

EINE GEGENÜBERSTELLUNG DER ALTERNATIVEN ERDREICH UND LUFT

Die optimale Wärmequelle

Wärmepumpen nutzen Energie effizienter als konventionelle Heizsysteme, da bei relativ geringem Einsatz an Primärenergie mehr Nutzenergie umgesetzt wird. Die Grundlage zur Gewinnung und Nutzung von Umweltwärme (Anergie) ist in dem Gesamtsystem der Wärmepumpenanlage (WPA) die verwendete Wärmequelle. Daher wurden für die Planung einer Wärmepumpenanlage für den Neubau eines Einfamilienhauses in der Region Hannover die Wärmequellen Erdreich und Luft anhand von Wirtschaftlichkeitsvergleichen – auch im Vergleich zu konventionellen Heizsystemen – gegenübergestellt. **Mira Weymann, Lehrte, und Dominik Cibis, Maintal**

Für diese Wärmequellen wurden – vor der konkreten Planung des Einfamilienhauses – allgemeine Vor- und Nachteile abgewogen, die in Tabelle 1 komprimiert dargestellt sind. Die Untersuchungen fokussierten sich beim Erdreich auf solegeführte Wärmequellenanlagen, wobei prinzipiell die zwei Technologien Erdwärmekollektor (horizontaler Flächenkollektor) und Erdwärmesonde (vertikale Kollektoren) in Betracht gezogen wurden.

Für das geplante Einfamilienhaus mit einer Grundfläche von 264 m² wurde nach DIN EN 12831 eine Norm-Heizlast von 8,3 kW ermittelt, die für die Auswahl der Heizleistung der Wärmepumpe ausschlaggebend ist. In diesem Neubau wurde eine Flächenheizung vorgesehen, weil diese als Wärmenutzungsanlage für eine Wärmepumpe den günstigsten Verbrauch aufweist. Bei einer Norm-Außentemperatur von -14 °C wurde die Vorlauftemperatur mit 35 °C und die Rücklauftemperatur mit 28 °C gewählt. Die Auslegung der Wärmepumpenanlagen

erfolgte in Zusammenarbeit mit der Firma NIBE Systemtechnik, die zu den größten Wärmepumpenherstellern in Europa zählt und deren deutsche Zentrale im niedersächsischen Celle angesiedelt ist.

Auslegung einer Sole/Wasser-Wärmepumpe

Bei der Sole/Wasser-Wärmepumpe entschied man sich für den Typ NIBE F1248-8, der aus dem eigentlichen Aggregat, einem integrierten Brauchwasserspeicher mit einem Volumen von 180 Litern, einer Elektroheizpatrone, Umwälzpumpen und dem Regelgerät besteht. Folgende Kenndaten sind den Herstellerunterlagen zu entnehmen:

- Heizleistung bei B0/W35: $\dot{Q}_{WP} = 8,01 \text{ kW}$,
- elektrische Leistungsaufnahme: $P_{el} = 1,74 \text{ kW}$,
- Leistungszahl bei B0/W35: $\epsilon_N = 4,6$,
- Volumenstrom Solekreislauf: $\dot{V}_S = 1,2 \text{ m}^3/\text{h}$.

Neben den zwei prinzipiell bestehenden Technologien von Wärmequellenanlagen für das Erdreich – sprich Erdwärmekollektor und Erdwärmesonde – ist zusätzlich der NIBE Kompaktabsorber mit in die Untersuchungen eingeflossen, bei dem es sich um eine weiterentwickelte Form des Erdwärmekollektors handelt. Wie in Bild 1 ersichtlich, bestehen die Kompaktabsorber aus vorkonfektionierten Polypropylenmatten mit ein-



Bild 1: NIBE Kompaktabsorber

gebundenen Kapillaren und arbeiten nach dem sog. „Low-Flow-Prinzip“, d. h. das Wärmequellenmedium strömt mit einer sehr geringen Geschwindigkeit durch die Kapillaren der 5 m langen Absorbermatten. Dies ermöglicht bei relativ geringen Investitionskosten und einer erheblichen Reduzierung der erforderlichen Entzugsfläche einen sehr guten Wärmeentzug aus dem Erdreich.

