

„Das nutzbare Abwärmepotential im Altbau ist überraschend hoch“¹

Intelligente Wärmeerzeugung und Abwärmenutzung in einem denkmalgeschützten Mehrfamilienhaus

Das Mehrfamilienhaus der Unternehmerfamilie Enders liegt in einem städtischen Sanierungsgebiet „Historische Altstadt“ der Stadt Marienberg. Das Gebäude wurde vor 300 Jahren erbaut und 1924 letztmalig saniert. Es bedurfte nach Erwerb einer umfassenden Modernisierung. Im Gebäude stehen 533 m² Wohnfläche zur Verfügung. Es galt das Gebäude bereits in der ersten Planungsphase mit seinen zukünftigen Nutzungsbedingungen komplex zu betrachten und eine ökologische Grundausrichtung zu geben. So wurden die Ziele durch den Bauherren vorgegeben:

- Barrierefreiheit für alle Wohnungen und Gemeinschaftsflächen für Nutzung bis ins hohe Alter
- Wohnungsgröße und Zuschnitt für eine Nutzung mit Mehrgenerationencharakter
- Kombiniertes Einsatz innovativer und ressourcenschonender Technologien zur energetischen Versorgung des Gebäudes
- die Betriebskosten für die Nutzer sollen die Vergleichswerte nach Stand der Technik unterbieten.

In diesem Vorhaben wirkte der Umstand positiv, dass der Bauherr selbst über eine Reihe von positiven Umsetzungserfahrungen im effizienten Umgang mit Energie in Industriebetrieben verfügt. Diese wurden weitestgehend eingebracht.

Das Gebäude wurde nach diesen Vorgaben geplant und in der Zeit von März bis Dezember 2015 grundlegend modernisiert.

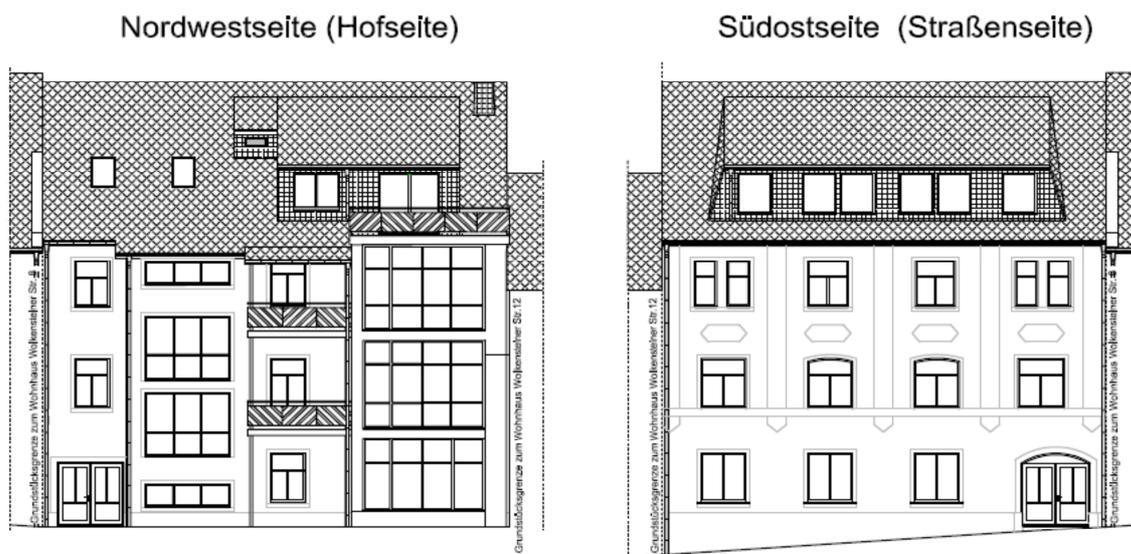


Bild 1: Ansichten aus Genehmigungsplanung

¹ Zitat des Bauplaners



Die ersten Mieter bezogen ihre Wohnung noch vor dem Weihnachtsfest. Im Mehrfamilienhaus entstanden vier Wohnungen (vormals sechs ohne Dachnutzung), jeweils mit 109 bis 151 m² Wohnfläche in jeder Etage. Der Zuschnitt sieht vor, dass entweder eine Familie mit 2 oder mehreren Kindern oder in einem abgeschlossenen Teil, eine weitere Personengruppe, z.B. die Eltern oder Großeltern, mit unmittelbar möglichen Lebensbeziehungen wohnen kann. Alle Räume sind barrierefrei zu erreichen. Jede Wohnung hat einen barrierefreien Zugang über den Fahrstuhl. Selbst die Balkons und Wintergärten der Wohnungen sind ggf. mit Rollstuhl nutzbar.

