

Achim Pilz

# Innovative Heiztechnik mit einer Gasmotor-Wärmepumpe

Bis 2013 wurden 149 Wohnungen in einem Münchner Stadtteil energetisch modernisiert, ihre Dachgeschosse ausgebaut und durch einen Neubau in Massivholzbauweise ergänzt. Das Kernstück des neuen Heizsystems bildet eine Gasmotor-Wärmepumpe, die Grundwasser als Wärmequelle nutzt. Diese versorgt die Niedertemperaturheizung und erwärmt gleichzeitig das Trinkwasser auf besonders effiziente Weise. Im Jahr 2018 wurden die Ergebnisse des Monitoring veröffentlicht.



Abb. 1: Die Wohnanlage im Westen von München wurde 1955 erbaut. In 149 Wohnungen wurden mehr als 300 kWh/(m<sup>2</sup>a) verbraucht. (Foto: Architekturbüro Stocker)



Abb. 2: Die unterkellerten, 5- bzw. 3-geschossigen Gebäude umschließen einen Innenhof. (Foto: Architekturbüro Stocker)

Der Komplex im Eigentum der städtischen Wohnungsgesellschaft GWG mit insgesamt 149 Wohnungen im Münchner Stadtteil Haidhausen war seit dem Bau in den 1950er Jahren nicht wesentlich verändert (Abb. 1). Die Wohnanlage umfasst vier 3- bzw. 5-geschossige Gebäude mit Kellergeschoss und ursprünglich nicht ausgebautem Dachgeschoss (Abb. 2). Ihr Primärenergieverbrauch überstieg 300 kWh/(m<sup>2</sup>a). Die GWG hatte das Ziel, den Primärenergiebedarf für Beheizung und Trinkwassererwärmung durch die Modernisierung auf weniger als die Hälfte des zu Projektbeginn zulässigen Werts eines Neubaus nach EnEV 2007 zu senken. Erneuerbare Energien sollten die benötigte Restenergie erzeugen bzw. rechnerisch kompensieren. Die Mieter sollten einfache und robuste Haustechniksysteme erhalten, die kein aktives Mitwirken erfordern.

## Schlanke Fassadendämmung

Die Fassaden erhielten eine Dämmung mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,022 W/(mK).

An der Kellerdecke und auf der Straßenseite, an der aufgrund eines angrenzenden Gehwegs nur eine 10 cm starke Dämmung möglich war, wurde Vakuumdämmung (VIP) eingesetzt (Abb. 4 und 5). Die empfindliche VIP ist durch Phenolharzschaum geschützt und wurde in zwei Schichten überlappend angebracht (Abb. 6). Die neuen Fenster sind in hochgedämmten Rahmen dreifach verglast. Da die Altbauten ursprünglich mit Kohle bzw. Gas über Einzelöfen geheizt worden waren, musste eine Heizzentrale neu gebaut werden. Sie liegt zusammen mit der neuen Tiefgarage unter dem Innenhof (Abb. 7).

## Wärme auf zwei Temperaturniveaus

Der Gebäudekomplex ließ sich nicht mit Fernwärme versorgen. Deshalb entschieden sich GWG und der Planer Wolfgang Stocker zur Wärmeerzeugung eine grundwassergekoppelte Gasmotor-Wärmepumpe mit einem Gas-

## BINE Informationsdienst

Der BINE Informationsdienst hat die Ergebnisse des Monitoring aufgearbeitet und publiziert ([www.bine.info/Projektinfo\\_09\\_2017](http://www.bine.info/Projektinfo_09_2017) Autorin: Dorothee Gintars). Der inzwischen eingestellte Service von FIZ Karlsruhe wurde gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und berichtete über Themen der Energieforschung mit dem Fokus Energieeffizienz und erneuerbare Energien.