Die für die Heizlast von 8,3 kW benötigte Erdwärmesondentiefe bzw. Erdwärmekollektor- und Kompaktabsorberfläche ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Auslegung einer Luft/Wasser-Wärmepumpe

Für den geplanten Neubau eines Einfamilienhauses wurde das modulierende NIBE Splitgerät mit integriertem Speicher gewählt, dessen Betriebsbereich bis zu einer minimalen Außenlufttemperatur von -20 °C reicht. Diese Luft/Wasser-Wärmepumpe ist eines der derzeit fortschrittlichsten Heizsysteme,



Dipl.-Kffr. (FH),
KäKli. Assistent. (BA)
Mira Weymann,
Karl Weymann GmbH,
Lehrte



Dr.-Ing. Dominik Cibis,
Studienleiter Europäische
Studienakademie
Kälte-Klima-Lüftung ESaK,
Maintal

Der Beitrag entstand aus der Assistentenarbeit von Mira Weymann „Welche Wärmequelle ist für den Betrieb einer Wärmepumpe optimal – eine Gegenüberstellung der Alternativen Erdreich, Wasser und Luft“ an der Europäischen Studienakademie Kälte-Klima-Lüftung.

	Erdreich		Außenluft
	Erdwärmekollektor	Erdwärmesonde	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - kostengünstiger als Erdwärmesonde - bei Neubauten verhältnismäßig einfache Installation - bei Defekten sind die Flächenkollektoren gut zugänglich 	<ul style="list-style-type: none"> - sehr geringer Platzbedarf - relativ hohes und konstantes Temperaturniveau der Wärmequelle 	<ul style="list-style-type: none"> - Wärmequelle ist zugleich Wärmeträgermedium - keine Genehmigung erforderlich - steht überall unbegrenzt zur Verfügung - Kosten zur Erschließung gering, da aufwendige Wärmequellenanlagen entfallen
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - aufgrund des benötigten Flächenbedarfs wird ein entsprechend großes Grundstück benötigt (Einsatz in MFH sowie in Bestandsgebäuden schwierig realisierbar) - Fläche für den Erdkollektor darf weder überbaut noch versiegelt werden - zweifacher Wärmeübergang aufgrund des separaten Sole-Kreislaufes 	<ul style="list-style-type: none"> - höhere Investitionskosten als bei Erdkollektoren - Risiko von Fehlbohrungen - unterliegt der Genehmigungspflicht durch die untere Wasserbehörde - Analyse der Bodenbeschaffenheit ist relativ kompliziert - bei Defekten ist die Erdwärmesondenanlage aufgrund ihrer Tiefe unzureichend zugänglich - zweifacher Wärmeübergang aufgrund des separaten Sole-Kreislaufes 	<ul style="list-style-type: none"> - aufgrund der geringen spezifischen Wärmekapazität von Luft sind beträchtliche Luftmengen nötig - Geräuschbelastung - Divergenz zwischen Heizleistung der Wärmepumpe und Heizwärmebedarf des Gebäudes - Gefahr des Vereisens vom Verdampfer

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Wärmequellen Erdreich und Außenluft

Erdwärmesondentiefe	130 m (2 Sonden à 65 m)
Erdwärmekollektorfläche	320 m ²
Kompaktabsorberfläche	112 m ²