Die Ausführung der Gewerke Neubau Dach, Fenster/ Türen, Wärme-und Brandschutz, Elektrik erfolgte nach klassischen DIN Vorgaben.

Das Versorgungskonzept Heizung, Sanitär, Wohnraumlüftung beinhaltet eine Reihe von Innovationen, die in der Kombination Alleinstellungsmerkmale ausweisen. Durch die Altbausubstanz wurden eine Reihe von baulichen Kompromissen erforderlich, die an geeigneter Stelle genannt werden.

Es wurden folgende umweltfreundliche und ressourcenschonende Technologien geplant und eingebaut.

1. Gasbetriebene Brennwert-Absorptionswärmepumpe GAHP-GS/WW LT der Firma ROBUR
2. Energierückgewinnung aus Feuchte und Temperatur im Keller der Firma WätäS
3. Solarthermie, Basismodule der Firma SET Solar.
4. Niedertemperatur-Flächentemperierung über Fußboden
5. Erdwärmekollektoren der Firma GeoCollect im segmentierten Verlegeschema zur Heizung und Kühlung
6. Frischwasserstationen je Wohneinheit der Firma WätäS
7. Wärmerückgewinnung Grauwasser der Firma WätäS
8. Wärmerückgewinnung im Gegenstrom aus Lüftungsanlagen je WE der Firma WätäS
9. Zusätzliche Wärmerückgewinnung aus Raumkühlung in Wohnung 4
10. Lastverteilung zwischen zwei benachbarten Gebäuden
11. Gaskühler Abgasabsenkung der Firma WätäS
12. Steuer- und Regelungseinheit HALUKS der Firma WätäS mit Smart Home Anbindung

Für eine optimale Erreichung der positiven Effekte der Einzelkomponenten im Gesamtsystem wurde ein besonderer Aufwand zur hydraulischen Verschaltung sowie eines Konzeptes zur Vorrangsteuerung im Gesamtsystem erforderlich. Diese Aufgabe löst die Steuerungs- und Regelungseinheit **HALUKS (12.)**²

² Ziffern folgen der Nummerierung auf Blatt 2



Bild 1: Steuerung HALUKS

Das Versorgungssystem ist in zwei Bereiche – Brauchwasser und Heizungswasser – gegliedert. Jedem System stehen Puffervolumen von 1.200 bzw. 1.500 Liter zur Verfügung. Diese mussten aufgrund der Kellerhöhe in 4 x 300 Liter bzw. 3 x 500 Liter gegliedert werden.



Bild 2: System Pufferspeicher

Zusätzlich stehen 3 x 300 Liter Volumen für Niedertemperatur bis 45°C und 2 x 300 Liter für Hochtemperatur bis 90°C aus dem Betrieb der Solarthermieanlage zur Verfügung.

Im Vorrangkonzept wurde der günstige Umstand integriert, dass die Solarthermieanlage eines ebenfalls in Besitz befindlichen Mehrfamilienhauses in der Nachbarschaft eine gegensätzliche Dachausrichtung hat. Damit stehen im Jahreszeit- und Tagesverlauf unterschiedliche thermische Leistungen bei annähernd gleichen Nutzungsparametern zur Verfügung. Daraus ergeben sich im Jahresverlauf Wärmeüberschüsse, die nach Deckung des jeweiligen Eigenbedarfes der Häuser, dem Nachbarhaus in Form von Brauch- und/ oder Heizungswasser zur Verfügung gestellt werden.

In einem Fließschema sind die hydraulische Verschaltung und das Reglungskonzept dargestellt.

