

# Energetische Sanierung einer Doppelhaushälfte aus den 60er-Jahren: ein erfolgreiches Abenteuer – Teil 2



Abb. 1a+b Die Doppelhaushälfte vor und nach der Sanierung

Die 1966 erbaute Doppelhaushälfte (DHH) befindet sich an einem nach Süden einfallenden Hang im Südwesten der Weltkulturerbestadt Bamberg (Oberfranken/Nordbayern). In der Nachbarschaft befinden sich zahlreiche Häuser aus den städtischen Erweiterungen der 50er- bis 70er-Jahre. Die Lage nur etwa 400 bis 500 m südöstlich der mittelalterlichen Altenburg und die umliegenden Wiesen- und Waldflächen begründen eine attraktive Wohnlage in geringer Entfernung zur Altstadt.

**Teil 1 dieses Beitrags** ist in der bbr-Märzausgabe (03-2026) erschienen und behandelte die umfassende Sanierung und Erweiterung der 1966 errichteten Doppelhaushälfte in Bamberg. Dargestellt wurden Kaufentscheidung, Vor- und Genehmigungsplanung einschließlich wasserrechtlicher Zulassung für eine Erdwärmesondenanlage sowie die Einbindung von Fachplanern und Förderstellen. Neben Baugrund- und Schadstoffuntersuchungen, statischer Prüfung und vollständiger Entkernung wurden die energetische Modernisierung mit Wärmepumpe, Photovoltaik und neuer Gebäudehülle sowie der unterkellerte Anbau beschrieben.

### Heizbedarf und Systemauswahl

Aufgrund der überschlägigen Bedarfsberechnungen ( $50 \text{ W/m}^2$ ) für das künftig rd.  $200 \text{ m}^2$  Nutzfläche große Gebäude wurde eine innen aufgestellte, modulierende Wärmepumpe alpha-innotec WZSV 122 K3M mit einer Heizleistung von 2,5–13,6 kW (Leistungszahl 4,87,  $\text{Bo/W}35$ ) mit 180 l-Warmwasserspeicher vorgesehen. Die Wärmepumpe unterstützt auch das passive Kühlen. Das Heizen und Kühlen erfolgt über ein im Estrich verlegtes, patentiertes Ovalrohrsystem Euroval der Fa. Harreither (Abb. 2). Aufgrund des etwas mächtigeren Aufbaus des Fussbodens (12 cm statt 7 cm im Altbestand) mussten viele Details (Steckdosen, Küchenplatte, Sanitärarmöbel, Metallbau Treppe usw.) an das neue Höhenniveau angepasst werden. Hierfür wurde im gesamten Bauwerk mittels Farbspray ein sogenannter Meterriss markiert, an dem sich alle Fachhandwerker orientierten.



**Abb. 2** Die Fußbodenheizung besteht aus einem patentierten Ovalrohrsystem, welches mittels Clips einfach installiert wird.

### Erdwärmesonden

Der erdseitige Solekreislauf besteht aus zwei im Vorgarten platzierten, rd. 129 m tiefen Erdwärmesondenbohrungen Typ Doppel-U  $4 \times 32 \text{ mm}$  aus PE-RC 100 (Abb. 3 + 4). Die Ansatzpunkte der Bohrungen wurden gemäß einem in Bayern baurechtlich erforderlichen Mindestabstand von 3 m zu den >



**Abb. 3+4** Das Bohrergerät im Vorgarten aus dem Bad heraus fotografiert; die beengten Platzverhältnisse erforderten die Sperrung des öffentlichen Gehweges sowie eine verkehrsrechtliche Genehmigung mit angeordneter Beschilderung (oben). Nach Erreichen der Endteufe wurde an das mit Wasser gefüllte Erdwärmesondenbündel ein Gewicht gehängt und der Einbau von der Haspel konnte beginnen (unten).





**Abb. 5** Die Horizontalanbindung erfolgte ohne Zwischenschicht direkt ins Gebäude, die Zuleitungen wurden gedämmt.

Grundstücksgrenzen (Weg, Straße, Nachbar) festgelegt. Der erforderliche Mindestabstand zwischen den Sonden gem. VDI 4640 beträgt 6 m, um gegenseitige thermische Beeinflussungen zu minimieren. Beim beschriebenen Vorhaben konnte ein Abstand von 9 m umgesetzt werden, was den Empfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, [www.lawa.de](http://www.lawa.de)) zu einem aus Effizienzgründen sinnvollen Abstand von 10 m nahekommt.

