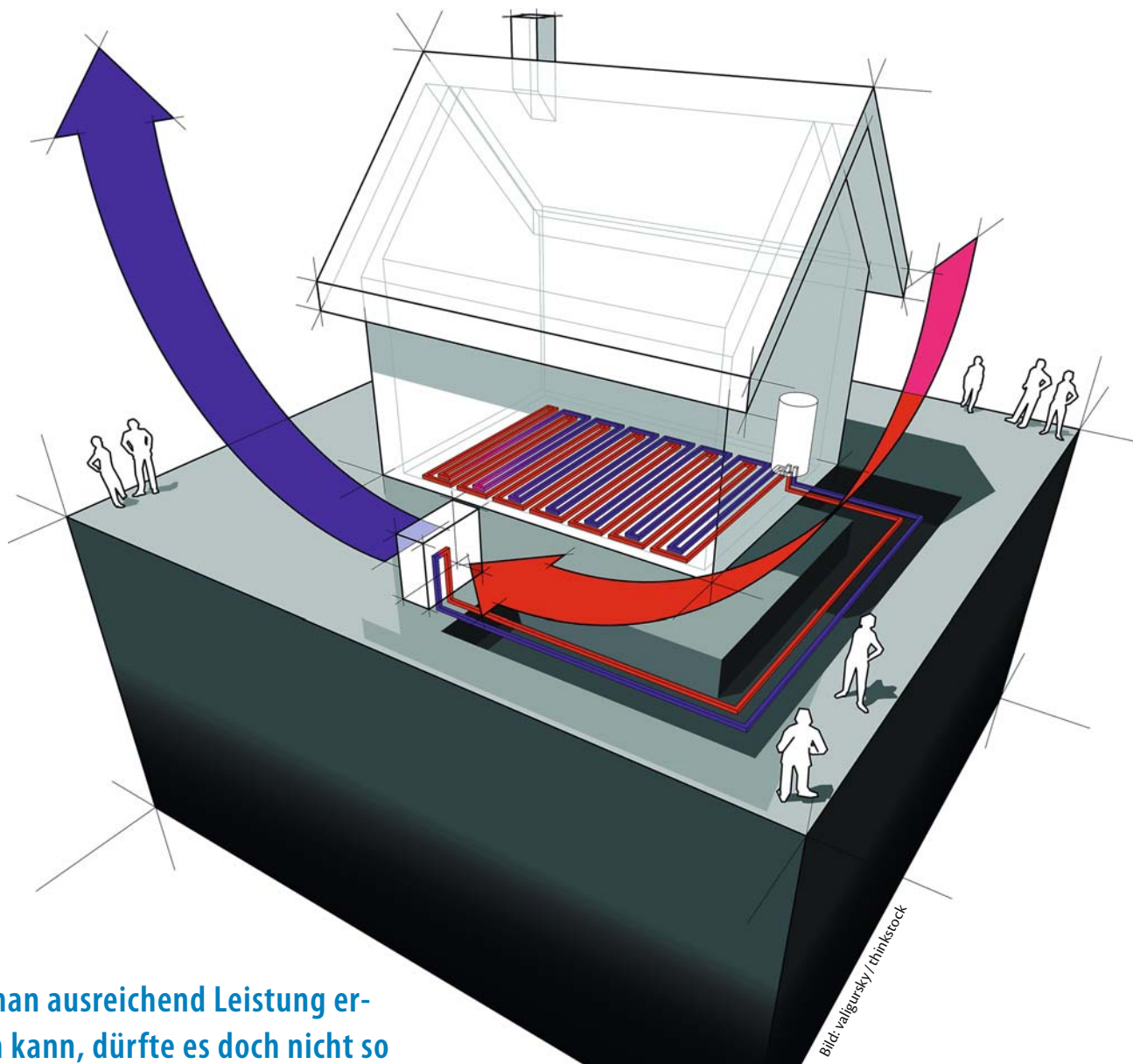


... EINE INVERTER-WÄRMEPUMPE?