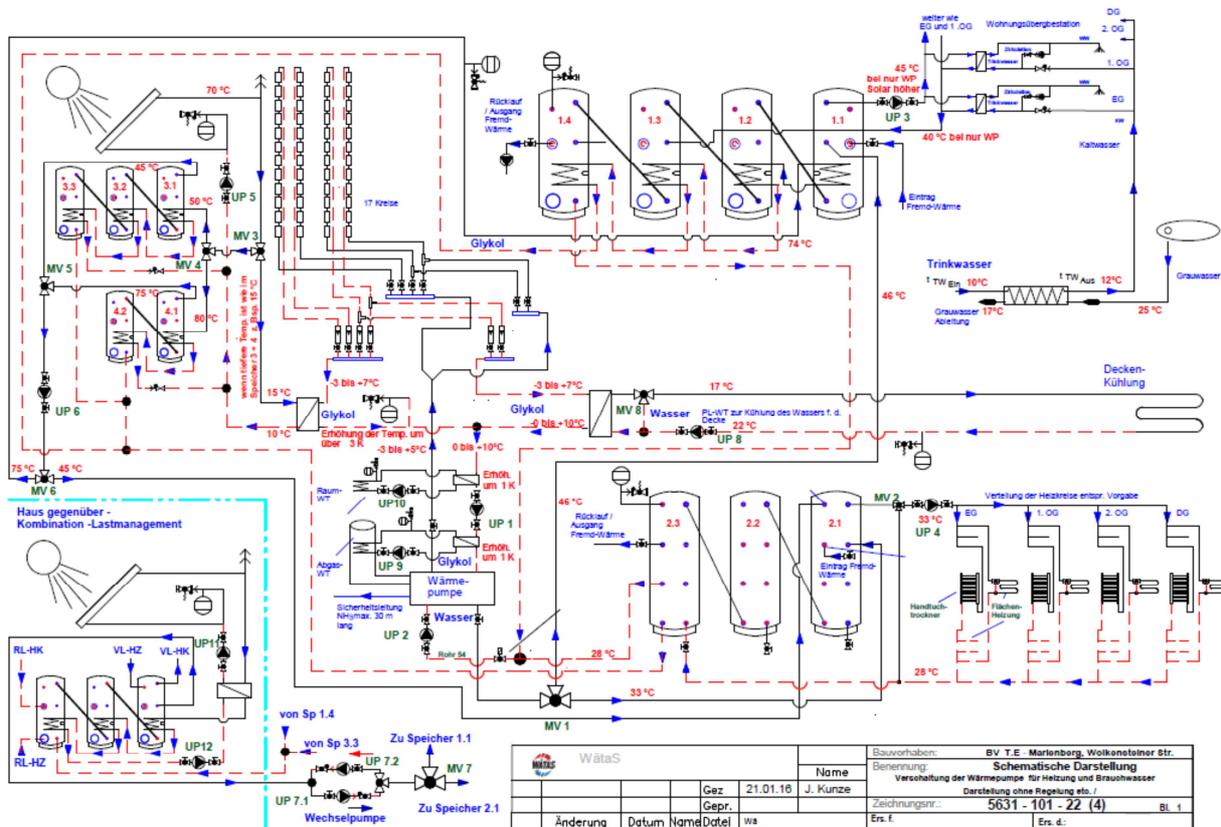


Bild 3: Fließschema mit Regelungskonzept

Im Folgenden werden die hydraulischen Verschaltungen und das Regelungskonzept beschrieben.

Im Fall ohne Solareintrag

Das System der **Erdkollektoren (5.)³** besteht aus 250 Einzelelementen, verschaltet über 17 Kreise mit einer Entzugsleistung bis zu 25 kW. Der Platzbedarf auf dem Grundstück ist mit 200 m² extrem gering. Die Erdkollektoren sind mit einem Wasser-Glykol-Gemisch (Sole) gefüllt. Diese wird über Umwälzpumpe⁴ UP 1 zur **Gaswärmepumpe (1.)** geführt.

³ Ziffern folgen der Nummerierung auf Blatt 2

⁴ Alle Umwälzpumpen entsprechen der Effizienzklasse ErP A+



Bild 4: Graben mit Erdkollektoren vor dem Verfüllen



Bild 5: gasbetriebene Wärmepumpe

Die Wärmepumpe hat eine Leistung von 40 kW/thermisch. Die Jahresheizzahl für solarunterstützte Raumheizung beträgt 1,555 und die Jahresheizzahl für solarunterstützte Warmwasserbereitung beträgt 3,313. In den Kältekreis der Wärmepumpe ist ein **Wärmeübertrager (2.)** eingebunden, welcher die **Kellerfeuchte kondensiert und die Raumwärme aufnimmt**. Hier entsteht neben der Temperaturerhöhung des Wärmepumpenrücklaufs um bis zu 1 K, der nicht zu vernachlässigende Effekt der Trocknung der über 300 Jahre alten Kellerwände aus Feldsteinen. Darüber wird eine thermische Leistung von 3 kW eingebracht.



Bild 6: Wärmeübertrager zur Entfeuchtung Keller

In den Abgasstrom der Wärmepumpe wurde ein zusätzlicher **Gaskühler (11.)** integriert. Dieser erzeugt je nach Betriebszustand der Wärmepumpe thermische Leistung von bis zu 1,5 kW.