Die Ringraumverpressung im Bohrloch  $\varnothing$  168 mm erfolgte mit Füllbinder GTM der Fa. Schwenk (Wärmeleitfähig-

keit  $\geq 2$  W/(mK),  $k_f < 5E-10$  m/s) über eine bis zur Endteufe mitgeführte PE-Verpressleitung im Kontraktorverfahren. Es wurde ein thermisch verbessertes Material verwendet, um eine gute thermische Anbindung an den Untergrund (Mittlere Wärmeleitfähigkeit Ton-/Sandstein  $\sim 2,2-2,8$  W/(mK)) zu gewährleisten. Die thermische Verbesserung wird nach Herstellerangaben durch Zugabe eines ausgewählten Gesteinsmehls und Graphit erreicht. Der Aufschluss erfolgte nach Zugabe von Wasser in Trinkwasserqualität mittels Kolloidalmischer.

Gegenüber normaler Zementsuspension (Wärmeleitfähigkeit  $\sim 0,8$  W/(mK)) verringert sich der spezifische thermische Widerstand des vorliegenden EWS-Systems rechnerisch von 0,170 K/W auf 0,104 K/W, sodass der Temperaturabfall zwischen Sole und Bohrlochwand von 6,25 K auf 3,64 K sinkt, was eine höhere Effizienz bedeutet. Ein kleinerer Bohrdurchmesser von  $\varnothing$  150 mm würde den thermischen Widerstand nochmals auf 0,095 K/W verbessern und den Temperaturabfall auf 3,32 K reduzieren. Die Verwendung von thermisch verbessertem Verpressmaterial ist zwar etwas teurer, jedoch grundsätzlich zu empfehlen, da die Effizienz der Anlage gesteigert wird.

Die jeweiligen Vor- und Rücklaufleitungen werden über ein  $2 \times 32/40$  mm-Hosenstück zusammengeführt und über zwei mit Dämmschutz versehene 40 mm-Rohre und eine Mehrsparten-Hauseinführung abgedichtet ins unterkellerte Gebäude geführt (Abb. 5). Auf einen Verteilerschacht im Vorgarten wurde zugunsten eines im Heizungskeller installierten zweikreisigen Soleverteilers Typ 3060 der Fa. Frank verzichtet. Von hier aus wird die unmittelbar daneben platzierte Wärmepumpe angesteuert. Die nach Beginn des Betriebes festgestellte Schwitzwasserbildung auf dem Verteilerbalken und den Verbindungsleitungen im Kellerraum (Temperatur hier rd. 25 °C) wurde durch eine geeignete Schaumstoffisolierung behoben.

### Geologische Verhältnisse

Die hydrogeologischen Verhältnisse sind relativ einfach. Am Standort stehen zunächst Auffüllungen und Hangschuttmassen und bis Teufen von rd. 8 m Restmächtigkeiten des Feuerlettings im Mittleren Keuper (Trossingen-Formation) an. Auf den Tonsteinen des Feuerlettings existierte eine geringe Sickerwasserführung.

Liegend folgen die Sand- und Tonsteinfolgen des Burgsandsteins im Mitt-



**Abb. 6** Während der Bohrarbeiten wurde regelmäßig die Spülung kontrolliert und es erfolgten Probenentnahmen des Bohrguts durch ein Sieb aus dem Spülungsstrom.

## » Aufgrund der Setzungsvorschäden des Gebäudes wurde ein schonendes Bohrverfahren gewählt. Zur Anwendung kamen Rotary-Spülbohrungen mit geschlossenem Spülkreislauf. «

leren Keuper (Löwenstein-Formation) bis zur genehmigten Endteufe von rd. 129 m. Der Burgsandstein wird in den Unteren, Mittleren und Oberen Burgsandstein lithostratigrafisch gegliedert und stellt einen zusammenhängenden Klufftgrundwasserleiter dar. Ein Wasserspiegel stellte sich während der Bohrarbeiten (Abb. 6) in etwa 12–14 m Teufe ein. Die aus wasserwirtschaftlichen Gründen zu schützenden Schichten des Coburger Sandsteins und Blasensandsteins wurden nicht erreicht und sind durch ausreichend mächtige Tonschichten hydraulisch vom Burgsandstein getrennt.