# Gezügelt Leistung



Wenn man ausreichend Leistung erbringen kann, dürfte es doch nicht so verkehrt sein, diese auch zu entfesseln. Warum sollte ich mich beispielsweise mit meinem Sportwagen auf der Autobahn an eine Richtgeschwindigkeit von 130 km/h halten. Vollgas macht doch viel mehr Spaß!

Moderne Wärmepumpentechnik wird oft verknüpft mit Invertertechnologie

Betrachtet man die alten Heizkessel aus meiner Lehrzeit in den Achtzigern des letzten Jahrhunderts, galt ein ähnliches Prinzip: Der 30-kW-Kessel im Einfamilienhaus wurde durch die damalige Regelung entweder ein- oder ausgeschaltet. Das bedeutete seinerzeit ganzjährig, also auch in Herbst- und Frühlingsmonaten, dass der Kessel ansprang wenn die Anforderung nach Heizungswärme signalisiert wurde.

Schon ein kühler Nachmittag im Herbst mit lauen 14 °C Außentemperatur ließ das schlafende Kesselmonster mit seinen 30 kW Leistung die bei 14 °C Außentemperatur naturgemäß sehr geringe **Heizlast** von vielleicht 1 kW in den beheizten Räumen des Hauses mit Vehemenz niederbügeln. Vollgas war alles, was der ölige Kessel damals hergab.

Die Folge war, dass der Kessel in der Startphase ordentlich Ruß durch den Schornstein jubelte. Dann stabilisierte sich die Flamme langsam und der Betrieb der Feuerung nahm allmählich effizientere Züge an. Das bedeutete aber gleichzeitig auch, dass ein akzeptabler Wirkungsgrad vielleicht erst nach 1 oder 2 min erreicht werden konnte. Dann hatte der Kessel aber bereits den Befehl zur Abschaltung wieder erreicht. Je nach Kesselhysterese sprang der Kessel dann, nach kurzer Verschnaufpause, wieder an und stieß wiederum seine Rußfahne aus und strebte allmählich nach höheren Wirkungsgraden, die dieser niemals über längere Zeit aufrechterhalten konnte.

Fakt war und ist: Wenn man eigentlich nur 1 kW benötigt aber 30 kW bekommt, hat man kaum Chancen auf erquickliche Laufzeiten und **Wirkungsgrade**.

Das Problem war damals natürlich bekannt, konnte aber bei den seinerzeit verbreiteten Ölfeuerungen nicht ohne Weiteres