Der Wärmepumpenvorlauf versorgt über die UP2 und ein temperaturgeführtes elektronisches Ventil MV 1 entweder die Pufferspeichergruppe Brauchwasser oder die Pufferspeichergruppe 2 für Heizwasser.

Die UP3 fördert das Brauchwasser zu Plattenwärmetauschern je **Frischwasserentnahmestelle (6.)** in den Wohnungen. Dieses liegt mit Versorgungsdruck in einem Leitungsvolumen an, welches einen Rohrinhalt von je 3 Litern bis zur Verbrauchsstelle nicht übersteigt. Damit werden die Erfordernisse der Trinkwasserverordnung erfüllt. Die Frischwasserentnahmestelle versorgt eine Dusche mit 28 Liter/ min Verbrauchsvolumen mit einer Vorlauftemperatur von 45°C.

Die UP 4 fördert das Heizwasser zu den **Niedertemperaturflächenheizungen (4.)** (VL 33/ RL 28) in den Wohnungen und beheizten Gemeinschaftsräumen.

Im Fall mit zusätzlichem Solareintrag

Die UP 5 fördert bei eine hier nutzbaren Wärme ab 45 °C das Wasser-Glykol-Gemisch (Sole) des **Solarthermiekreises (3.)** über ein wärmegeführtes elektronisches Ventil MV 4 an die Pufferspeichergruppe mit niederer Temperatur oder an die Pufferspeichergruppe mit höherer Temperatur ab. Dieses Regelverhalten ist bedeutsam, da nicht zu jeder Tages- oder Jahreszeit ein Maximalertrag möglich wird und geringere Temperaturen Verwendung finden sollen. Dieses Speichervolumen dient als Vorreservoir zur Beladung der Brauchwasser- oder Heizwasserpuffer, die einen entsprechenden Bedarf über ein wärmegeführtes elektronisches Ventil MV 6 anfordern. Ist die Temperatur vom Solarertrag kleiner als 45°C °C leitet das Ventil MV 3 die Wärme über einen Plattenwärmetauscher zur Soletemperaturanhebung. Die Solarthermieanlage mit einer Fläche von 45,1 m² ist für eine thermische Leistung von 31,5 kW installiert.

Weitere Wärmerückgewinnung

Im Gebäude fallen täglich ca. 800 Liter Grauwasser mit einer Mischtemperatur von 25 -35°C an. Diese Wassermenge entsteht durch die Duschen und Waschbecken sowie zu Teilen durch elektrische Wärmeerzeuger in Waschautomaten, Geschirrspülern, Wäschetrocknern. Diese bis zu 90°C erhitzt Wassermenge wird bisher in einer thermischen Energiebilanz in der Regel nicht erfasst. Diese Abfallwärme wird über einen speziellen **Glattrohrwärmeübertrager (7.)** zur Anhebung der Frischwassertemperatur zur Versorgung der Frischwasserstationen in den Wohnungen verwendet. Die erzeugte thermische Leistung bis zu 17 kW entlastet die thermischen Primärerzeuger.

Jede Wohnung verfügt über eine dezentrale **Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (8.)** im Luft/Luft Gegenstromprinzip. Die Rückgewinnungsrate beträgt 80%. Damit werden die primären Wärmeerzeuger mit bis zu 32 kW entlastet.



Bild 7: Lüftungsgerät mit WRG im Deckeneinbau (hier ohne Verkleidung)

Im Dachgeschoss ist in Südlage eine große Fensterfront verbaut. Das führt trotz 3-fach Verglasung zu einem hohen Temperatureintrag. Zur Erreichung einer behaglichen Raumtemperatur wurde eine separate zusätzliche **Wärmerückgewinnung (9.)** eingebaut. Diese besteht aus einem im Fehlboden der Decke angebrachten Lamellenwärmeübertrager mit Lüfter 12 V. Er wird bei Bedarf über 24 °C Raumtemperatur mit Sole aus dem Erdkollektorenkreis beaufschlagt. Die Abwärme fließt mit einer thermischen Leistung vis zu 1,5 kW über den Rücklauf zurück und hebt die Temperatur in diesem Segment bis 1 K an.

Im Fall **Lastverteilung zwischen zwei Gebäuden (10.)**

Die gesamte Heizungsanlage ist so konzipiert, dass die Heizleistung nicht nur in dem Haus günstig verteilt wird, sondern die Anlage auch mit einem weiteren Wohnhaus in 60 Meter Entfernung über eine Fernwärmeleitung verbunden ist. Beide Häuser haben eine separate Solar- und Heizungsanlage mit entsprechenden Pufferspeichern.