Abb. 3: Nach der Sanierung und Aufstockung liegen auf den beiden Nord-Süd-orientierten Gebäudezeilen PV-Module und Vakuum-Röhrenkollektoren. (Foto: Architekturbüro Stocker)

brennwertkessel für die Spitzenlast sowie mit einer solarthermischen Anlage zu kombinieren. Siebzig Prozent der Wärmeerzeugung sollte die Wärmepumpe abdecken. Der Wärmepumpentyp zeichnet sich dadurch aus, dass sich als Wärmequelle nicht nur das Grundwasser nutzen lässt, sondern auch das Kühlwasser des Motors sowie die Abgaswärme über Wärmetauscher. Dadurch liefert die innovative Wärmepumpe gleichzeitig effizient Wärme auf zwei Temperaturniveaus: für die Niedertemperaturheizung und die Warmwasserbereitung - ein großer Vorteil gegenüber herkömmlichen Wärmepumpen.

### Komplexe Wärmepumpenanlage

Die Wärmepumpenanlage besteht aus fünf miteinander verschalteten hydraulischen Kreisen (Abb. 8). Der Primärkreis nutzt einen Grundwasserbrunnen als Energiequelle. Über einen Wärmetauscher ist ein Zwischenkreis eingebunden. Mithilfe einer drehzahlgeregelten Förderpumpe beschickt er den Verdampfer der Wärmepumpe. Anschließend komprimiert der Verdichter das Kältemittel im Kondensator, der die gewonnene Wärme an einen Niedertemperaturkreis mit max. 50 °C auskoppelt. Ein Großteil der Wärme wird von dort direkt genutzt. Der andere Teil dient als Rücklauf für den Hochtemperaturkreis mit 60–70 °C. Dieser wird aus der Abwärme des Motors (Kühlwasser und Abgas) gespeist. Der Motor wiederum treibt über eine direkte Kupplung den Verdichter an, daher liefern Wärmepumpe und Motor stets gleichzeitig Wärme. Der innere Kühlkreis des Motors wird immer auf einer konstanten betriebs-

günstigen Temperatur gehalten. Die ausgekoppelten Temperaturen richten sich nach den Anforderungen der Gebäudeleittechnik. Der Verdichter kann mit Teillast sowie einer um 20 % variablen Drehzahl betrieben werden.

### Heizkörper mit Mikropumpe

Drei in Reihe geschaltete Speicher puffern die erzeugte Wärme. Vorrang bei der Einspeisung hat die Solaranlage, gefolgt von der Wärmepumpe, da diese effizienter arbeitet als der Brennwertkessel. Elektronisch geregelte Hocheffizienzpumpen transportieren das Heizwasser von der Heizzentrale in die Häuser. Ein dezentrales System regelt die raumweise Beheizung bedarfsgerecht: Am Rücklauf jedes Heizkörpers ist eine Mikropumpe installiert. Sie läuft nur, wenn im Raum Wärme benötigt wird. Ein Vorteil dieses Systems besteht darin, dass die Heizungsanlage so in jedem Betriebszustand hydraulisch abgeglichen ist. Fensterkontakte stellen die Pumpe ab, sobald ein Fenster geöffnet wird, um überhöhte Lüftungsverluste zu verhindern. Die gesamte Steuerung erfolgt durch Server.

### Einregeln der Heiztechnik

Elektrowärmepumpen sowie Gasabsorptionswärmepumpen gibt es seit vielen Jahren serienmäßig. Eine für den mitteleuropäischen Markt taugliche, seriengefertigte Gasmotor-Wärmepumpe existierte zum Planungszeitpunkt allerdings nicht. Deshalb entschieden sich die Beteiligten, einen Prototyp bauen zu lassen (Abb. 9). Zu Projektbeginn verursachte eine zu schwach ausgelegte Kupplung Probleme. Diese ließen sich durch die An-



Abb. 4: Zur Straßenseite durfte die Wärmedämmung höchstens 10 cm stark sein. (Foto: Architekturbüro Stocke)



Abb. 5: Die Lösung war eine schlanke Vakuumdämmung. (Foto: Architekturbüro Stocker)



Abb. 6: Die empfindliche Vakuumdämmung ist durch Phenolharzschaum geschützt und wurde in zwei Schichten überlappend angebracht. (Foto: Architekturbüro Stocker)