Tabelle 2: Erforderliche Erdsondentiefe bzw. Kollektor- und Kompaktabsorberfläche

weil sich das Gerät auf die erforderliche Heizleistung – im angegebenen Leistungsbereich von 3,5 bis 12 kW – einstellt. Die Inneneinheit beinhaltet einen Speicher mit integrierter Spiralwärmeübertrager für eine hygienische Brauchwassererwärmung. Ebenfalls sind in dem Gerät eine Umwälzpumpe, eine Heizpatrone sowie die komplette Regelung integriert. Folgende Kenndaten waren dem Simulationsprogramm „NIBE-DIM“ zu entnehmen:

- Heizleistung bei A2/W35: $\dot{Q}_{WP} = 8,95 \text{ kW}$,
- elektrische Leistungsaufnahme:
 $P_{el} = 2,71 \text{ kW}$,
- Leistungszahl bei A2/W35: $\epsilon_N = 3,3$,
- Luftvolumenstrom: $\dot{V}_L = 4380 \text{ m}^3/\text{h}$.

Eine entsprechende Auslegung der Wärmequelle ist bei dieser Luft/Wasser-Wärmepumpe nicht notwendig, da das Gerät zur Außenaufstellung bereits mit entsprechend dimensionierten Ventilatoren zur Zuführung der erforderlichen Luftmenge am Wärmeübertrager ausgestattet ist. Bei der Auf-

stellung der Wärmepumpe sind allerdings die Schallemissionen zu beachten, die nicht über den Emissionsrichtwerten der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) liegen dürfen. Diese beziehen sich auf den maßgeblichen Immissionsort, an dem die größten Einflüsse zu erwarten sind – z. B. das der Wärmepumpe am nächsten gelegene Fenster des Nachbarn. Folgende Schallpegel sind am Tag bzw. in der Nacht einzuhalten:

- Kern-, Dorf- oder Mischgebiete:
60 bzw. 45 dB(A),
- allgemeine Wohngebiete:
55 bzw. 40 dB(A),
- reine Wohngebiete:
50 bzw. 35 dB(A).

Das hier behandelte Einfamilienhaus befindet sich in einem allgemeinen Wohngebiet, sodass der Schalldruckpegel von 32,5 dB(A) bei mittlerer Leistung der Luft/Wasser-Wärmepumpe bei 10 m freier Aufstellung die zulässigen Höchstwerte nicht überschreitet.

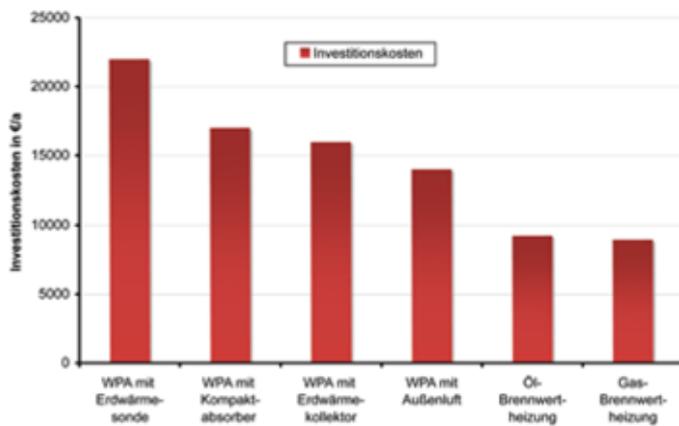


Bild 2: Investitionskostenvergleich der verschiedenen WPA und konventionellen Heizsysteme

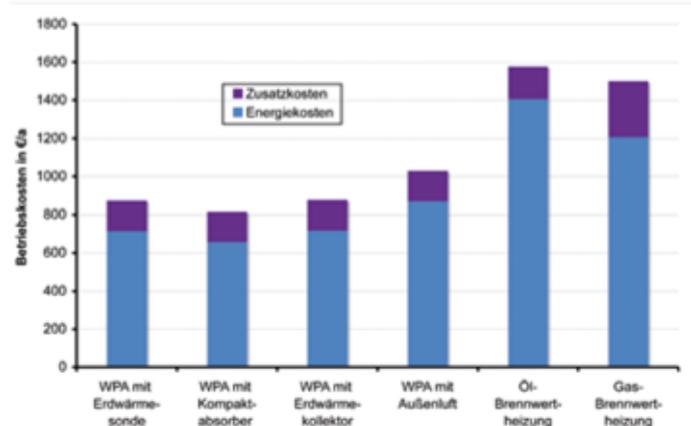


Bild 3: Betriebskostenvergleich der verschiedenen WPA und konventionellen Heizsysteme

