

Betrachtung anhand von Praxisbeispielen

Wärmepumpentauglichkeit von Bestandswohngebäuden

Welchen energetischen Standard erfüllen beziehungsweise weisen Bestandswohngebäude auf und ist mit dem vorhandenen energetischen Ist-Zustand beziehungsweise mit welchen erforderlichen/notwendigen Sanierungsmaßnahmen ein sinnvoller und wirtschaftlicher Einsatz einer Wärmepumpe möglich? Dieser Frage widmete sich der Energieberater und Bauingenieur Stephan Eichler in seiner Masterarbeit (hier im Auszug).

| Stephan Eichler

30

Derzeit existiert bei einem Großteil der Bevölkerung die Vorstellung, dass Wärmepumpen nur in Neubauprojekten effizient arbeiten können oder aber eine Fußbodenheizung eine zwingende Voraussetzung für den Einsatz einer Wärmepumpe in Bestandswohngebäuden ist. Ebenso werden viele Hausbesitzer mit pauschalierten, horrenden Sanierungskosten vor dem Einsatz einer Wärmepumpe in Bestandswohngebäuden abgeschreckt. Da jedes Gebäude anders und individuell ist, gibt es keine generelle Aussage, was für den Einsatz einer Wärmepumpe bei einem Bestandswohngebäude notwendig ist. Meistens sind die Kosten (vorbereitende Maßnahmen und der Einbau selbst) von Wärmepumpen in Bestandswohngebäuden deutlich geringer als vermutet.

Zufällig ausgewählte Bestandswohngebäude wurden auf eine exemplarische Wärmepumpentauglichkeit hin untersucht und anhand von objektbezogenen Analysen eine jeweils spezifische Gebäudeoptimierung vorgenommen, die für einen effizienten Einsatz einer Wärmepumpe notwendig wäre. Abschließend wurde auf den durchgeführten Optimierungsvarianten die Berechnung der Jahresarbeitszahlen (JAZ) gemäß dem JAZ-Rechner des Bundesverband Wärmepumpe e. V. auf Basis der CHA-Monoblock Wärmepumpe der Firma Wolf GmbH aus Mainburg durchgeführt.

Der Einbau einer Wärmepumpe in einem Bestandswohngebäude ist aufgrund der komplexen Randbedingungen des immer als Einzelfall zu betrachteten Gebäudeobjekts aber eine sehr interessante Aufgabenstellung und Herausforderung. Eine pauschale Antwort

bzw. Lösung gibt es im Voraus auf Basis des aktuellen „Stands der Technik für Wärmepumpen“ nicht. Es bedarf immer einer Betrachtung im Einzelfall.

Neben den ökologischen Aspekten steht bei den meisten Bürgern logischerweise der ökonomische Aspekt im Vordergrund. Auch der Aspekt der Autarkie gewinnt zunehmend an Bedeutung, nicht nur von russischem Gas, sondern generell die Abhängigkeit von externen Energieversorgern.

Durchgeführte Teilsanierungsmaßnahmen an Bestandswohngebäuden aufgrund von Abnutzung und Alterung (z. B. Fenstertausch, Heizungsanlage) und teilweise historisch begründeten überdimensionierten Heizkörperflächen stehen in einer ständigen Wechselwirkung zueinander und beeinflussen positiv und/oder negativ den möglichen sinnvollen Einsatz einer Wärmepumpe in Bestandswohngebäuden.

Der Einsatz von Wärmepumpen wird in den kommenden Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen und umso wichtiger ist es, die ökonomischen und ökologischen Parameter sowie den IST-Zustand der Bestandswohngebäude für den Einsatz einer Wärmepumpe zu kennen.

Vergleichbare Studien wurden bereits durch Herrn Dr. Marek Miara, Koordinator Wärmepumpen am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, in Form eines Feldtests durchgeführt. Hierfür wurden 29 Außenluft-Wärmepumpen im Auswertungszeitraum Juli 2018 bis Juni 2019 betrachtet. Die durchschnittliche Jahresarbeitszahl (JAZ) lag hierbei zwischen 2,5 und 3,8, wobei zwei besonders positive „Ausreißer“ in der Auswertung der

Studie nicht berücksichtigt wurden. Der Mittelwert der Jahresarbeitszahl lag bei 3,1 JAZ¹.

Seit Beginn des Feldtests vor über fünf Jahren hat sich durch innovative und technische Weiterentwicklungen die Performance von Wärmepumpen, speziell im Bereich der Luft-Wasserwärmepumpen, signifikant verbessert. Darin besteht nun auch die Motivation, mit aktuellen technischen Daten der Wärmepumpenhersteller praxisnahe Simulationsergebnisse über den Einsatz von Wärmepumpen in Bestandswohngebäuden zu erhalten. Zusätzlich werden optionale Sanierungsmaßnahmen angesetzt und ihre effizienzsteigernden Auswirkungen auf den Einsatz einer Wärmepumpe erörtert.

Grundlagen

Viele Verbraucher, Handwerksbetriebe und selbst Fachplaner glauben nach wie vor, dass der Einsatz einer Wärmepumpe bei Bestandswohngebäuden mit erheblichen baulichen Umbauten und Sanierungskosten verbunden ist und/oder nur beim Einsatz einer Fußbodenheizung effizient funktioniert. Solche Ansichten werden nicht selten mit entsprechenden Artikeln auf Webseiten beschrieben, in denen der Einsatz einer Wärmepumpe in Bestandswohngebäuden als Herausforderung beschrieben wird. Derartige Aussagen beruhen zumeist auf pauschalierten Aussagen und auf Basis nicht vorhandener Projektdaten und Statistiken.

