

Wärmepumpen für alte Häuser und neue Energiekonzepte

Wilhelm Wilming

Wärmepumpen sind vielseitige Teampartner: Sie lassen sich mit Solaranlagen kombinieren, um überschüssigen PV-Strom als Wärme zu speichern. Sie beheizen mit Unterstützung von Gasbrennern riesige Verwaltungsgebäude. Sogar mit Ölbrennern arbeiten sie zusammen. Wärmepumpenanlagen können aber auch anspruchsvoll sein, wenn es beispielsweise um die Erschließung der Wärmequelle Erdreich geht. Erfahrungen aus einer Besichtigungstour.



Quelle: bwp



Quelle: bwp

Die Heizzentrale der „Sandsteinvilla“ in Stuttgart-Kaltental, ein Wohngebäude aus den 1950er Jahren

Einfamilienhaus in Leonberg-Warmbronn: Der Stromverbrauch passt sich der Stromerzeugung an.

Ein Wohngebäude aus den 1950er Jahren in Stuttgart-Kaltental sollte beweisen, dass es sich auch mit einer Wärmepumpe beheizen lässt, trotz Mauern aus Sandstein, die Feuchtigkeit anziehen und für kalte Räume sorgen.

„Der Öl-Brennwertkessel muss einem regenerativen Heizsystem weichen“, so die Entscheidung des Besitzers im Jahr 2010. Dabei wollte er so wenig wie möglich in die Optik des repräsentativen Hauses eingreifen, eine Fassadendämmung kam also nicht in Frage.

Zufriedenstellende Jahresarbeitszahl auch im unsanierten Altbau

Ein erfahrener Fachhandwerker trat dann den Beweis an, dass eine sachkundig ge-

plante Wärmepumpenanlage auch einen unsanierten Altbau monovalent beheizen kann. Eingebaut wurden für eine Wohnfläche von 400 m² zwei Vitocal 300-G von Viessmann mit je 17,6 kW Leistung. Sie sind so verschaltet, dass die zweite erst bei Bedarf anläuft. Außerhalb der Wintermonate sollte nur eine Wärmepumpe in Betrieb sein. Für die Wärmequelle waren sechs Erdwärmesonden (EWS) à 98 m nötig. Man habe eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von immerhin 3,4 erreicht, so der Fachhandwerker während eines Besichtigungstermins. Überprüfen konnten die an der Besichtigung teilnehmenden Journalisten das aber nicht.

Dieser überraschend hohe Wert sei dank der großen Heizflächen der vorhandenen Radiatoren möglich geworden, man habe die Radiatoren durchgängig mit einer Vorlauftemperatur von 40 °C betreiben können. Außerdem habe man auf eine

Nachtabenkung verzichtet. Zudem unterstütze eine zuvor bereits vorhandene Solarthermie-Anlage die Warmwasserbereitung und das Heizungssystem. Die EWS-Anlage mit ihren sechs Sonden sei so dimensioniert, dass sie ohne eine Regenerationszeit auskäme.

Wärmepumpe und PV versorgen Bungalow und E-Zapfsäule

Es galt, in der Jahresbilanz mehr Photovoltaik-Energie zu gewinnen, als zum Betrieb des Gebäudes und eines E-Autos erforderlich ist. Gleichzeitig sollte ein hoher Eigenstromanteil aus der PV-Anlage erreicht werden. So lauteten die Vorgaben für ein EnergiePLUS-Gebäude, das Prof. Dr. M. Norbert Fisch in Leonberg-Warmbronn nahe Stuttgart realisiert hat. Entstanden ist ein zweigeschossiges Wohnhaus mit 260 m² Fläche, das seinen Bewohnern hohen Wohnkomfort und ex-



Quelle: Wilming

Lademöglichkeit für Elektromobilität

zellente Lebensqualität bietet – obwohl es als Experiment begonnen wurde und noch heute als „Experimentier-Labor“ genutzt wird, wie Prof. Fisch erzählt.