### Bohrverfahren

Aufgrund der Setzungsvorschäden des Gebäudes wurde ein schonendes Bohrverfahren gewählt. Zur Anwendung kamen Rotary-Spülbohrungen mit geschlossenem Spülkreislauf. Im Vergleich mit einer schnellen Imloch-Hammer-Bohrung dauert dieses weitgehend erschütterungsfreie Verfahren deutlich länger. Während der mehrwöchigen Bauzeit entstand für die Nachbarschaft ein nicht zu vernachlässigender Lärmpegel. Die Bauzeit verlängerte sich u. a. auch deshalb, da die Pumpe am Bohrergerät für den Spülkreislauf ausfiel und nach Beschaffung einer fabrikneuen externen Spülpumpe diese erst nach einigen Werkskundendiensten vor Ort in Gang gesetzt werden konnte.

### Entzugsleistung und Soletemperaturen

Die ersten orientierenden Berechnungen gem. VDI 4640 ergaben bei einer spezifischen Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes von 2,39 W/(mK) für die beiden effektiv rd. 129 m tiefen Erdwärmesonden eine mögliche Entzugsleistung von rd. 10,5 kW. Die Wärmeleitfähigkeit wurde aus dem vorliegenden Bohrprofil mit den in der VDI 4640 hinterlegten thermophysikalischen Gesteinsparametern abgeleitet.

Die Wärmepumpe wurde Ende März 2024 erstmalig in Betrieb genommen. Erste Messungen beim Heizbetrieb der Wärmepumpe zeigten hohe Eingangstemperaturen der Sole von 12,5 °C und Rücklauftemperaturen von 8,5 °C. Im Laufe des Betriebes erniedrigten sich die Werte erwartungsgemäß leicht. So wurden im milden Winterhalbjahr 2024/25 regelmäßige Ein- und Ausgangstemperaturen der Sole von 9,5–5,5 °C festgestellt. Durch direkte Kühlung im Sommer erholten sich die Temperaturen wieder. Zu Beginn des Winters 2025/26 am 02.11.2025 lagen die Ein- und Ausgangstemperaturen bei 10,4 °C bzw. 6,2 °C (Spreizung 4,2 K). Am 31.12.2025 lagen die Ein- und Ausgangstemperaturen bei 8,5 °C bzw. 4,7 °C (Spreizung 3,8 K, Durchschnittsaußentemperatur 1,4 °C). Die bisher niedrigsten Ein- und Ausgangstemperaturen der Sole wurden im besonders kalten Januar am 12.01.2026 mit 8,5 °C bzw. 3,8 °C nach rd. 12 h Wärmepumpenbetrieb erreicht (Spreizung 4,7 K, Durchschnittsaußentemperatur -6,1 °C).

Nach Angaben des Herstellers alpha-innotec wird der Einsatz eines Frostschutzes in der Sole ab Rücklauftemperaturen

der Sole von  $\leq 3,5$  °C empfohlen, um eine Frostbildung im Verdampfer zu verhindern. Nach den aktuellen Daten könnte die Erdwärmesondenanlage ohne Glykolzusatz (WGK 1 – schwach wassergefährdend) betrieben werden. Sie unterliegt dann nicht mehr der AwSV (Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen). Die wasserrechtliche Genehmigung und künftige Überwachung einer solchen Anlage wäre vereinfacht. Da reines Wasser zudem eine bessere Wärmeübertragung ermöglicht als eine Wasser-Glykol-Mischung, ist für einen künftigen Betrieb zu überlegen, die derzeit auf max. -3 °C begrenzte Wärmepumpe auf +3,5 °C zu begrenzen und dann nur mit reinem Wasser als Sole zu betreiben.

### Energiebilanz

Am 01.01.2026 wurden sämtlichen Betriebsdaten der Wärmepumpe (Abb. 7) seit Installation der Anlage im März 2024 aus-  
gelesen und ausgewertet (vgl. Tab. 1). >



**ADLER**  
ARBEITSMASCHINEN

**Kompakt,  
stark,  
effizient!**

**NEU:**  
ADLER B 200 –  
mit Doppelkopf-  
Bohrantrieb

WIR  
ENTWICKELN &  
PRODUZIEREN IN  
DEUTSCHLAND

Kraftvolle Bohrergeräte für Brunnenbohrungen,  
geothermische Bohrungen, geologische  
Erkundungen und Sondierbohrungen.





Abb. 7 Die Hauseinführung der Erdwärmesonden erfolgte direkt zur Wärmepumpe im Heizungskeller.