Abb. 7: Unter dem Innenhof befinden sich nun die neue Heizzentrale und eine Tiefgarage. (Foto: Architekturbüro Stocker)

## Projektdaten

<b>Baujahr:</b>	1955
<b>Modernisierung:</b>	bis 2013
<b>Wohnfläche Altbau:</b>	6.513 m <sup>2</sup>
<b>Wohnfläche Modernisierung und Neubau:</b>	9.236 m <sup>2</sup>
<b>Energiekomponenten:</b> Vakuumdämmpaneele mit Resol-Hartschaum, Gasmotorwärmepumpe nutzt oberflächennahe Erdwärme, thermische Kollektoren für die solare Trinkwarmwasser- und Heizungsunterstützung, Photovoltaik-Module	
<b>Energiekonzept/Monitoring:</b> Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart, www.ibp.fraunhofer.de	
<b>Prototyp Wärmepumpe:</b> BLZ Geotechnik Service GmbH, Gommern, www.blz-geotechnik.de	
<b>Energiekonzept:</b> Ebert-Ingenieure, München, www.eb-ing.com	
<b>Legionellenschutz:</b> Hydrosystemtechnik GmbH, Prien, www.hydrosys.de	
<b>Bauherr:</b> GWG Städtische Wohnungsgesellschaft München mbH, www.gwg-muenchen.de	
<b>Architektur:</b> ABS Architekturbüro Stocker, München, www.stocker-architect.de	

## Details Energiekomponenten

<b>Gasmotor-Wärmepumpe mit Grundwasserkopplung:</b>	125 kW
<b>Standardleistung erdgasbetriebener Otto-Verbrennungsmotor:</b>	19 kW
<b>Wärmeleistung aus Motorkühlung und Abgaswärmetauscher:</b>	32 kW
<b>Gasbrennwertkessel:</b>	314,5 kW
<b>Vakuüm-Röhrenkollektoren:</b>	162 m <sup>2</sup> + 72 m <sup>2</sup> (Ost-Ausrichtung, Dachneigung 15 °)
<b>3 Pufferspeicher in Reihe geschaltet:</b>	3 m <sup>3</sup> / 4,5 m <sup>3</sup> / 4,5 m <sup>3</sup>
<b>Heizwärmeverteilung:</b>	Dezentrale Mikropumpen an jedem Heizkörper 55 / 40 °C
<b>Legionellenschutz:</b>	Anodische Oxidation
<b>Polykristalline PV Module:</b>	1.469 m <sup>2</sup> ; Leistung 250 W/Modul (v. a. Ost-West-Ausrichtung, Dachneigung 15 °)
<b>Fensterlüftung:</b>	Haus 35-41, 45-49
<b>Mechanische Lüftung:</b>	Abluftventilatoren im Bad/WC, Zuluftöffnungen in den Fenstern der Wohn- und Schlafräume
<b>Sonnenschutz:</b>	z. T. Innen liegender Folienbehang

fertigung einer verstärkten Ausführung lösen. Trotzdem lief die Wärmepumpe danach nur halb so viel wie geplant. Grund war eine zu hohe Heizwassertemperatur vor dem Verdichter. Die Ursache wurde erst Mitte 2015 gefunden: eine Rücklaufströmung vom Hochtemperaturspeicher zur Wärmepumpe, die sich durch den Einbau einer Rückschlagklappe beheben ließ. Doch nach wie vor gibt es technische Probleme an der Schnittstelle Ottomotor – Kupplung – Verdichter. Deshalb ist der Prototyp weiterhin störanfällig, verbunden mit hohem Wartungsaufwand. Dadurch kann die Wärmepumpe nicht den angenommenen Anteil zur Wärmeerzeugung beitragen. Thermodynamisch hat das Gerät überzeugt: Wenn die Wärmepumpe ordnungsgemäß lief, sparte sie sogar mehr Energie ein als vorher berechnet. Verglichen mit einem Brennwertkessel arbeitet die Gasmotor-

Wärmepumpe in Bezug auf den Jahresnutzungsgrad um über 60 % effizienter.