Seit über 30 Jahren befasst sich Fisch nach eigenen Angaben mit der optimalen Kopplung von Bauphysik, Gebäude- und Energietechnik. All seine Erfahrung habe er in das Leonberger Wohnhaus einfließen lassen, versichert er. Wissenschaftlich begleitet wird das Projekt durch das von ihm geleitete Institut für Gebäude und Solartechnik (IGS) an der TU Braunschweig. Hier werden alle Energieerzeuger und -verbraucherdaten messtechnisch online ausgewertet.

„Nur mit umfassendem Monitoring und auf Grundlage gesicherter Daten lässt sich die Performance des Gebäudes erfassen und analysieren sowie daraus Erfahrungen für den Betrieb von Smart Buildings ableiten“, beschreibt Fisch den Zweck der Arbeiten im Institut. „Ziel ist die weitere Optimierung des Gebäudebetriebs, zum Beispiel mit Hilfe eines Stromlastmanagements zur Steigerung des Eigenstromanteils aus der 15 kWp leistenden Photovoltaik-Anlage“.

Eigenverbrauch des selbsterzeugten PV-Stroms

Eine der Grundvoraussetzungen für das Energiekonzept ist die hohe Energieeffizienz des Gebäudes, dessen Jahresheizwärmebedarf in den ersten drei Betriebsjahren laut Fisch im Mittel etwa 43 kWh/(m² a) betrug.

Beigetragen haben dazu eine kompakte nach Süden ausgerichtete Gebäudeform, eine wärme- und luftdichte Gebäudehülle, Dreifach-Wärmeschutz-Verglasungen, deren physikalische Parameter den Himmelsrichtungen angepasst sind sowie eine kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung. Außen liegende Sonnenschutzlamellen dienen dem sommerlichen Wärmeschutz.

Eine optimierte Tageslichtnutzung und eine Gebäudetechnik, die auf eine größtmögliche Energieeffizienz abzielt, minimieren den Strombedarf. Zum Gesamtkonzept gehört auch die Integration von Elektromobilität.

Im Fokus des Projekts steht die möglichst hohe Eigenstromnutzung aus der Photovoltaik-Anlage, die aus 90 Modulen mit einer Gesamtleistung von 15 kWp besteht und eine Modulfläche von 115 m² umfasst. Um das solare Energieangebot mit dem Bedarf der Bewohner in Einklang zu bringen, werden alle energieintensiven Haushaltsgeräte – Waschmaschine, Trockner, Spülmaschine – soweit möglich nur bei Sonnenschein eingeschaltet, also zeitgleich mit dem Stromertrag aus der PV-Anlage genutzt.

Außerdem wurden die Laufzeiten der Wärmepumpe nachts reduziert und das Volumen der Pufferspeicher (825 l und 700 l) größer als üblich gewählt. Zwei Batteriespeicher (7 und 20 kWh) helfen, Energie für die Abendstunden zu speichern. Zur EnergiePLUS-Ausstattung gehören außerdem die Batterien der Elektrofahrzeuge, die von der Familie genutzt werden: ein E-Bike und ein E-Auto. Nach diesem Gesamtkonzept können die Bewohner ein Maximum der selbsterzeugten Energie direkt im Gebäude nutzen. Wenn die Verbrauchs- und Speichermöglichkeiten erschöpft sind, fließen die Überschüsse ins öffentliche Netz.

Heiztechnik mit Wärmepumpe

Die Wärmeerzeugung im Wohnhaus in Leonberg-Warmbronn erfolgt durch eine Sole/Wasser-Wärmepumpe, die als Wärmequelle drei Erdwärmesonden à 100 m nutzt. Gekoppelt ist sie mit zwei in Serie geschalteten Pufferspeichern mit ca. 825 und 700 l Fassungsvermögen. Der etwas größere Pufferspeicher ist in zwei Zonen aufgeteilt:

Das obere Drittel mit Temperaturen von 50 bis 55 °C dient der Trinkwasserbereitung über einen externen Wärmetauscher – an den Trinkwasser-Zapfstellen (Küche, Hauswirtschaftsraum) sind zur Nacherwärmung zusätzlich elektronisch geregelte Durchlauferhitzer installiert. Die unteren zwei Drittel des Pufferspeichers sowie der zweite Pufferspeicher mit Temperaturen zwischen 35 und 40 °C stehen für die Raumheizung zur Verfügung.