Wärmepumpenbetrieb März 2024–Dez. 2025	Betriebszeiten [h]	Wärmemenge [kWh]	Eingesetzte Energie [kWh]	Leistungszahl (COP)
Heizung	4.549,00	19.007,00	3.049,00	6,23
Warmwasser	1.562,00	9.444,00	2.899,00	3,25
gesamt	6.115,00	28.451,00	5.948,00	4,78
Passive Kühlung (direkt)	3.038,00	-	~ 60,0 (20 W/h)	-

Tab. 1 Ausgelesene Betriebsdaten der Wärmepumpe März 2024 bis 31.12.2025 (22 Monate)

Monat	Ø-Temp. außen [°C]	Wärmemenge Heizung [kWh]	Wärmemenge Warmwasser [kWh]	Wärmemenge gesamt [kWh]	Eingesetzte Energie [kWh]
April 2024	11,00	870,60	328,20	1.198,80	218,70
Mai 2024	16,00	131,70	281,50	413,20	99,90
Juni 2024	18,00	55,60	346,00	401,60	106,30
Juli 2024	21,00	0,50	321,80	322,30	89,10
Aug.2024	22,00	0,00	277,10	277,10	78,90
Sept. 2024	16,00	102,70	292,90	315,60	99,10
Okt. 2024	11,00	935,30	213,00	1.148,30	204,30
Nov. 2024	5,00	1.888,00	353,80	2.241,80	417,30
Dez. 2024	2,00	2.288,00	377,10	2.665,10	510,30
Jan. 2025	1,00	1.979,40	518,10	2.497,50	495,50
Feb. 2025	1,00	1.803,40	565,10	2.368,50	488,10
März 2025	6,00	1.267,90	444,90	1.712,80	352,30
April 2025	11,00	492,40	578,50	1.070,90	262,70
Mai 2025	14,00	211,10	594,90	806,00	224,20
Juni 2025	21,00	6,20	539,70	545,90	178,50
Juli 2025	20,00	1,20	497,00	498,20	161,30
Aug. 2025	20,00	0,40	503,00	503,40	165,50
Sept. 2025	15,00	191,40	516,90	708,30	195,20
Okt. 2025	9,00	920,20	576,50	1.496,70	332,10
Nov. 2025	4,00	1.689,50	552,20	2.241,70	464,90
Dez. 2025	2,00	2.057,20	592,90	2.650,10	545,70
<b>Summen:</b>	<b>11,71</b>	<b>16.892,70</b>	<b>9.271,10</b>	<b>26.083,80</b>	<b>5.689,90</b>

Tab. 2 Monatliche Wärmemengen und eingesetzte Energie April 2024 bis Dez. 2025

Die durchschnittliche Laufzeit des Verdichters liegt bei rd. 1,0 h und die produzierte Wärmemenge entspricht 4,65 kWh/h. Die Leistungszahl errechnet sich für diesen 21-monatigen Zeitraum mit etwas mehr als einer Heizperiode inklusive Warmwasserbereitung mit 4,78 [-].

Das monatliche Wärmemengenprofil wurde für den Zeitraum April 2024 bis Dezember 2025 ausgelesen und den durchschnittlichen Tagesaußentemperaturen sowie der eingesetzten Energie gegenübergestellt (vgl. Tab. 2).

Die ersten Monate bis etwa August 2024 können als „Einlernphase“ in einem teilbewohnten Haus betrachtet werden. Ab August 2025 entsprechen die Zahlen dem Nutzungsverhalten eines 2–3-Personenhaushaltes.

Bei der Wärmemenge Warmwasser fällt auf, dass diese ab Januar 2025 deutlich zugenommen hat. Dies hängt damit zusammen, dass zwischenzeitlich ein Energiemanagement-System verbaut wurde, welches bei erhöhter Sonneneinstrahlung auf die PV-Anlage das Warmwasser von 55 °C auf 60 °C erhöht.

Aus den Daten lässt sich für den Zeitraum Januar bis Dezember 2025 die nachfolgende Bilanz zusammenfassen, aus der sich eine saisonale Leistungszahl (SCOP) von 4,42 [-] für Heizung und Warmwasser ergibt (vgl. Tab. 3). Die Zahl bedeutet, dass im Durchschnitt mit einer kWh Strom 4,42 kWh Wärmeenergie erzeugt werden.

Das Heizlastprofil für den Zeitraum Januar bis Dezember 2025 entspricht im Wesentlichen dem typischen Bedarfsprofil von Einfamilienhäusern (vgl. Tab. 4).