Der Schalldruckpegel bei maximaler Verdichterleistung der Wärmepumpe beträgt bei 10 m freier Aufstellung 39,5 dB(A) und liegt somit ebenfalls unter dem maximal erlaubten Wert von 40 dB(A).

Aussagen zur Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Wärmepumpenanlagen

Anhand der Bilder 3 bis 4 wird deutlich, dass für Wärmepumpenanlagen im Vergleich zu konventionellen Heizsystemen ein vielfach höherer Investitionsbedarf notwendig ist. Die Wärmepumpenanlage mit Erdwärmesonde fällt aufgrund der hohen Kosten für die Erschließung der Wärmequelle deutlich am teuersten aus.

In den Investitionskosten für die Wärmepumpenanlagen sind das Aggregat, die Kosten zur Erschließung der Wärmequelle, der Speicher und die Wärmeverteilung enthalten. Bei den konventionellen Heizsystemen sind Brennwertkessel, Öltank bzw. Gasanschluss sowie der Speicher und die Wärmeverteilung mit inbegriffen. Betrachtet man zusätzlich die anfallenden jährlichen Betriebskosten, für die ein Strompreis von durchgängig 15 Ct/kWh, ein Ölpreis von 7 Ct/kWh und ein Gaspreis von 6 Ct/kWh zugrunde gelegt wurde, ergibt sich der in Bild 3 dargestellte Vergleich.

In den Zusatzkosten sind je nach Wärmeerzeuger anfallende Zähler-, Grund-, Schornsteinfegergebühren, Wartungskosten und Versicherungen enthalten. Wie in

Bild 3 ersichtlich wird beim Kompaktabsorber der maximale Wärmequellenentzug generiert, sodass im Vergleich zu den üblichen Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden geringere Energiekosten für den Stromverbrauch der Wärmepumpe inklusive Hilfsantriebe anfallen.

Die Betriebskosten der Luft/Wasser-Wärmepumpe fallen – wie erwartet – wegen des Einsatzes der Heizpatrone bei extrem niedrigen Außentemperaturen im Vergleich zu den anderen Wärmepumpenanlagen höher aus. Darüber hinaus spiegelt sich in den aufgezeigten Betriebskosten explizit wider, dass mit elektrisch angetriebenen Wärmepumpen durch Nutzung von Umweltwärme je kW Motorleistung eine Wärmelieferung von 3 bis 5 kW erreicht werden kann, während bei konventionellen Heizsystemen in Abhängigkeit des Wirkungsgrades maximal 1 kW Wärme abgegeben wird.

Betrachtet man nun in Bild 4 die anfänglichen Investitionskosten sowie die Betriebskosten über einen Zeitraum von 20 Jahren mit einem angenommenen Zinssatz von 4 % für die Finanzierung anhand eines Wirtschaftlichkeitsvergleiches, zeigen sich noch deutlichere Unterschiede der Wärmepumpenanlagen im Vergleich zu den konventionellen Heizsystemen.

Anhand dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist explizit ersichtlich, dass die für konventionelle Heizsysteme anfallenden Betriebskosten über die Gesamtlebensdauer

die Investitionskosten deutlich übersteigen. Ferner zeigt sich, dass die Wärmequelle Erdreich für einen Neubau dieser Größenordnung aufgrund der guten Entzugsleistungen am besten geeignet ist. Im Vergleich dazu wird die Wärmequelle Luft – trotz der relativ preisgünstigen Installation – wegen der erheblichen Temperaturschwankungen im Jahresverlauf und der geringen spezifischen Wärmekapazität nicht als optimal eingestuft. Dieses spiegelt sich auch in den Betriebskosten wider, da bei fallender Außentemperatur der Wärmebedarf des Gebäudes proportional ansteigt und die Heizleistung der Wärmepumpe sinkt.