Wesentlicher Parameter bei der Betrachtung der Wärmepumpentauglichkeit ist die benötigte raumweise Heizlast; diese wurde

¹ (Wille-Hausmann, 2020)

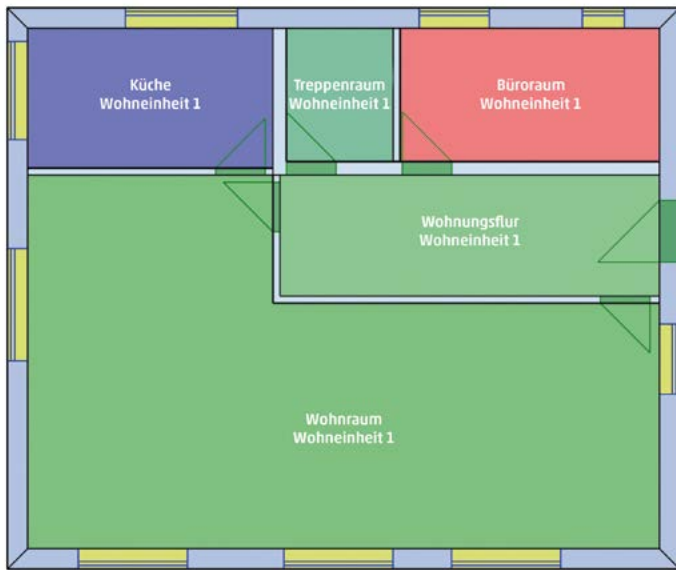


Abb. 1: Grundriss Mustergebäude

früher häufig als überschlägige Heizlast berechnet und beruhte auf der Grundfläche, nicht jedoch auf der Hüll- bzw. Verlustfläche eines Raumes. Auch blieb die individuelle Ausgangssituation eines Raumes außer Betracht (wie z. B. Anzahl der Fensterfläche, Angrenzung an un-/beheizte Räume, ...).

Diese pauschale Betrachtung führte zu einer ungenauen, meist deutlichen Überdimensionierung der Heizflächen in den heutigen Bestandswohngebäuden, was dem Einsatz einer Wärmepumpe allerdings zugute kommt. Um eine Überdimensionierung besser zu verstehen, anbei der Grundriss eines Erdgeschosses eines exemplarisch erstellten Wohngebäudes aus dem Baujahr 1990.

Die Hüllfläche wurde exemplarisch der Typologie gewählt und gilt somit als unsaniert:

- > Außenwand (U-Wert 0,60 W/(m²K))
- > Außentüre (U_a-Wert 2,90 W/(m²K))
- > Fenster (U_w-Wert 2,70 W/(m²K))
- > Rollladenkästen, ungedämmt (U-Wert 3,00 W/(m²K))
- > Dach (U-Wert 0,50 W/(m²K))
- > Bodenplatte (U-Wert 0,60 W/(m²K))
- > Decken zu unbeheizten Flächen (U-Wert 0,60 W/(m²K))

Das Kellergeschoss sowie das Dachgeschoss werden als vollständig beheizt betrachtet. Als Klimareferenzort für diese Betrachtung wurde Ulm gewählt (Postleitzahl: 89077). Die Luftdichtheit der Gebäudehülle wird mit der Kategorie C (wurde und wird nicht durchgeführt; mittel) angesetzt. Der Wärmebrücken-zuschlag wird mit dem Fall D (0,10) und die

Tabelle 1: Berechnete Heizlast vs. Abgeschätzte Heizlast (IST-Zustand)

Raum	Fläche [in m²]	Heizlast (berechnet) [W]	Heizlast (Abschätzung Viessmann) [W]	Überdimensionierung [W]
Küche	10,89	964	816,75	-147,25
Treppenraum	4,52	58	339	281
Büroraum	10,98	894	823,5	-70,5
Wohnungsflur	14,59	345	1094,25	749,25
Wohnraum	59,28	3784	4446	662

Tabelle 2: Berechnete Heizlast vs. Abgeschätzte Heizlast (Sanierung-Zustand)

Raum	Fläche [in m²]	Heizlast (berechnet) [W]	Heizlast (Abschätzung Viessmann) [W]	Überdimensionierung [W]
Küche	10,89	770	816,75	46,75
Treppenraum	4,52	58	339	281
Büroraum	10,98	742	823,5	81,5
Wohnungsflur	14,59	345	1094,25	749,25
Wohnraum	59,28	2664	4446	1782

Gebäudemassen mit Mittel/Hoch angesetzt. Eine Zusatzaufheizleistung sowie eine Höhenkorrektur werden nicht berücksichtigt. Bei der geschätzten pauschalen Auslegung der Heizlast pro Quadratmeter wird gemäß Baujahr eine Heizlast von 75 (W/m²) angesetzt. Dieser Wert wurde exemplarisch von der Firma Viessmann zur Dimensionierung von Heizkörpern herausgegeben.³

Aus Abb. 1 ist ersichtlich, dass die pauschale Berechnung über die Raumfläche zu einer sehr ungenauen Auslegung der Heizflächen führt (positiv wie negativ). Zusätzlich wurden von den Heizungsfirmen die abgeschätzten, auf der Grundfläche des Raumes basierten Heizlastwerte gemäß dem Motto „der Kunde soll es ja auf jeden Fall warm haben und mich bloß nicht über Weihnachten anrufen“ mit einem Sicherheitsaufschlag versehen. Da es Heizkörper nur in bestimmten Abmessungen und Typen gibt, musste letztlich ein Heizkörper aus der Herstellerliste ausgewählt werden, der die überschlägig berechnete Heizlast zielsicher erreicht, was zu einer weiteren Leistungsreserve der Heizflächen führte.

Zusätzlich zu dieser Betrachtung müssten ggf. durchgeführte Sanierungen berücksichtigt werden. Entsprechend dem Beispiel entscheiden sich viele Hauseigentümer nach

mehr als 30 Jahren (hier 33 Jahre) die vorhandenen zweifach verglasten Fensterelemente gegen dreifach verglaste Fensterelemente zu tauschen. In diesem Zusammenhang werden dann auch sehr häufig die Rollladenkästen gedämmt. Exemplarisch würden sich folgende Bauteile dadurch ändern:

- > Rollladenkästen, gedämmt (U-Wert 1,60 W/(m²K))
- > Fenster (UW-Wert 0,80 W/(m²K))

Durch die neuen Fenster verbessert sich zudem die Luftdichtheit der Hülle. Da diese jedoch nicht gemessen wird, bleibt die Kategorie C bestehen. Die raumweise Heizlast verändert sich durch diese Sanierungsmaßnahme wie folgt: (siehe Tabelle 2)

Wie nun deutlich erkennbar ist, führt diese bauliche Änderung zu einer teilweise deutlichen Überdimensionierung der Heizflächen; überdimensionierte Heizkörper erhalten eine weitere Wärmeabgabereserve. Die Wärmeabgabe selbst ist durch die Heizungsvorlauftemperatur, die Heizungsrücklauftemperatur, dem Volumenstrom sowie der Größe und dem Typ des Heizkörpers definiert.