### Energiebilanz im Vergleich zum Zustand vor der Sanierung

Der vom Energieberater ermittelte Endenergiebedarf vor Sanierung lag bei 301,9 kWh/m²a. Der Gesamtbedarf für die Wohnfläche (126 m²) kann mit rd. 38.000 kWh/a angesetzt werden. Das entspricht einem Bedarf von rd. 3.800 l Heizöl und verursacht theoretische Kosten in Höhe von rd. 3.572 € (gemittelter Ölpreis 2025: 0,94 €/L).

Der Endenergiebedarf nach Sanierung wurde mit 40,5 kWh/(m²a) ermittelt und beträgt nur noch 13,4 % des Bedarfes vor Sanierung (Einsparung von 86,6 %). Da die Wohn- und Nutzfläche durch den Um- und Anbau um 56 % auf 197 m² vergrößert wurde, liegt der tat-

sächliche Verbrauchswert 2025 mit 10.620,30 kWh/a etwas höher als der rechnerisch ermittelbare Wert.

Der eingesetzte Strombedarf für Heizung und Warmwasser im Zeitraum Januar bis Dezember 2025 lag bei 3.866 kWh. Die theoretischen Kosten bei einem Einkaufspreis von 0,33 €/kWh

(Stadtwerke Bamberg) liegen bei rd. 1.276 €/a. Die Einsparung trotz 56 % größerer Nutzfläche gegenüber dem Altbauzustand beträgt 2.296 €/a oder rd. 64 % der früheren Kosten vor der Sanierung. Unter Berücksichtigung des Einsatzes der PV-Anlage reduzieren sich diese Kosten nochmals deutlich.

Jahr	Ø-Temp. außen [°C]	Wärmemenge Heizung [kWh]	Wärmemenge Warmwasser [kWh]	Wärmemenge gesamt [kWh]	Eingesetzte Energie [kWh]
2025	6,58	10620,30	6479,70	17098,80	3866,00

Tab. 3 Wärmemengen und eingesetzte Energie im Jahr 2025

Monat	Wärmemenge Heizung [kWh]	Anteil %
Jan. 2025	1979,40	19
Feb. 2025	1803,40	17
März 2025	1267,90	12
April 2025	492,40	5
Mai 2025	211,10	2
Juni 2025	6,20	0
Juli 2025	1,20	0
Aug. 2025	0,40	0
Sept. 2025	191,40	2
Okt. 2025	920,20	9
Nov. 2025	1689,50	16
Dez. 2025	2057,20	19
<b>Summen</b>	<b>10620,30</b>	<b>100</b>

Tab. 4 Monatliches Heizlastprofil 2025 der sanierten Doppelhaushälfte

## PV-Anlage

Die Photovoltaik-Anlage wurde von der Fa. Sunna Energie & Elektro GmbH geplant und errichtet. Sie wird seit 29.04.2024 betrieben.

Durch die Split Level-Bauweise des Gebäudes existiert ein größeres Süddach und ein kleineres Norddach, Letzteres wurde nicht zur Platzierung der Module verwendet. Auf dem mit 18° einfallenden Süddach konnten neben dem Dachfenster und der Kamindurchführung für den Holzofen insgesamt 29 Module mit 410 W/Modul, d. h. 11,89 kWp installiert werden. Zur Befestigung wurden Blechziegel (Lieferzeit: ca. 3 Monate) sowie ein Aluminium-Montagegerüst verwendet. Im Keller wurden der Wechselrichter, ein Batteriespeicher mit einer effektiv nutzbaren Kapazität von 10 kWh sowie ein Energiemanagement Assistent installiert. Dieser kann gezielt Verbraucher bei Überschuss ansteuern, sodass aktuell die Wärmepumpe bei Stromüberschuss die Warmwassertemperatur im Speicher erhöht.

In einem späteren Stadium war geplant, hierüber auch eine elektrotechnisch bereits vorbereitete Wallbox anzusteuern. Diese wurde im Februar 2026 installiert und ermöglicht künftig das sog. Überschussladen eines Elektrofahrzeugs. Die für den Zeitraum Januar bis Dezember 2025 ausgelesenen statistischen Daten sind in Tab. 5 zusammengefasst.

Aus den Verbrauchsdaten von rd. 8,41 MWh und dem eigenverbrauchten >

STÜDERSOND



WIR SIND STOLZ,  
WELTWEIT ERSTER STUBORE®-PARTNER ZU SEIN.

Aus jahrelanger Bohrerfahrung gewachsen.