### Energieeffizienter Legionellenschutz

Bei einer herkömmlichen thermischen Desinfektion muss das Wasser energieintensiv erhitzt werden. Eine andere Möglichkeit ist die chemische Desinfektion mit Zusatzstoffen. Bei der Münchner Wohnanlage wird das Leitungsnetz elektrochemisch desinfiziert. Eine anodische Oxidation nutzt elektrischen Strom, um direkt aus dem Wasser und den enthaltenen Mineralien ein Mittel zur Entkeimung zu erzeugen (In-situ-Produktion). Geregelter Gleichstrom wandelt Wasserinhaltsstoffe kurzzeitig elektrochemisch so um, dass freie chloräquivalente Oxidationsmittel (Oxidation)

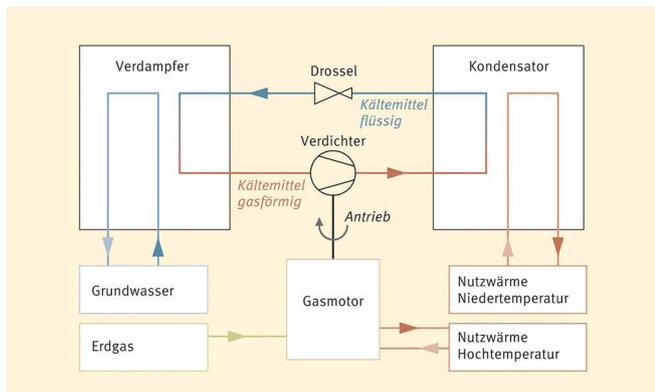


Abb. 8: Funktionsschema der Gasmotor-Wärmepumpe, die Wärme auf zwei Temperaturniveaus liefert. (Grafik: BINE Informationsdienst)



Abb. 9: Unter der Erde fand die neue Haustechnik mit dem Prototypen der Gasmotor-Wärmepumpe, dem Gas-Brennwertkessel und den insgesamt 12 m<sup>3</sup> fassenden Speichern Platz. (Foto: Architekturbüro Stocker)

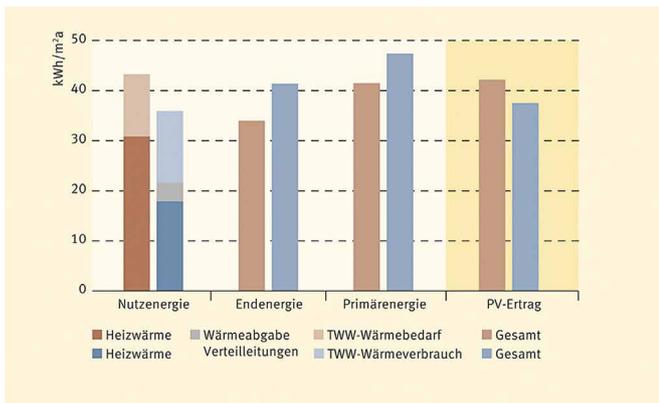


Abb. 10: Ergebnisse des Monitorings: berechneter Bedarf (rot) und gemessenem Verbrauch (blau) von Nutz-, End- und Primärenergie sowie berechneter und gemessener PV-Ertrag. (Grafik: Fraunhofer IBP)



Abb. 11: Nach Süden fasst ein 4-5-geschossiger reiner Holzbau den Innenhof. Hier wurde weitere PV installiert. (Bild: GWG München)

tionen) entstehen, die sterilisierend wirken. Das zu entkeimende Wasser ist somit ohne Zusatzstoffe selbst Elektrolyt. Die Desinfektion erfolgt einerseits in der Anlage innerhalb der Anodengrenzschicht durch kurzlebige Oxidantien auf Sauerstoffbasis, andererseits nach der Anlage im behandelten Reinwasser durch langlebige Oxidantien (Depoteffekt). Nach einer bestimmten Zeit verbinden sich die Oxidantien wieder zu den ursprünglichen Substanzen. Die Anlage läuft nur periodisch für wenige Stunden pro Tag. Dies genügt, um ein Anwachsen von Legionellen zu verhindern. Allerdings muss die GWG regelmäßig vorgeschriebene Legionellenuntersuchungen durchführen, da das System bisher nicht gelistet ist und das Umweltreferat der Stadt München es nicht anerkennt. Dass die Technik funktioniert, zeigte sich nach einem zeitweisen Ausfall des Moduls und damit verbundenem Legionellenwachstum. Als das Gerät wieder lief, sank der Anteil der Legionellen ohne zusätzliche Aktivitäten wieder unter den zulässigen Höchstwert.