Anhand dieser Parameter lässt sich die Wärme- oder Heizleistung eines Heizkörpers bestimmen. Verändert man nun einen dieser Parameter, so führt dies zu einer Veränderung

2 (Eichler, 2023)
3 (Rogatty, 2006)

der Heizleistung. Da jedoch die Heizleistungen gemäß dem oben aufgeführten Rechenbeispiel teilweise deutlich überdimensioniert sind, könnte man die Vorlauftemperatur entsprechend absenken (was den Einsatz einer Wärmepumpe grundsätzlich begünstigt). In der Praxis verhindern allerdings häufig bei einem Einfamilienhaus 5–6 kritisch knapp bemessene Heizkörper (z. B. der Büroraum vor und nach Fenstertausch) ein grundsätzliches Absenken der Vorlauftemperatur. Deshalb sollten diese Heizkörper im Zuge einer geplanten bzw. grundsätzlich möglichen Absenkung der Vorlauftemperatur ausgetauscht werden. Zusätzlich ist in dieser Betrachtung die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf zu betrachten.

Wie groß der bauliche und finanzielle Aufwand für einen effizienten Einsatz einer Wärmepumpe tatsächlich ist, lässt sich, wie bereits erwähnt, pauschal jedoch leider nicht sagen, da jedes Bestandswohngebäude einen anderen energetischen Standard aufweist und die vorhandenen Heizleistungen unterschiedlich über- und im Einzelfall auch unterdimensioniert sein können. Es bleibt zunächst einmal nur die projektbezogene Einzelfallbetrachtung.

Um den energetischen Standard von Bestandswohngebäuden etwas genauer umreißen zu können, wurden im Folgenden exemplarisch 10, in ihrer Bauart unterschiedliche, Bestandswohngebäude, ausgewählt und auf den Einsatz einer Wärmepumpe entsprechend untersucht. Abgeleitete erforderliche Sanierungsmaßnahmen (Ziel „wärmepumpentauglich“) müssen sich dabei in einem wirtschaftlich vertretbaren Rahmen bewegen.

Sämtliche Gebäude wurden anhand der durch die Eigentümer ausgehändigten Unterlagen als Ist-Zustand simuliert. Sofern für bestimmte Bauteile keine Aufbauten oder Werte bekannt waren, wurde hierfür der Ansatz der Typologie gewählt. Die Typologie bezeichnet eine Auflistung gebäudetypischer Strukturen bestimmter Baualtersklassen (z. B. eine Abgrenzung anhand einer bestimmten Bauzeitspanne und eines bestimmten Bauteilaufbaus (z. B. Mauerwerk)) auf Basis der zu diesem Zeitpunkt geltenden Baunormen und -vorschriften. Sonstige spezifisch wirkende Parameter, wie zum Beispiel die vorhandene Dachdämmung, getauschte Fenster oder die Heizleistung der verbauten Heizkörper, wurden vor Ort aufgenommen. Je mehr Bauunterlagen durch den Eigentümer bereitgestellt bzw. vor Ort ermittelt werden konnten, desto genauer ist das Ist-Ergebnis des entsprechenden Bestandswohngebäudes und in der Folge

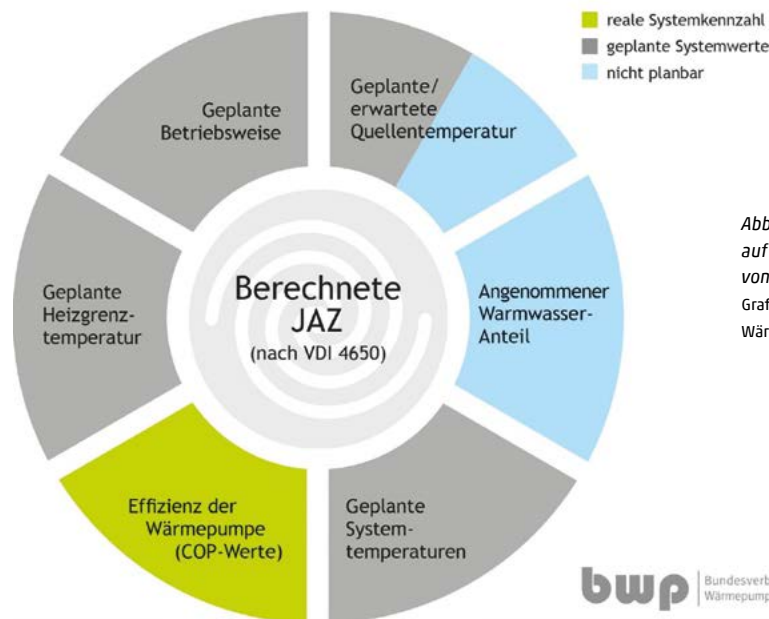


Abb. 2: Einflussgrößen auf die berechnete JAZ von Wärmepumpen | Grafik: Bundesverband Wärmepumpe e.V.

die Beurteilung einer Wärmepumpentauglichkeit.