### STUBORE®

Verrohrtes Kernbohrverfahren mit kontinuierlicher Kerngewinnung.  
Mit Doppelkernrohr in allen Formationen.  
Nahezu ungestörte Proben.

### BOHRGERÄT TL18GEO

Sichere Positionierung in Hanglagen mit adaptiver Kinematik.  
Bohren bei beschränkter Höhe dank teleskopierbarer Lafette.  
Verrohren, Bohren, Kernentnahme – in einem Arbeitsgang.

STUBORE® SMARTER BOHREN.  
SICHERER ENTSCHEIDEN.

Monat	Energieertrag [kWh]			Energieverbrauch [kWh]		
	Eigenverbrauch	Netzeinspeisung	Summe	Von PV-Anlage	Vom Netz	Summe
Jan. 2025	235,89	60,53	296,42	231,34	458,13	689,47
Feb. 2025	337,46	140,52	477,98	335,93	379,65	715,58
März 2025	552,02	557,53	1.110,00	552,48	158,95	711,43
April 2025	655,49	881,39	1.536,88	660,20	71,47	731,61
Mai 2025	714,90	994,75	1.709,70	718,60	29,00	747,60
Juni 2025	735,45	1.000,00	1.735,45	738,12	30,62	768,74
Juli 2025	627,95	781,62	1.409,60	642,52	13,64	656,16
Aug. 2025	670,56	904,33	1.574,89	690,33	31,17	721,50
Sept. 2025	474,60	438,17	912,77	484,64	124,74	609,38
Okt. 2025	364,12	176,85	540,97	364,54	279,34	643,88
Nov. 2025	229,44	58,72	288,16	228,04	444,06	673
Dez. 2025	191,09	32,99	224,08	190,37	546,95	737,32
<b>Summen</b>	<b>5.788,97</b>	<b>6.027,40</b>	<b>11.816,90</b>	<b>5837,11</b>	<b>2.567,72</b>	<b>8.405,67</b>

Tab. 5 Energieverbrauch sanierte Doppelhaushälfte und Energieertrag PV-Anlage inkl. Allgem. Strom

Energieertrag von rd. 5,79 MWh lässt sich eine Autarkie von rd. 69 % ablesen. Die insgesamt erzeugte Leistung von 11,82 MWh wurde zu rd. 49 % selbst verbraucht. Der Rest wurde ins Netz eingespeist und mit den rd. 6,03 MWh Einspeisung konnten 2025 etwa 489 € erwirtschaftet werden (Einspeisevergütung ≤ 10 kW: 0,0811 €/kWh, > 10 kW: 0,073 €/kWh).

Der Strombedarf für Heizung und Warmwasser 2025 lag bei 3.866 kWh. Mit der über das Jahr gemittelten Autarkie von 69 % ergibt sich rechnerisch ein Fremdbezug von 1.198 kWh. Das entspricht bei einem Einkaufspreis von rd. 0,33 €/kWh Kosten von rd. 395 €/a oder rd. 33 € monatlich.

### CO<sub>2</sub>-Einsparungen

Ein Liter Heizöl setzt etwa 2,5 kg CO<sub>2</sub> frei, was bei dem angesetzten Verbrauch von 3.800 l im Altbauzustand einer Menge von 9,5 t CO<sub>2</sub> pro Jahr entspricht. Das rechnerische Einsparpotenzial durch die Sanierung beträgt 8,23 t CO<sub>2</sub> pro Jahr (86,6 %).

Der fremdbezogene Strombedarf der Wärmepumpe entspricht bei einem durchschnittlichen Strommix (2025: 363 g/kWh) einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von rd. 435 kg/Jahr. Dieser Wert ist von den o. g. CO<sub>2</sub>-Einsparungen abzuziehen, sodass sich eine bereinigte CO<sub>2</sub>-Einsparung von 7,8 t/a ergibt. Für den Betrachtungsraum von 30 Jahren summiert sich die CO<sub>2</sub>-Einsparung auf rd. 234 t.

### Kosten

Die Wärmepumpenanlage (Nutzungsdauer: 20-25 Jahre) einschl. Flächenheizung (Nutzungsdauer: 30-40 Jahre) kostete 56.400 €. Die Erdwärmesonden (Nutzungsdauer: ≥ 50-100 Jahre) wurden mit 32.255 € schlussgerechnet. Die Energieberatung kostete 2.402 €. Die Gesamtkosten von 91.057 € wurden mit 26.500 € durch die BAFA gefördert. Die verbleibenden Kosten von 64.557 € ent-

sprechen bei einem angesetzten 30-jährigen Nutzungszeitraum rd. 2.152 €/a (vgl. Tab. 6).