## SCHALTHYSTERESE

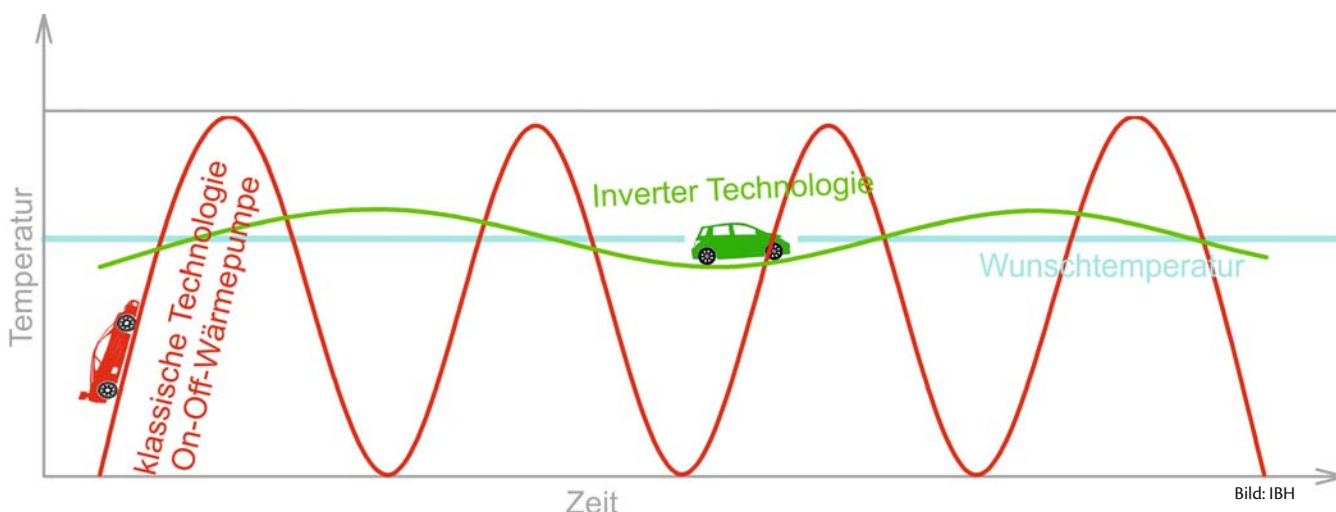
Ein verzögertes Ansprechverhalten einer Regelung wird als Schalthysterese bezeichnet. Würde beispielsweise ein Brenner genau bei einer vorgewählten Vorlauftemperatur von 70 °C eine Ausschaltung vornehmen und bei 69,999 °C wiederum eine Einschaltung, so würde das Flattern der Regelung zweifellos zu einer unnötigen Belastung sämtlicher Bauteile führen. Der Brenner würde pausenlos ein- und ausschalten, es sei denn man würde diesen mindestens bei seiner Maximalleistung betreiben. Um das sogenannte Takten zu verhindern, könnte man ein Einschalten bei Abkühlung um 3 K (67 °C) und Abschaltung bei Übererwärmung um 3 K (73 °C) veranlassen. Das entspräche dann einer Schalthysterese von 6 K.

abgestellt werden. Als immer mehr Gasfeuerungen den Markt eroberten, ließ sich allmählich eine vernünftige Antwort konzipieren. Die modulierenden Kessel kamen auf den Markt. Heute sind diese eine bewährter und ausgereifter Standard.

Im kleinen Leistungsbereich für ein heutiges Einfamilienhaus lässt sich die Heizleistung eines Gaskessels locker auf 20 % der Nennleistung herunterregeln.

Statt wie im eben genannten Beispiel mit 30 kW den Hitzeschock durchs Haus zu treiben, würde ein moderner Kessel ganz einfach seine Modulationskunst nutzen und mit zahmen 6 kW rangehen. Seine Laufzeit würde sich verlängern und die Starts insgesamt reduzieren. Der Schadstoffausstoß würde sich verringern und die Langlebigkeit des Brenners verbessern.

Im besten Falle würde man sogar die Überdimensionierung des damaligen Heizkessels erkennen und mit 18 kW in der



**Die On-Off-Technik herkömmlicher Wärmepumpen schickt gewissermaßen die große Leistung eines Rennautos auf eine Strecke, wo ein Sparautomobil ausreicht**

Spitze rangehen und könnte auf schmeichelnde 3,6 kW runter modulieren.

Man sieht also, welche technischen Errungenschaften bereits den Standardmarkt erreicht haben.

Was hat das mit ➔ **Wärmepumpen** zu tun, höre ich Sie jetzt fragen!

## INVERTERTECHNIK FÜR WÄRMEPUMPEN

Greift man bei der Ausstattung eines Einfamilienhauses in die Regale der Hersteller, so ist es möglich, eine standardisierte Wärmepumpe auszuwählen. Diese wird dann im On-Off-Modus betrieben. Damit die eben beschriebene wechselnde Leistungsanforderung übers Jahr nicht ein ständiges Ein- und Ausschalten der Wärmepumpe erzwingt, ist es natürlich möglich, die Wärmepumpe an einen Pufferspeicher anzu-



Teil der Leistungselektronik eines Inverters

## VORTEILE EINER WÄRMEPUMPE GEGEN- ÜBER GAS- ODER ÖLHEIZUNGSANLAGEN

- geringe Wartungskosten
- keine Kosten für einen Schornstein und Schornsteinfeger
- keine Kosten für einen Tank oder Hausanschluss der Gasleitung

schließen. Diese WP würde dann bei Anforderung mit voller Leistung den Pufferspeicher aufladen. Die erforderliche geringe Heizlast, würde dann aus dem Puffer entnommen. Die Laufzeit der Wärmepumpe im On-Off-Modus würde sich auf diese Weise künstlich verlängern lassen.