Wärmepumpeneignung

Wärmepumpen können bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen eingesetzt werden. So ist der Einsatz einer Wärmepumpe in Bestandswohngebäuden mit einer Vorlauftemperatur von 70 °C heutzutage technisch kein Problem mehr. Bestimmte Rahmenbedingungen (z. B. Vorlauftemperatur) erhöhen oder erniedrigen die Effizienz einer Wärmepumpe jedoch maßgeblich. Bei Absenkung der Vorlauftemperatur um ein Grad Celsius steigt die Effizienz einer Wärmepumpe um ca. 2,5 %.⁴ Aussagefähig bezüglich der Effizienz einer Wärmepumpe ist der Wert der sogenannten Jahresarbeitszahl, in deren Endergebnis/Berechnung unter anderem sowohl die Vorlauftemperatur als auch die Spreizung als entscheidende Einflussgrößen eingehen (vgl. Abb. 2: Einflussgrößen auf die berechnete JAZ von Wärmepumpen).

Die Jahresarbeitszahl ist hierbei die Effizienzbetrachtung durch Berechnung (Prognosen) des besagten Objekts über einen Jahreszeitraum und dabei wie folgt definiert:⁵

$$JAZ = \frac{\text{Wärmemenge pro Jahr [kWh]}}{\text{Strommenge pro Jahr [kWh]}}$$

Neben den genannten Einflussfaktoren der Systemtemperaturen fließen der angenommene Warmwasseranteil, die geplante Heizgrenztemperatur, die geplante Quellentemperatur und der Coefficient of Performance, kurz COP-Wert, in die Berechnung der Jahres-

arbeitszahl ein.

Um praxisnahe und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wurde bei der Simulation auf den Einsatz einer marktüblichen und verfügbaren Wärmepumpe zurückgegriffen. Hierbei fiel die Entscheidung auf die CHA-Monoblock des bayrischen Hersteller WOLF. Die CHA-Monoblock verwendet als Kältemittel das natürliche Kältemittel R290 (Propan) mit einem geringen Global Warming Potential, kurz GWP, von 3.⁶

Ebenfalls kann die Wärmepumpe hohe Vorlauftemperaturen von bis zu 70 °C ohne elektrischen Heizstab gewährleisten und verfügt über eine effiziente Arbeitsweise (z. B. CHA-10/400V bei A2/W35 (A2=Außenluft 2 °C/W35=Vorlauftemperatur 35 °C) COP nach EN14511 von 4,65).⁷ Zusätzlich ist ein elektrischer Heizstab mit 9 kW verbaut.

Für die Berechnung der Jahresarbeitszahl ist ebenfalls relevant, dass im Bundesdurchschnitt ca. 90 % der Außentemperaturen bei über 0 °C liegen.⁸ Spitzenmodelle wie z. B. die Wärmepumpe AC312P (OVUM, österreichischer Hersteller) erreichen einen COP bei A2/W35 von 5,25 und liegen damit noch deutlich über den Leistungsdaten der WOLF CHA-10/400V.⁹

Aus diesem Grund wird für die Beurteilung einer grundsätzlichen Eignung für einen effizienten Einsatz von Wärmepumpen in

4 (Deutsche Umwelthilfe e.V.)

5 (Thiel, 2024)

6 (Thiel, 2024)

7 (WOLF, o.J.)

8 (Thiel, 2024)

9 (OVUM, o.J.)

Bestandswohngebäuden anhand folgender Kriterien festgelegt:

- Maximale Vorlauftemperatur von 55 °C im Heizkreis (BEG EM – Anforderung)
- Spreizung von maximal 10 Kelvin
- Errechnete Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe anhand der WOLF CHA Monoblock Wärmepumpe von mindestens 3,5 (VDI 4650 Blatt1: 2019-03)¹⁰

Sofern die ersten beiden Kriterien erreicht werden, wird eine Berechnung der Jahresarbeitszahl durch den JAZ-Rechner des Bundesverband Wärmepumpe e. V. nach dem Verfahren der VDI 4650 Blatt1: 2019-03 durchgeführt.¹¹ Die Betriebsweise ist hierbei bivalent (parallel), d. h. neben der eigentlichen Wärmepumpe ist eine zweite Zusatzheizung in Form eines elektrischen Heizstabes zur Abdeckung von Spitzenlasten verbaut. Da Verdichter und elektrischer Heizstab (Zusatzheizung) mit Strom betrieben werden, ist der Betrieb monoenergetisch.

Die verschiedenen Pumpenkreise werden in der gewählten Betrachtung durch einen Trennspeicher funktionell voneinander getrennt, um eindeutige Zuordnungen sicherstellen und gegenseitige Beeinflussungen ausschließen zu können.

Die Gebäudesimulationen wurden mit dem Programm „Optimus“ des Herstellers Hottgenroth durchgeführt. Das Programm wurde vorrangig zur Berechnung des hydraulischen Abgleichs, der raumweisen Heizlast und der durch die Heizfläche bereitgestellten Wärmeabgabe entwickelt. Das Programm beruht auf der OPTIMUS-Studie der Ostfalia Hochschule Wolfenbüttel.

Ebenfalls ist anzumerken, dass die hier gewählten Kriterien unter dem Aspekt eines möglich effizienten Betriebes sowie möglicher Fördergelder ausgewählt wurden. Der Einsatz einer Wärmepumpe (betrieben mit dem natürlichen Kältemittel Propan) ist heutzutage mit einer Vorlauftemperatur von bis zu 70 °C grundsätzlich möglich. Allerdings ist anzumerken, dass mit jedem Grad Betriebs-Temperaturanstieg die Effizienz der Wärmepumpe sinkt, d. h. Betriebstemperaturen über 55 °C sind grundsätzlich möglich, aber der Betrieb gilt im Allgemeinen dann als weniger wirtschaftlich.

Methodik

Bei den in der Masterarbeit aufgeführten Ergebnissen handelt es sich bei den anlagentechnischen Parametern um berechnete Werte auf

Basis des Softwareprogramms Optimus des Softwareherstellers Hottgenroth. Hierbei wird das Objekt mittels einer CAD-Unterstützung erfasst. In der Erfassung werden die Leistungen der Heizflächen anhand der Bauart und Abmessung manuell bestimmt und Bauteile mit den dazugehörigen energetischen Eigenschaften angelegt. Zusätzlich wird durch das Programm Optimus mittels eines Add-Ons des Softwarepakets „TGA Heizung“ des Herstellers Hottgenroth eine raumweise Heizlastberechnung durchgeführt. Im Folgeschritt errechnet das Programm die erforderlichen Vor- bzw. Rücklauftemperaturen die notwendig sind, um mit der jeweils vorhandenen Heizfläche, die für den entsprechenden Raum oder Raumverbund notwendige Heizlast sicherstellen zu können.