Bei Überschuss-Strom aus der PV-Anlage wird das gesamte Pufferspeichervolumen auf 55 °C erwärmt, um den Betrieb der Wärmepumpe aus dem öffentlichen Stromnetz in der Nacht zu reduzieren. Sie speisen die Heizkreise für die Fußbodenheizung im gesamten Gebäude sowie die Heizkörper in den beiden Bädern. Die Fußbodenheizung aktiviert die thermischen Gebäudemassen – allen voran den Estrich – und garantiert Behaglichkeit: mit niedrigen Vorlauftemperaturen (unter 30 °C) und geringer Temperaturdifferenz (Bodenoberfläche ca. 24 bis 26 °C) zum umgebenden Raum.

„Mitentscheidend für den Erfolg des EnergiePLUS-Konzepts ist der optimale Betrieb der elektrischen Wärmepumpe“, betont Prof. Fisch.

Die Sole/Wasser-Wärmepumpe WPF 10 von Stiebel Eltron erreiche eine Jahresarbeitszahl von 3,95, was ihn zufriedenstelle. Aufwändige Steuerungen und ein Lastmanagement von Gefrier- und Kühlgeräten beispielsweise hätten dagegen geringeres Potenzial, den Eigenstromnutzungsanteil zu steigern.

Fisch weiter: „Um möglichst viel eigenerzeugten Strom aus der PV-Anlage im Haus zu nutzen, haben wir die ursprüngliche Betriebsstrategie der Wärmepumpe geändert und ihre Laufzeit generell erhöht. Zum einen haben wir die Temperatur im unteren Pufferspeicher auf 60 Grad Celsius angehoben, um mehr Warmwasser für Zeiten ohne solaren Eintrag zur Verfügung zu haben. Zum anderen haben wir die Heizkurve der Fußbodenheizung angehoben und die Oberflächentemperatur um bis zu 2 Kelvin erhöht, um somit die Betriebszeiten der Wärmepumpe zu verlängern. Ziel beider Maßnahmen ist es, möglichst viel Wärme in den massiven Bauteilen des Gebäudes und im Puffer zu speichern – und diese dann zeitverzögert an den umgebenen Raum abzugeben. So wird vor allem der Temperaturabfall in den Abend- und Nachtstunden abgefedert, was wiederum den Betrieb der Wärmepumpen mit externem Netzstrom hinauszögert“.



Quelle: Stiebel Eltron

Die Wärmepumpe WPF 10 von Stiebel Eltron – hier zwei größere Geräte in einer Kaskadenschaltung – sorgt im „EnergiePlus-Wohnhaus“ für maximalen Eigenstromanteil.

Ganz wichtig sei folgende Erkenntnis, so Fisch zum Schluss: „Messungen belegen, dass so in den Sommermonaten deutlich über 50 Prozent des Stromverbrauchs über die Eigenstromproduktion gedeckt werden konnte. Während der Heizperiode sind es immerhin zwischen 10 und 15 Prozent. Der Wohnkomfort wird durch all die Maßnahmen in keiner Weise eingeschränkt“.

Ergebnisse und Konsequenzen

Das Fazit von Prof. Fisch fällt so aus: Die Messergebnisse der ersten Betriebsjahre des EnergiePlus-Gebäudes in Leonberg-Warmbronn zeigen, dass das Konzept „Gebäude als Kraftwerk und Tankstelle“ sehr verlässlich funktioniert. Das Konzept Passivhaus, das den Fokus auf die Reduzierung des Heizwärmebedarfs legt, ist überholt – das Aktivhaus EnergiePLUS ist die Zukunft. Hier ist das Ziel, den Gesamt-Energiebedarf durch Reduzierung und Erzeugung aus erneuerbaren Energiequellen zu optimieren. Das System „PV-Anlage und Wärmepumpe“ ist dabei eine wirtschaftliche Zukunftsoption.