Effizienter lässt sich aber eine Wärmepumpe mit Inverter einsetzen. Mit dieser Technologie lässt sich die Leistung der Wärmepumpe modulieren, also anpassen. Das, was damals nach und nach für fossile Brennstoffe wie Gas und später auch für Öl sinnvoll möglich wurde, konnte nun also auch Einzug halten in die Wärmepumpentechnik. Während in der überwiegenden Zeit des Jahres die Teillast in Sachen Heizleistung gefordert wird, kann die Invertertechnologie genau diese Anpassung vornehmen. Trotzdem ist die Wärmepumpentechnik in der Lage, auch die Spitzenlast an den kältesten Tagen des Jahres abzudecken.

### Beispiele:

Die Normheizlast eines modernen Einfamilienhauses betrage 10 kW. Diese Last gilt bei einer Außentemperatur von -12 °C.



Der Scrollverdichter mit der sich drehenden Spirale auf der Motorwelle (rechts) und der festmontierten Spirale (links)

Die Außentemperaturen betrage an einem Herbsttag + 10 °C. Daraus resultiert eine Heizlast von rund 3,125 kW für das Wohnhaus.

**Fall 1: On-Off-WP ohne Puffer**

Die Wärmepumpe taktet, weil der Leistungsabnahme von 3,125 kW eine Leistungsabgabe der WP von 10 kW gegenübergestellt wird. Innerhalb eines Tages ist die WP insgesamt nur rund 7 h 30 min in Betrieb bei sehr häufigem Ein- und Ausschalten. In der Folge der Schaltzyklen kann es zur Überhitzung aber auch zur Unterkühlung von Räumen kommen.

**Fall 2: On-Off-WP mit Pufferspeicher**

Je nach Puffervolumen kann die WP relativ lange durchlaufen. Innerhalb eines Tages ist die WP rund 7 h 30 min in Betrieb bei relativ seltenem Ein- und Ausschalten. Es kommt nur sehr selten zu Überhitzung oder Unterkühlung von Räumen.

**Fall 3: WP mit Invertertechnologie**

Je nach Modulationsbereich ist die WP gantztägig mit angepasster Leistung in Betrieb. Es kommt kaum oder gar nicht zu einer Überhitzung oder Unterkühlung von Räumen.