Hierbei ist zu beachten, dass jeder Raum oder Raumverbund aufgrund von Größe und Lage im Gebäude bzw. in der Gebäudehülle unterschiedliche Heizflächen und somit unterschiedliche Wärmemengen/Heizlasten benötigt. Aus den unterschiedlichen Wärmebedarfsmengen – abhängig von der raumweisen Heizlast sowie der Bauart und der Abmessung

der Heizfläche – resultieren unterschiedliche Vor- und Rücklauftemperaturen der einzelnen Heizflächen.

Während die Vorlauftemperatur des Gesamtsystems in der Optimus Software durch den Heizkörper mit der höchsten notwendigen Vorlauftemperatur bestimmt wird, ist die Rücklauftemperatur ein gemittelter Wert aller Rücklauftemperaturen.

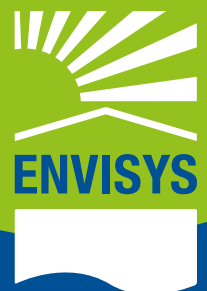
So gibt es im Heizsystem bei einer Gesamtrücklauftemperatur von z. B. 40 °C durchaus einige Heizflächen mit Rücklauftemperaturen von deutlich über 40 °C und einige Heizflächen mit Rücklauftemperaturen von deutlich unter 40 °C. Ein derart gemittelter Gesamtwert für die Rücklauftemperatur eines Bestandswohngebäudes kann in der weiteren Berechnung der Jahresarbeitszahl zu Problemen führen.

Ein Sonderfall stellen Bestandswohngebäude dar, die sowohl Heizkörper als auch eine Fußbodenheizung als Heizflächen verbaut haben.

In diesen Fällen wird die Rücklauftemperatur durch die Software anhand der Massenströme der Fußbodenheizung und der Heizkörper gemittelt. Da grundsätzlich Heizkörper, aufgrund der räumlich bedingten Heizfläche,

EVEBI / EVEBI Pro

Software für Energieberatung und Planung



- ~ BEG EM – aktuelle Förderrichtlinien
- ~ Ökobilanz Nachhaltigkeitsbewertung
- ~ Lebenszyklusanalyse QNG – WG und NWG
- ~ Assistent für Wärmebrücken
- ~ Heizlastberechnung, Hydraulischer Abgleich
- ~ Beratungsberichte, Sanierungsfahrpläne u.v.m.
- ~ Qualifizierte Seminare rund um die Software
- ~ Kostenfreie Schulungslizenzen
- ~ Kompetente Beratung und freundlicher Service

~ www.envisys.de ~ 03 64 3 / 495 27 10

¹⁰ (VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2019)

¹¹ (VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2019)

mit höheren Vorlauftemperaturen als eine Fußbodenheizung betrieben werden, erhält man in der Regel höhere Differenzwerte (Spreizung). Die Spreizung ergibt sich aus der Differenz der höchsten Vorlauftemperatur sowie der gemittelten Rücklauftemperatur.

Die Berechnung einer Jahresarbeitszahl mit dem JAZ-Rechner des Bundesverbands Wärmepumpe e. V. nach dem Verfahren der VDI 4650 Blatt1: 2019-03 setzt eine maximale Spreizung von 10 Kelvin voraus. Da diese Forderung im Allgemeinen bei Bestandswohngebäuden mit Heizkörpern und Fußbodenheizung nicht erfüllt werden kann, ist folglich die Berechnung einer Jahresarbeitszahl unter Berücksichtigung beider Heizflächenarten nicht möglich.

Um letztlich auch bei solchen Bestandswohngebäuden mit einer Spreizung von über 10 Kelvin eine Jahresarbeitszahl berechnen zu können, wurde ein konservativer Ansatz auf Basis der vorhandenen Heizkörperkreisläufe gewählt, d. h. es wurde ausschließlich die Vor- und Rücklauftemperatur des Heizkörperkreislaufes berücksichtigt.

Ziel dieser Masterarbeit war es, anhand festgelegter anlagentechnischer Kriterien bei geringstmöglichem finanziellem Aufwand aufzuzeigen, wie im Einzelfall eine Wärmepumpe noch wirtschaftlich betrieben werden kann. Die dabei erzielten Ergebnisse beruhen auf einer Simulation mit der Optimus Software der Firma Hottgenroth.

In der Folge können die Ergebnisse nicht abschließend im Hinblick eines Optimums gesehen und bewertet werden, da die simulierten, objektbezogenen Sanierungsmaßnahmen letztlich die Minimalanforderungen für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Wärmepumpe darstellen.

Objektbezogene Sanierungsmaßnahmen über diesen Minimalstandard hinaus würden bei nahezu allen, teils nur geringfügig oder noch gar nicht sanierten Bestandswohngebäuden, zu deutlich besseren Ergebnissen führen.

Zusammenfassung und Diskussion

Zur Beurteilung, ob Bestandswohngebäude wärmepumpentauglich sind, wurden im Rahmen dieser Studie folgende Kriterien angewendet:

- Maximale Vorlauftemperatur von 55 °C im Heizkreis (BEG EM – Anforderung)
- Spreizung von maximal 10 Kelvin
- Errechnete Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe anhand der WOLF CHA Monoblock Wärmepumpe von mindestens 3,5 (VDI 4650 Blatt1: 2019-03)

Sofern diese Parameter gegeben sind bzw. durch Sanierungsschritte erreicht wurden, wurde eine Berechnung der Jahresarbeitszahl durch den JAZ-Rechner des Bundesverband Wärmepumpe e. V. nach dem Verfahren der VDI 4650 Blatt1: 2019-03 durchgeführt. War die Spreizung aufgrund gleichzeitig vorhandener, unterschiedlicher Wärmeverteilsysteme (Heizkörper/Fußbodenheizung) in einem Objekt größer als 10 Kelvin, wurde der konservative Ansatz für die Berechnung der Jahresarbeitszahl gewählt und diese dann mit der ermittelten Ist-Spreizung berechnet.