Allerdings haben die Solarkollektoren baulich konstruktiv verschiedene Ausrichtungen. Daher ist auch der Solareintrag nach Tages- und Jahreszeiten zeitlich unterschiedlich. Um diese Sonnenenergie optimal auszugleichen und auch die Betriebsstunden der Gaswärmepumpe zu optimieren, das heißt zu senken, wurde diese Kombination umgesetzt. In jeweils der Fälle - Speicher der Gruppe 1, 2, 3, und 4 sind beladen – erfolgte die Weiterleitung an das Puffersystem des Nachbargebäudes. Umgekehrt erfolgt die Beladung, wenn in den Speichergruppen 1 und 2 Bedarf besteht.

Über die UP 7 (UP-Gruppe 7.1 und 7.2) und dem MV 7 fließt dann das erwärmte Wasser in die entsprechende Richtung zur optimalen Speicherung und Nutzung.



Bild 8: Gebäude mit korrespondierender Solarthermieanlage



Bild 9: Wärmerückgewinnung Dachgeschoss

Fazit

Das beschriebene energetische Konzept zur Erzeugung von Heizungs- und Brauchwasser erzielt wesentliche, teilweise über die gesetzlichen Forderungen hinausgehende Effekte.

Gaswärmepumpe in Kombination mit Erdkollektoren:

Entsprechend Veröffentlichung Ifeu-Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg:

„Vorteile gegenüber der Elektro-WP

- Je nach Ausführung geringerer Primärenergieeinsatz als bei Elektro-WP
- Unabhängig von der Betrachtungsweise der Stromproduktion niedrigere CO₂-Emissionen; bei Betrachtung Kraftwerksmix und Grenzstromerzeugungs-Ansatz mit Minus 31 bis minus 41% (Steinkohlemix 2000) bzw. minus 17 bis minus 32% (Steinkohlemix 2020) erheblich geringere Emissionen
- Bei Wärmequelle Erdreich: Aufgrund der Nutzung von Verbrennungsabwärme ca. bis zu 40% Wärmetauscher-Flächen (Sonde/ Kollektoren) erforderlich“⁵

Die Gaswärmepumpe mit ErP Label A++ arbeitet mit einer berechneten Systemheizzahl von 1,555 für solarunterstützte Raumheizung 3,313 für solarunterstützte Warmwasserbereitung. Es wird eine CO₂-Vermeidung von 5.100 kg/ Jahr erreicht.⁶

Solarthermie:

⁵ Vergleiche: http://www.ifeu.de/energie/pdf/Arbeitspapier2_%20MINI-Technologiefolgenabschaetzung%20Gas-Waermepumpe.pdf

⁶ Herstellerangaben



Die Solarthermieanlage führt zu einer Primärenergievermeidung von 4.980 kWh/ Jahr. Das entspricht gleichzeitig einem Äquivalent von 3.316 kg/ Jahr CO₂-Vermeidung.⁷

Wärmerückgewinnung:

Durch Einsatz innovativer Wärmerückgewinnungssysteme wird eine thermische Leistung von bis zu 55 kW dem Gesamtsystem aus bisher nicht genutzter Abfallwärme zugeführt. Dieser Wert bildet die Summe aus Einzellösungen der Ziffern 2, 7, 8, 9, 11.⁸ Damit wird insbesondere die Wärmepumpe durch Verringerung Betriebsstunden und der Schaltzeiten entlastet.

Das entspricht einer Primärenergievermeidung je nach Tages- und Jahreszeit von bis zu 239.000 kWh/ Jahr mit einem CO₂-Äquivalent von 55.476 kg/ Jahr.⁹

Alle Einzelmaßnahmen und besonders in ihrer Kombination, führen zur Minderung des Primärenergieverbrauchs und damit zur Senkung der Betriebskosten für die Nutzer der Wohnungen. Gesamtgesellschaftlich ist die damit verbundene CO₂ Vermeidung von hoher Bedeutung.

Anlage

Schematische Darstellung Verschaltung der Wärmepumpe für Heizung und Brauchwasser
5631-101-21

Bildnachweis

Alle verwendeten Bilder wurden durch den Bauherren bereitgestellt

⁷ Angaben des Herstellers und Installateurs

⁸ Ziffern folgen der Bezeichnungen auf Blatt 2

⁹ Berechnung nach: 55 kW x 8700h x 50% = 239250 kWh. Entspricht 23.115 m³ Erdgas. Bezogen auf nicht verwendetes Erdgas der Wärmepumpe. Berechnungsgrundlage 1 m³ Gas entspricht 10,35 kWh. Verwendung CO₂ Rechner unter <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.htm>