfläche: 160 m²

Bewohner: 4 Personen

Norm-Heizlast: 6,0 kW

Trinkwarmwasserkomfort: Normal

Sperrzeiten des Energieversorgers: 0 h

$$\dot{Q} = \frac{\dot{Q}_H \cdot 24 \text{ h} + Q_{\text{TWw}}}{24 \text{ h} - \text{Sp}}$$

$$\dot{Q} = \frac{6 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} + 4 \cdot 2 \cdot 1,45 \text{ kWh}}{24 \text{ h} - 0 \text{ h}}$$

$$\dot{Q} = \frac{144 \text{ kWh} + 11,6 \text{ kWh}}{24 \text{ h}}$$

$$\dot{Q} = 6,48 \text{ kW}$$



Bilder: Stiebel Eltron

Fachhandwerker bzw. Planer sollten auch immer den Einsatz eines Pufferspeichers erwägen: Dieser entkoppelt die Wärmeerzeugung vom Wärmeverbrauch, wodurch die Wärmepumpe auch bei schwankenden Wärmeanforderungen und verschiedenen Taktungen konstant arbeiten kann. Zudem unterstützt ein Pufferspeicher die Einbindung weiterer regenerativer Energiequellen wie Photovoltaik-Anlagen und hilft, Sperrzeiten des Energieversorgers zu überbrücken.

Softwarelösungen für die Berechnung, lässt sich diese Aufgabe sicher bewältigen. Unterstützung hierbei bietet unter anderem online-Tools von Herstellern, z. B. die Toolbox von Stiebel Eltron, die eine Reihe hilfreicher Funktionen zur Dimensionierung von Wärmepumpen und Speicherlösungen enthält. Mithilfe des Profi-Werkzeugs lassen sich alle Berechnungen mit nur wenigen Klicks durchführen und die Ergebnisse übersichtlich darstellen.

Letztlich darf aber nicht vergessen werden: Zwar bieten die berechneten Werte eine gute Orientierung, sie sollten im Anwendungsfall aber immer individuell bewertet werden. Denn nicht alle Faktoren, etwa das Nutzerverhalten, sind eindeutig kalkulierbar. Hier zählt letztlich immer die Einschätzung des Fachhandwerkers bzw. Planers.

Wurde auf Basis aller bisherigen Überlegungen zur Typenwahl und Dimensionierung das passende Wärmepumpensystem ausgewählt, geht es im letzten Schritt der Wärmepumpeninstallation nun an die Aufstellung und Inbetriebnahme – mehr dazu im vierten Teil unserer Serie. 

Literatur:

- [1] DIN EN 12831: Energetische Bewertung von Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast
- [2] VDI 4645: Heizungsanlagen mit Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern – Planung, Errichtung, Betrieb

Beispiel zur Dimensionierung des Trinkwasserspeichers

Bewohner: 4 Personen
 Tagesbedarf: 4,35 kWh
 Solltemperatur im Speicher: 50°C
 Kaltwassertemperatur: 15°C

$$V = 2 \cdot 25 \text{ l} \cdot 4 \cdot \frac{60^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}}{50^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}}$$

V = (mind.) 257 l

Beispiel zur Dimensionierung des Pufferspeichers

Heizleistung der Wärmepumpe: 5,0 kW

$$V = 5,0 \text{ kW} \cdot 20 \frac{\text{l}}{\text{kW}}$$

V = 100 l