## Ergebnisse Monitoring

Nach der energetischen Modernisierung der Gebäudehülle und dem Einbau der innovativen Heiztechnik dokumentierten Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Bau-

physik IBP die Energieverbräuche der Wohnanlage über zwei Jahre und analysierten sie (Abb. 10). Ihre Messungen zeigen, dass weniger Nutzenergie benötigt wurde als berechnet. Der Verbrauch an Endenergie ist jedoch höher als berechnet. Dies liegt daran, dass die Wärmepumpe statt der geplanten 70 % nur 34 % der Wärme erzeugte und der Gasbrennwertkessel mit der deutlich geringeren Energieeffizienz den Rest übernahm. Läuft die Wärmepumpe wie erwartet, stimmen die Messdaten gut mit dem berechneten Bedarf überein. Entsprechend liegt auch der mittlere, auf die Gebäudenutzfläche bezogene Primärenergieverbrauch für Heizung, Wassererwärmung und Hilfsenergie höher als berechnet, nämlich bei 47,4 kWh/(m²a) statt bei 41,5 kWh/(m²a). Demgegenüber stand ein gemessener vermiedener Primärenergieverbrauch durch die Einspeisung von PV-Strom von 37,6 kWh/(m²a) (Abb. 11 und 12). Dieser liegt 12 % unter den Berechnungen der PV-Ausführungsfirma, stimmt aber gut mit den laut DIN V 18599 zu erwartenden Erträgen überein. Die Wohnanlage erreicht also gute Verbrauchswerte, verfehlt aber aufgrund der technischen Probleme und zu optimistischer Berechnungen des PV-Ertrags bisher das Ziel der CO<sub>2</sub>-Neutralität.

Die Erträge der thermischen Solaranlage überstiegen mit 495 kWh/(m²a) die Berechnungen von 338 kWh/(m²a) deutlich und decken den Nutzwärmeverbrauch für Trinkwarmwasser im Sommer zu einem Großteil. Insgesamt benötigt die Heizung nach der Modernisierung weniger Energie als die Versorgung mit Trinkwarmwasser. Beim Warmwasser wird nahezu die Hälfte der Energie für die Zirkulation aufgewendet. Durch die Modernisierung wurde nicht nur der Energieverbrauch erheblich verbessert, sondern auch der Komfort für die Bewohner (Abb. 13).

### Der Autor



#### Dipl.-Ing. Architektur Achim Pilz

publiziert seit 2002 über nachhaltiges Bauen.

Er ist freier Fachjournalist, Buchautor (z.B. »BKI Objektdaten Energieeffizientes Bauen E5«), Referent, Juror und Kurator, Baubiologe IBN und, Chefredakteur von »baubiologie-magazin.de«. Er studierte an den Universitäten Wien, Aachen, Stuttgart und arbeitete in internationalen Architekturbüros.

Bau|Satz  
Architektur|Journalismus  
Mahatma Gandhi Str. 29  
70376 Stuttgart  
E-Mail: energie@bau-satz.net

### Quellen

[www.bine.info](http://www.bine.info)

[www.projektinfos.energiewendebauen.de](http://www.projektinfos.energiewendebauen.de)

Reiß, J.; Lyslow, L.; Erhorn, H.: EnEff:Stadt: CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung der Wohnanlage Lilienstraße Nord in München. FKZ 0327430L. Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP), Stuttgart (Hrsg.). Mai 2016. 156 S. IBP-Bericht WB 187/2016