Zunächst erfolgte auf Basis vorhandener Bauunterlagen (Bauantrag/Baupläne/Bauteil- und/oder Materialrechnungen), die in ihrer Vollständigkeit und Qualität sehr unterschiedlich waren, eine objektbezogene Bestandsaufnahme, ergänzt um die i. d. R. vor Ort aufgenommenen Parameter wie Abmessungen der vorhandenen Fenster/Haustüren, Leistungsdaten der Heizungsanlagen, Art und ggf. Größe der Heizflächen und bereits durchgeführte energetischen Sanierungen wie z. B. Heizungsanlagen- oder Fenstertausch.

Mit den so erfassten Objektdaten wurde im Ist-Zustand in Abhängigkeit der Normaußentemperatur des jeweiligen Standortes die Heizlast, die spezifische Heizlast und die für den jeweiligen Anwendungsfall sich ergebende Vor- und Rücklauftemperatur errechnet, somit die IST-Spreizung erfasst und der dazugehörigen Volumenstrom ermittelt. Danach wurde geprüft, ob die Kriterien (s. o.) einer Wärmepumpentauglichkeit erfüllt sind und die Berechnung einer Jahresarbeitszahl (s. o.) möglich ist.

Wie in der Übersicht der Projekt-IST-Zustände aller untersuchten Objekte zu entnehmen ist, gibt es das Objekt „Bestandswohngebäude“ so nicht; vielmehr ist der Begriff „Bestandswohngebäude“ ein Synonym für eine Vielzahl von heterogenen Gebäudetypen, die in ihrer Bauart, Bauweise, Baugröße, Anlagentechnik, Baualter, Standort (Normaußentemperatur) und bautechnischen und -physikalischen Standard u. a. derart unterschiedlich sind, dass jedes Bestandswohngebäude für sich bewertet und als Einzelfall betrachtet werden muss. So schwanken die Heizlasten gemäß DIN 12831 zwischen 5,7 KW und 17,7 KW und stehen primär in Relation zum Gebäudestandard (Gebäudehülle) und Gebäudestandort (Normaußentemperatur), während sich die spezifische Heizlast größtenteils zwischen 33 W/m² und 47 W/m² bewegt und in Relation zur Nutzfläche steht. Ausnahmen sind die beiden, deutlich älteren Bestandswohngebäude, die aufgrund größe-

rer Deckenhöhen ein größeres Hüllvolumen und entsprechend den heutigen Anforderungen eine energetisch schlechte Gebäudehülle aufweisen. Die Spreizung zwischen Vorlauftemperatur und Rücklauftemperatur weist bei den untersuchten Objekten, relativ unabhängig von den zuvor genannten Randbedingungen, Werte zwischen 20 K und 25 K auf. Ausnahme ist Objekt 6, welches aufgrund der niedrigen Vorlauftemperatur in der Fußbodenheizung einerseits und der knapp bemessenen Heizkörper und den daraus resultierenden höheren Vorlauftemperaturen im Heizkörperkreislauf andererseits, eine deutlich höhere Spreizung aufweist. Die Volumenströme bewegen sich zwischen 250 l/h und 1.000 l/h, je nach erforderlicher Raum-Heizlast. Auch hier ist die Ausnahme Objekt 6 aufgrund des großen prozentualen Anteils der Fußbodenheizung (ca. 40 %) an den gesamten Heizflächen.

Allgemein kann festgestellt werden, dass durch einen Anlagentausch allein eine effiziente Wärmepumpentauglichkeit nicht gegeben ist.

Ziele des ersten Sanierungsschrittes waren i. d. R. die Reduktion der Heizlast durch Verbesserungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und/oder die Reduktion der Vorlauftemperatur auf 50 °C durch den Austausch einzelner Heizkörper. Grundsätzlich wurden zunächst Maßnahmen in Ansatz gebracht, deren Erfordernis aufgrund des Alters sowieso oder in Bälde anstehen würden (z. B. 30 Jahre alte Fenster) oder Maßnahmen, die vom Eigentümer selbst durchgeführt werden können (z. B. Innendämmung). Des Weiteren folgte der Austausch einzelner Heizkörper im Sinne der berechneten Raum-Heizlast zur Reduktion der Vorlauftemperatur und Optimierung des Volumenstromes.

Bei den Objekten, bei denen ein erster Sanierungsschritt nicht ausreichte, um eine effiziente Wärmepumpentauglichkeit zu gewährleisten und eine Berechnung der Jahresarbeitszahl nicht möglich war, wurde immer eine zweite Maßnahme in Ansatz gebracht. Danach erfüllten alle Bestandswohngebäude entsprechend der Aufgabenstellung bzw. den gewählten Prüfkriterien die Voraussetzung einer effizienten Wärmepumpentauglichkeit und es wurden die Jahresarbeitszahlen entsprechend ermittelt.