Die für diesen Neubau eines Einfamilienhauses am besten geeignete Wärmequellenanlage ist der NIBE Kompaktabsorber in Kombination mit dem Wärmepumpentyp NIBE F1245-8 und einer Fußbodenheizung als Wärmenutzungsanlage. Den Kundenwünschen wurde mit dem Kompaktabsorber in vollem Umfang Rechnung getragen, da lediglich eine Fläche von 112 m² zur Verfügung stand und somit aufwendige geologische und hydrogeologische Untersuchungen des Untergrundes entfielen, die für eine Erdwärmesonde unumgänglich sind.

Die Kompaktabsorber stellen wegen des hohen spezifischen Wärmeentzugs – sichtbar an den geringen Betriebskosten – eine äußerst effektive und preiswerte Alternative zu den Erdsonden dar. Mit dieser neuen Technologie ist es möglich, auch in Gebieten mit höhe-

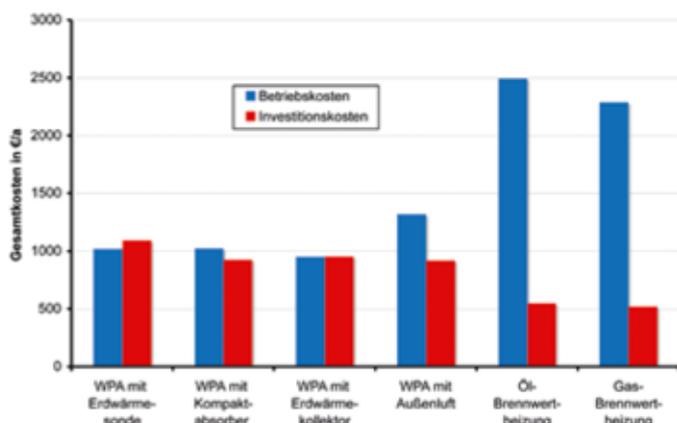


Bild 4: Wirtschaftlichkeitsvergleich der verschiedenen WPA und konventionellen Heizsysteme

	Erwärmesonde und -kollektor	Kompaktabsorber
Gesamt-Jahresarbeitszahl	4,53	4,71

Tabelle 3: Jahresarbeitszahlen für WPA mit der Wärmequelle Erdreich

rer Besiedlungsdichte und daher kleineren vorhandenen Entzugsflächen für die Erdwärmekollektoren, die Wärme in oberflächennahen Bodenschichten zu nutzen. Die für die üblichen Erdwärmekollektoren benötigten 330 m² waren auf dem im Auslegungsbeispiel betrachteten Grundstück nicht vorhanden, sodass diese Wärmequellentechnologie hier keine Anwendung finden konnte.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Kompaktabsorber eigens von der Firma NIBE entwickelt worden sind, wodurch die Gewährleistung und Funktionsgarantie nur in Kombination mit NIBE Sole/Wasser-Wärmepumpen sichergestellt ist. Falls der Wunsch besteht, diese Wärmequellentechnologie mit Wärmepumpen anderer Hersteller zu verwenden, ist abzustimmen, ob Gewährleistungs- und Garantieansprüche übernommen werden.

Ermittlung der Jahresarbeitszahlen

Die Jahresarbeitszahl gibt das Verhältnis von der während einer Heizperiode abgegebenen Wärmemenge zur zugeführten elektrischen Energie inklusive Hilfsantriebe an. Die Jahresarbeitszahlen für die verschiedenen Wärmepumpenanlagen wurden mit dem vereinfachten Berechnungsverfahren nach VDI 4640 ermittelt. Es wurde

ein Anteil am gesamten Wärmebedarf von 82 % für die Raumheizung und entsprechend 18 % für die Warmwasserbereitung zugrunde gelegt.