Die Kosten für die Gebäudehülle setzen sich zusammen aus den dreifach verglasten Holz-Alu-Fenstern (rd. 45.460 €) und der eigentlichen Dämmung (22.758 €). Die Fenster (Nutzungsdauer: 30 Jahre) kosteten rd. 45.460 € und die Dämmung (Nutzungsdauer: 40-50 Jahre) 22.758 €. Die Planungskosten einschl. Energieberatung lagen bei 7.081 €. Die Gesamtkosten von 75.299 € wurden mit 11.500 € durch die BAFA gefördert. Die Kosten von 63.799 € entsprechen bei einem 40-jährigen Nutzungszeitraum rd. 1.595 €/a.

Die effektiven Gesamtkosten in Höhe von 128.356 € entsprechen mit den o. g. Nutzungszeiträumen jährlichen Kosten in Höhe von rd. 3.747 €/a. Dem gegenüber stehen jährliche Einsparungen von rd. 2.954 € trotz 56 % größerer Nutzfläche.

Die unter Berücksichtigung der Investitionen ermittelten Mehrkosten von rd. 793 €/Jahr gegenüber dem Altbauzustand stellen einen aktuellen, jedoch variablen rechnerischen Wert dar, der abhängig ist von der Entwicklung der künftigen Energiepreise (Öl, Strom) sowie den Zinsen am Markt. Die Investitionen waren dennoch sinnvoll, da durch den Heizungstausch ein verbessertes Raumklima im Winter (Fußbodenheizung) und die Möglichkeit der

Art	Beschreibung	Kosten €/a
<b>Altbestand<sup>1</sup></b>		
Ölheizung	sanierungsbedürftig	4.230,00
<b>Investitionen<sup>2</sup></b>		
WP-Anlage	30 Jahre Nutzungsdauer	2.152,00
Gebäudehülle	30+ Jahre Nutzungsdauer	1.595,00
PV-Anlage	20 Jahre Nutzungsdauer	1.150,00
	Summe	4.897,00
	Kostendifferenz Investitionen zum Verbrauch Altbestand	667,00
<b>Strombilanz 2025<sup>1</sup></b>		
Fremdbezug	1.198 kWh/a x 0,33 €	396,00
Einspeisung	6.027 kWh/a x 0,0811 €	489,00
	Überschuss (Ertrag)	93,00
	<b>Gesamt(mehr)kosten pro Jahr</b>	<b>574,00</b>

Tab. 6 Kostenbetrachtungen energetische Sanierung der Doppelhaushälfte mit Austausch der Ölheizung gegen eine erdgekoppelte Wärmepumpe (<sup>1</sup> Verbrauchskosten, <sup>2</sup> auf die Nutzungsdauer umgelegte Investitionskosten)

Art	Kosten € pro kWh	Verbrauchskosten €/a
Öl	0,09	998,00
Gas	0,12	1274,00
Pellets	0,08	850,00
WP mit EWS ohne PV <sup>1</sup>	0,12	1276,00
WP mit EWS mit PV <sup>2</sup>	0,04	396,00

**Tab. 7** Gemittelte Verbrauchskosten 2025 verschiedener Energieträger ohne Investitionskosten, angesetzter Wärmebedarf: 10.620 kWh/a, <sup>1</sup> Strombedarf Wärmepumpe: 3866 kWh/a, Einkauf 0,33 €/kWh, <sup>2</sup> ohne Berücksichtigung einer Einpeisevergütung

Gebäudekühlung im Sommer entstanden ist. Zudem wurde durch den Heizungsaustausch und die Sanierung ein erhebliches CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial in einer Größenordnung von 7,8 t/a generiert, was sich in 30 Jahren auf rd. 234 t CO<sub>2</sub> summiert.

Durch den Betrieb der PV-Anlage verändern sich die ermittelten Aufwendungen nochmals. Die PV-Anlage einschl. 10 kW-Batteriespeicher kostete inkl. Installation und Smartmeter rd. 23.000 € (keine Förderung, lediglich Umsatzsteuerbefreit). Unter Ansatz eines 20-jährigen Nutzungszeitraums ergeben sich Investitionskosten von 1.150 €/a. Die o. g. Strombezugskosten von 1.276 €/a zum Betrieb der Wärmepumpe reduzieren sich durch die 69 % Autarkie um rd. 880 € auf 396 €/a. Durch die Einspeisevergütung von 489 €/a ergibt sich ein geringer Überschuss von rd. 93 €/a.