Falscher Einbau von Erdwärmesonden ruiniert die Rentabilität

Bei der Planung und beim Bau von Wärmepumpenanlagen geraten häufig Dinge aus den Augen, die etwas außerhalb der Wärmepumpen- und Heizungstechnik liegen, nämlich die Installation von Erdreichkollektoren und Erdwärmesonden (EWS). Ihr kommt eine entscheidende Rolle zu, da die Jahresarbeitszahl (JAZ) entscheidend von der Eintrittstemperatur des Wärmeträgers

am Verdampfer und von der elektrischen Arbeit für den Wärmetransport aus dem Erdreich abhängt. Für die Erdreichkollektoren sollten deshalb Grundstücke ausgesucht werden, deren Böden thermisch genügend leitfähig sind. So ist leicht einzusehen, dass solche Böden von Vorteil sind, die direkt und häufig Sonne einfangen und genügend Regenwasser für einen schnellen Wärmetransport aufnehmen können. Doch leider ist es häufig so, dass der Bauherr an ein eng begrenztes Grundstück gebunden ist und Alternativen von daher nicht bestehen.

Andere Faktoren lassen sich hingegen sehr wohl beeinflussen. So sind Erdreichkollektoren (und auch Erdwärmesonden) regelmäßig zu entlüften. Ferner ist bei der Verlegung darauf zu achten, dass die Rohrlängen der einzelnen Stränge 100 m nicht überschreiten, um den Druckverlust im Kollektorsystem in Grenzen zu halten. Zu beachten ist außerdem die Viskosität des Wärmeträgermediums, das sich aus Wasser und Frostschutzmittel zusammensetzt. Mit einem zunehmenden Anteil des Frostschutzmittels würde der Druck steigen.

Beide Fälle, zu große Rohrlängen und eine zu hohe Viskosität, machen eine höhere Leistung der Förderpumpe erforderlich, was wiederum zu einer Verringerung der Jahresarbeitszahl führen würde.

Manchmal legen Planer oder Installateur Förderpumpen oder andere elektrischen Verbraucher innerhalb der Wärmepumpenanlage bewusst größer aus als notwendig, um auf der sicheren Seite zu liegen – mit der äußerst negativen Folge,

dass das Verhältnis von aufgenommener elektrischer Arbeit zu abgegebener Wärmemenge auf der Heizungsseite und damit die JAZ ungünstiger wird.

Auch eine fehlerhafte Einbringung und falsche Dimensionierung von Erdwärmesonden (EWS) können die Rentabilität einer Wärmepumpenanlage ruinieren.

„Es braucht Erfahrung und Know-how, um die Bohrung, den Einbau der Sonde und die Verfüllung des Ringraums fachgerecht ausführen und überwachen zu können“, erklärte Dr. Martin Sabel vom Bundesverband Wärmepumpe (BWP) während der Demonstration eines solchen Vorgangs.

Besonders in Baden-Württemberg gelten wegen des schwierigen geologischen Aufbaus des Erdreichs höchste Anforderungen für die Installation von Erdwärmesonden. Neben einem hohen Anspruch an die Qualifizierung des Personals verlangen die „Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden“ des Landes hohe Standards bei den verwendeten Materialien und bei der Bauausführung und -überwachung. Von zentraler Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Qualität der nach dem Einbau der EWS erfolgenden Verfüllung des Ringraums. Die Branche hat in den vergangenen Jahren mehrere neue Lösungen entwickelt, um die Vorgänge während der Ringraumverfüllung genau kontrollieren zu können. So installieren die Installateure z. B. Messsonden in den Raum zwischen Erdwärmesonde und Bohrlochwand oder am Sondenkopf, um während des Verfüllvorgangs den Stand des Suspensionsspiegels erfassen zu können.

Fazit

Jeder der hier gezeigten Anwendungsfälle hat seine eigenen Vor- und Nachteile. Eines ist jedoch gewiss: Es gibt wohl keine Heizungstechnik auf dem Markt, die wie die Wärmepumpe nicht nur kostenlose Umweltenergie nutzt, sondern auch überschüssigen PV-Strom in thermische Energie umwandeln und damit Lastmanagementaufgaben übernehmen kann. Im bivalenten Betrieb geht es ebenfalls um ökologische Vorteile.

Hinzu kommt noch der wirtschaftliche Gewinn, der entsteht, wenn Öl- oder Gaskessel bei Lastspitzen einspringen. Denn dann müssen Wärmepumpen nicht mehr in einem für sie ineffizienten Leistungsbereich arbeiten, was sich positiv auf die Jahresarbeitszahl auswirkt.