Bei der Wärmequelle Erdreich wird der gesamte Heiz- und Warmwasserwärmebedarf für das betrachtete Einfamilienhaus das ganze Jahr über zu 100 % von der Sole/Wasser-Wärmepumpe gedeckt, sodass der Deckungsanteil hier mit 1 anzusetzen war. Es ergaben sich folgende Gesamt-Jahresarbeitszahlen für die verschiedenen Wärmepumpenanlagen, wobei die für den Kompaktabsorber höher ausfallende Jahresarbeitszahl auf eine bessere energetische Regeneration der Nutzfläche zurückzuführen ist.

Die Luft/Wasser-Wärmepumpe generierte einen Deckungsanteil von 99%, da der Heiz- und Warmwasserwärmebedarf neben der Wärmepumpe zu 1% von der elektrischen Direktheizung gedeckt wird. Somit ergab sich für das NIBE-Splitgerät eine Gesamt-Jahresarbeitszahl von 3,39.

Zusammenfassung und Ausblick

Anhand der konkreten Planung einer Wärmepumpenanlage für den Neubau eines Einfamilienhauses wurde die für diesen Einzelfall optimal zu nutzende Wärmequelle explizit herausgestellt. Es wurde der NIBE

Kompaktabsorber als Wärmequellenanlage in Kombination mit dem Wärmepumpentyp NIBE F1245-8 und einer Fußbodenheizung als Wärmenutzungsanlage gewählt, da diese Wärmepumpenanlage nicht nur die geringsten Gesamtkosten verursacht, sondern auch die Gesamt-Jahresarbeitszahl dieser Wärmepumpe am höchsten ausfällt.

Das Ergebnis dieses Auslegungsbeispiels lässt sich dahingehend pauschalisieren, dass das Erdreich aufgrund seiner besonders guten Wärmespeicherfähigkeit für Neubauten in dieser Größenordnung eine hervorragende Wärmequelle darstellt. Die beständigen Wärmequellentemperaturen des Erdreichs sorgen dabei für eine konstante Abgabeleistung der Wärmepumpe, die in dem hier behandelten Auslegungsbeispiel eine 100-prozentige Abdeckung der Heizlast generiert. Im Gegensatz dazu hat die Auslegung der Luft/Wasser-Wärmepumpe gezeigt, dass Spitzenlasten durch die Heizpatrone ausgeglichen werden müssen, da die Abgabeleistung stark von den jahreszeitlich bedingten Temperaturschwankungen abhängt.

Allerdings ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass der Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen in Neubauten durch weitere Verschärfungen der EnEV in den kommenden Jahren weiter vorangetrieben wird, da die Heizlasten durch höhere Wärmedämm-anforderungen immer geringer ausfallen. Niedrigere Heizkosten verändern dabei den Vergleich zwischen Betriebs- und Investitionskosten, sodass die Luft/Wasser- bzw. Luft/Luft-Wärmepumpe der bessere Wärmeerzeuger werden kann, sofern es gelingt, die Geräuschbelastung auf ein zufriedenstellendes Niveau zu reduzieren.

Welche Wärmequelle allgemein für den Betrieb einer Wärmepumpe am besten geeignet ist, hängt von einer Vielzahl an Randbedingungen – wie z.B. Gebäudeart (Bestandsgebäude/Neubau), Grundstücksgröße, Bodenbeschaffenheit, Lage, Genehmigungsfähigkeit und Investitionsbereitschaft – ab, sodass die ökologisch und ökonomisch sinnvollste Wärmequelle im Einzelfall zu prüfen ist. Eine pauschalisierte Aussage über die Wahl der optimalen Wärmequelle kann aufgrund dessen nicht getroffen werden. ■