In den Gesamt(mehr)kosten von 574 €/a oder rd. 48 €/Monat gegenüber dem Weiterbetrieb der alten Ölheizung sind nur die Verbrauchskosten und nicht die ohnehin erforderlichen Sanierungskosten der 30 Jahre alten Heizöl-anlage berücksichtigt. Setzt man diese notwendigen Sanierungen konservativ und fiktiv mit lediglich 20.000 € an, ergeben sich bei einer Nutzungsdauer von 30 Jahren rd. 666 €/a Investitionskosten. Der Kosten des Austauschs der Ölheizung gegen eine erdgekoppelte Wärmepumpe sowie die energetische Sanierung des Gebäudes mit Neuinstallation einer PV-Anlage betragen hingegen für

den betrachteten Nutzungszeitraum ohne Berücksichtigung von Zinsen oder Änderungen bei den Verbrauchskosten von Energieträgern nur 574 €/a. Neben diesem zwar geringen Kostenvorteil wird eine Sanierung jedoch mit einem erheblichen CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial von 7,8 t/a oder 234 t in 30 Jahren belohnt.

Einen groben Kostenvergleich zur Herstellung des Wärmebedarfes von 10,62 MWh/a mit anderen Energieträgern zeigt Tab. 7.

Die Verbrauchskosten der hier errichteten erdgekoppelten Wärmepumpenanlage liegen unter Ansatz eines aktuellen Strompreises von 0,33 €/kWh momentan etwa gleichauf mit denen einer Gasheizung. Das Heizen mit Pellets und Öl war aufgrund der in jüngster Zeit gefallenen Preise geringfügig günstiger. Die Entwicklungen der letzten Jahre zeigen jedoch, dass die Bezugspreise sehr volatil sind und stark von der welt-politischen Situation abhängen. Eine Prognose der Kosten einzelner Energieträger war in der Vergangenheit und ist auch zukünftig schwierig. Unschlagbar wird die ausschließlich mit Strom betriebene erdgekoppelte Wärmepumpe besonders dann, wenn mittels PV-Anlage ein Teil des Stroms selbst hergestellt werden kann.

#### Zusammenfassung

Das in nur 14 Monaten durchgezogene Abenteuer energetische Sanierung einer Doppelhaushälfte kann sowohl von der Energie- und Umweltbilanz als auch

von der Wirtschaftlichkeit her als sehr erfolgreich bewertet werden. Die staatliche Förderung war dabei ein wichtiger Bestandteil der wirtschaftlichen Umsetzung. Der reibungslose Ablauf der Sanierungsmaßnahmen war durch kontinuierliche, enge Abstimmungen der jeweiligen Fachplaner mit den Fachhandwerkern möglich. Die professionelle Umsetzung war dem Erfahrungsschatz aller Projektbeteiligten geschuldet. Eine Bestandssanierung sollte nicht unterschätzt werden, da immer wieder bauliche Überraschungen und Herausforderungen auftreten. Unvorhergesehene Details im Altbestand benötigen immer eine individuelle Betrachtung und gesonderte Problemlösung.

Erste Betriebserfahrungen und überschlägige Berechnungen zur Energiebilanz zeigen, dass die Investitionen gut angelegt sind. Eine vollumfängliche energetische Sanierung mit der gewählten Kombination Wärmepumpe und PV-Anlage ist jeder anderen Variante mit einer zunächst scheinbar günstigeren Lösung vorzuziehen. Die Umwelt dankt es und wird bereits ab dem ersten Tag der Nutzungen spürbar durch die CO<sub>2</sub>-Einsparungen entlastet. ■

#### AUTOREN

**Sabine und Andreas Gartiser**  
c/o Gartiser, Germann & Piewak  
Ingenieurbüro für Geotechnik und Umwelt GmbH  
Schützenstr. 5  
96047 Bamberg  
Tel.: +49 (0)951 302069-0  
andreas.gartiser@geologie-franken.de  
www.geologie-franken.de

**Oliver Betz**  
Hochbautechniker, Energieberater (HWK)  
Hopfenweg 7  
96117 Memmelsdorf  
Tel.: +49 (0)9542 7733520  
info@der-bauplaner.de  
www.der-bauplaner.de

Besuchen Sie uns online: [shop.wvgw.de](http://shop.wvgw.de)