Unabhängig davon wurde bei einigen Objekten, die eine effiziente Wärmepumpentauglichkeit mit Sanierungsmaßnahme 1 erreicht hatten, versucht, durch einen weiteren, finanziell geringen Aufwand bzw. sowieso in Bälde anstehenden Sanierungsschritten auf-

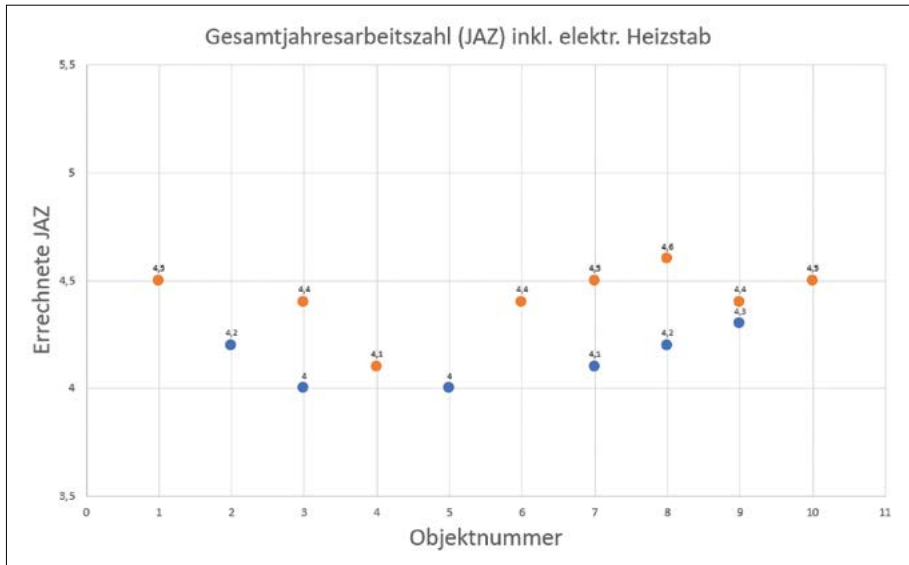


Abb. 3: Übersicht Berechnungsergebnisse JAZ

zuzeigen, dass eine weitere, deutliche Effizienzsteigerung möglich ist.

Die Ergebnisse der berechneten Gesamtjahresarbeitszahlen nach VDI 4650 Blatt 1 (2019) sind in Abbildung 3 dargestellt (Variante 1 als blauer Punkt und Variante 2 als oranger Punkt).

Sämtliche berechnete Jahresarbeitszahlen liegen über dem festgelegten Grenzwert von 3,5. In 70 % der Fälle ist in Variante 2 eine Jahresarbeitszahl von 4,4 oder höher möglich, was als sehr gutes Ergebnis gewertet werden kann. Die gemittelte Gesamtjahresarbeitszahl der „best of“ Varianten aller untersuchten Bestandswohngebäude, die zwischen 1927 und 2000 errichtet wurden, beträgt 4,36. Es ist zu berücksichtigen, dass aufgrund idealisierter Randbedingungen in der Simulation die realen Ergebnisse vermutlich etwas geringer ausfallen werden.

Als Fazit kann festgehalten werden, dass für eine Beurteilung von Bestandswohngebäuden bzgl. einer effizienten Wärmepumpentauglichkeit jedes Bestandswohngebäude für sich als Einzelfall betrachtet werden muss.

Es war aber möglich aufzuzeigen, dass jedes Bestandswohngebäude durch Sanierungsmaßnahmen mit geringem bis mittlerem finanziellen Aufwand, in Abhängigkeit des vorhandenen Gebäudestandards und der geographischen Lage des Wohngebäudes, wärmepumpentauglich gemacht werden kann.

Ausblick

Der Einsatz von Wärmepumpen in Bestandswohngebäuden mit Vorlauftemperaturen des Heizkreislaufes von ≤ 55 °C, als eine der Mindestanforderungen für das effiziente Betrei-

ben einer Wärmepumpe in Bestandswohngebäuden, stellt heutzutage kein Problem mehr da.

Durch die teilweise rasante Weiterentwicklung der Wärmepumpentechnologie in den vergangenen 10 Jahren werden sich die Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen weiter erhöhen und somit zunehmend interessanter bzw. attraktiver für einen effizienten Einsatz in Bestandswohngebäuden werden.

Die gemittelte Gesamtjahresarbeitszahl der Wärmepumpenanlagen bei den untersuchten Bestandswohngebäuden, die zwischen 1927 und 2000 errichtet wurden und – nach überwiegend erfolgten Minimalmaßnahmen für eine Wärmepumpentauglichkeit – beträgt in der Simulation 4,3. Vergleicht man diese Zahl mit den gemessenen mittleren Jahresarbeitszahlen von 3,1, die durch die Feldstudie WP^{SMART} im Bestand vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE durchgeführt wurde, sieht man speziell hier einen deutlichen Effizienzanstieg innerhalb der letzten Jahre.¹² Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Simulationsergebnisse über den gemessenen Ergebnissen liegen und die simulierten Ergebnisse dieser Masterarbeit in der Praxis etwas niedriger ausfallen würden.

Ein wichtiger Verbesserungsschritt vor allem bei Luftwärmepumpen war die Einführung der Drehzahlregelung. Zum einen lassen sich dadurch auch LWP nahezu monovalent mit vernachlässigbarem Heizstabbetrieb auslegen und zum anderen ist der COP im 40 %–50 % Teillastbetrieb bei Wärmepumpen bis zu 25 % höher. Und 90 %–95 % des Heizwärmebedarfs in Bestandsgebäuden fällt bei Temperaturen über 0 °C an.

12 (Wille-Hausmann, 2020)

Ökologisch und massiv bauen mit Leichtbeton-Mauerwerk von KLB

- ökologisch
- hochwärmedämmend
- monolithisch
- nicht brennbar
- wohngesund

natürlich MASSIV

SO WIRD GEBAUT

KLB KLIMALEICHTBLOCK GMBH Tel. 02632 2577-0 · info@klb.de · www.klb-klimaleichtblock.de

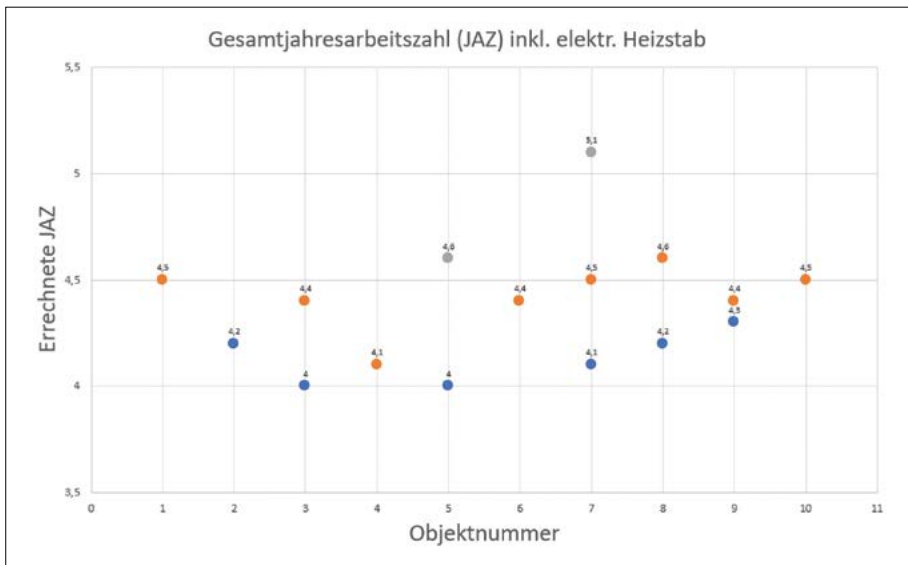


Abb. 4: Ausblick JAZ AC312P

Aktuell wird gerade an optimierten Verdampferauslegungen und Regelungsstrategien gearbeitet. Waren früher Verdampfungstemperaturen von 10 K unter der Luft Eintrittstemperatur üblich, schaffen die besten Wärmepumpen heute 3 K, was eine Effizienzsteigerung um rund 20 % bewirkt. Gleichzeitig verringert die höhere Verdampfungstemperatur den Bedarf an energiezehrenden Abtauzyklen. Erreicht wird die kleinere Temperaturdifferenz durch wesentliche größere Luftvolumenströme, elektronische Expansionsventile, die ganz neue Regelstrategien erlauben und zusätzliche innere Wärmeübertrager. Ein Übriges tragen noch die Fortschritte in der Ventilator-technik bei, die den Stromverbrauch weiter senken und gleichzeitig dafür sorgen, dass die leisesten Luftwärmepumpen im Teillastbetrieb praktisch nicht mehr hörbar sind.

Wie sich eine derartige Technologie auswirkt, lässt sich an der Air Cube Baureihe (AC312P und AC417P) der Firma OVUM aus

Österreich anschaulich darstellen. Die Wärmepumpenserie ist im Oktober 2022 auf den Markt gekommen und gilt als weltweite effizienteste Wärmepumpenserie der Welt.¹³

Simuliert man exemplarisch die Variante 2 des Objekts 7 und die Variante 1 des Objekts 5, d. h. anstelle der CHA Monoblock Wärmepumpenserie der Firma Wolf mit der Air Cube AC312P des österreichischen Herstellers Ovum, ist nochmals eine deutliche Steigerung der JAZ und somit der Effizienz zu sehen (s. Abb. 4).

Die Gesamtjahresarbeitszahl inkl. Backup erhöht sich für das Objekt 7 Variante 2 von ursprünglich 4,5 auf 5,1 (im Heizbetrieb auf 5,4). Für die Variante 1 des Objekts 5 erhöht sich durch den Austausch der Wärmepumpe die Gesamtjahresarbeitszahl inklusive Backup von ursprünglich 4,0 auf 4,6. Momentan ist die AC312P noch weltweit die effizienteste Wärmepumpe. ◀

¹³ (OVUM, o. J.)



STEPHAN EICHLER

► M.Eng. Bauingenieurwesen (Schwerpunkt Holzbau und Energieeffizienz), Geprüfter Polier des Zimmerer-Handwerks mit Ausbilderschein, Ingenieurbüro für Energieberatung und Bauphysik in Neu-Ulm und Jettingen, s.eichler@energieberatung-eichler.de

HARALD KRAUSE

Prof. Dr. rer. nat., Wissenschaftlicher Leiter Zentrum Forschung, Entwicklung und Transfer, Rosenheimer Technologiezentrum für Energie und Gebäude (rotec), Technische Hochschule Rosenheim, Fachgebiete: Physik, Bauphysik, Gebäudetechnik, Wohnungslüftung, Passivhaustechnik

ULI SPINDLER

Prof. Dipl.-Phys., Studiengang Energie- und Gebäudetechnologie, Rosenheimer Technologiezentrum für Energie und Gebäude (rotec), Technische Hochschule Rosenheim, Fachgebiete: Wärmepumpen und Energieumwandlung, Energiemonitoring, Wärmenetze, Wärme- und Stofftransport, Membranen

Die vollständige wissenschaftliche Arbeit von Stephan Eichler mit dem Titel „Betrachtung der Wärmepumpentauglichkeit von Bestandswohngebäuden anhand von Praxisbeispielen“: https://energieberatung-eichler.de/wp-content/uploads/pdf/20240215_Masterarbeit_final.pdf

Wärmepumpenabsatz deutlich im Minus

Information über Fördermöglichkeiten und fachliche Beratung notwendig

Der Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH) hat am 29. Juli seine aktuellen Zahlen veröffentlicht. Demnach setzten die Hersteller insgesamt 90.000 Einheiten ab, das entspricht einem Minus von 54 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Zwar stieg die Anzahl der zugesagten KfW-Heizungsförderungen im Mai um 21 Prozent, im Juni sogar um 40 Prozent gegenüber den

jeweiligen Vormonaten. Trotz dieser zuletzt leicht positiven Tendenz geht der Verband in seiner Prognose davon aus, dass im laufenden Jahr maximal 200.000 Wärmepumpen abgesetzt werden. „Die Menschen brauchen bei der Heizungsmodernisierung Planungssicherheit. Vor allem mit Blick auf den Klima- und Transformationsfonds. [...] Auch im kommenden Jahr muss die staatliche Unterstützung

für die Heizungsmodernisierung wie im Jahr 2023 fortgeführt werden.“, so BDH-Hauptgeschäftsführer Staudt.

Die zentrale Stellschraube zur Marktbelebung bleibt für den BDH jedoch, das Vertrauen der Verbraucher in die Heizungsmodernisierung zu stärken. „Wir haben eine attraktive Förderung, sämtliche technischen Lösungen sind verfügbar“.