**DICTIONARY**

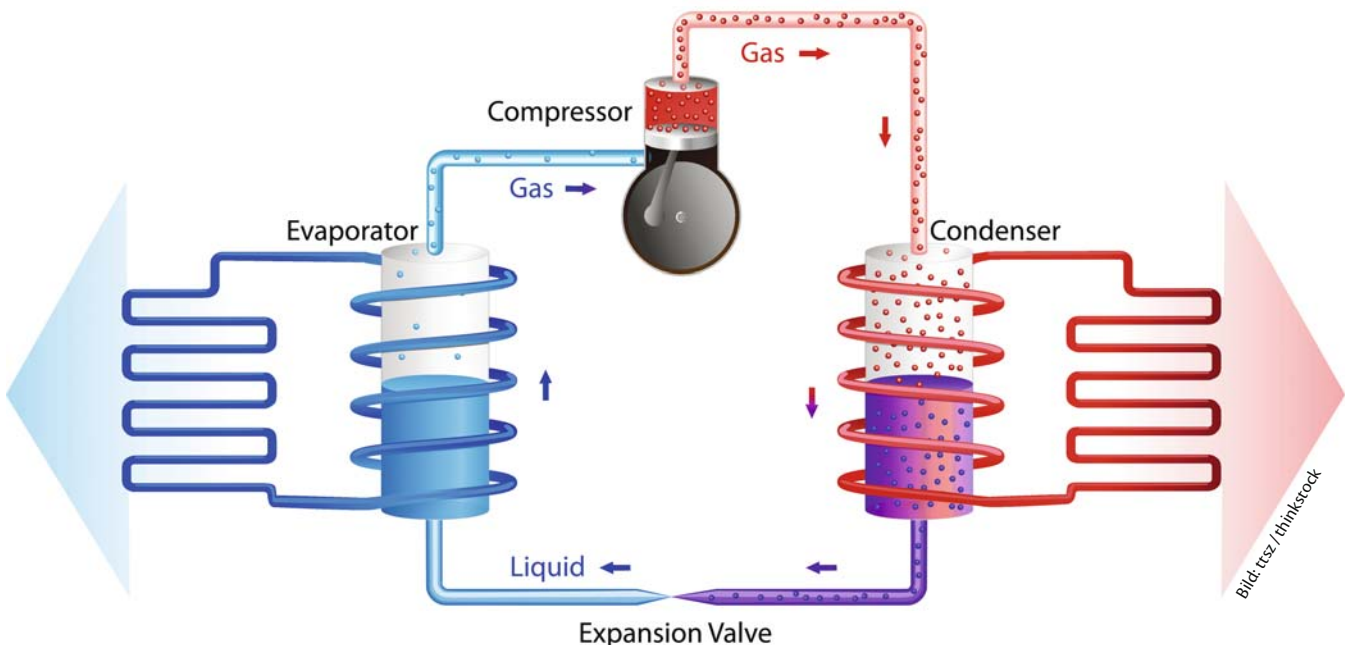
Kompressor	=	Compressor
Verflüssiger	=	Condenser
Expansionsventil	=	Expansion Valve
Verdampfer	=	Evaporator
Flüssigkeit	=	Liquid

**INVERTER, WIE DENN DAS?**

Unser Leitungsnetz und unsere elektrischen Verbraucher in Deutschland sind ausgelegt auf eine sogenannte Netzfrequenz von 50 Hz (Hertz). Das bedeutet, dass die in Deutschland übliche Wechselspannung von 230 V pro Sekunde 50-mal wechselt zwischen einer positiven und negativen Spitze von jeweils 230 V.

Die „einfachen“ Elektromotoren sind für diese Wechselspannung vorgesehen und laufen unter dieser Bedingung mit konstanter Drehzahl. Auch der notwendigerweise kräftige Motor einer herkömmlichen WP richtet sich auf eine feste Drehzahl ein. Und Sie ahnen schon:

# HEAT PUMP

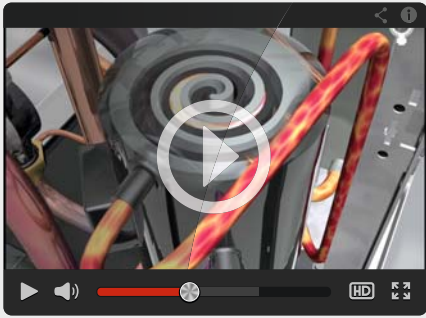


Das bekannte Prinzip einer Wärmepumpe mit englischen Beschreibungen der Komponenten. Zur Übersetzung schauen Sie bitte ins Dictionary dieses Beitrags



## FILM ZUM THEMA

Ein animierter Film zeigt, wie ein typischer sogenannter Scroll-Kompressor einer modernen Wärmepumpe funktioniert



[www.sbz-monteur.de](http://www.sbz-monteur.de) → Das Heft → Filme zum Heft

Wenn die Frequenz verändert wird, kann man gleichzeitig die Drehzahl verändern.

Dabei behält der Motor sein notwendiges Drehmoment, um überhaupt den Widerstand im sogenannten Scroll-Verdichter der WP zu überwinden.

Übrigens wird im Inverter zunächst der Wechselstrom in Gleichstrom umgewandelt, um dann mithilfe eines Umformers eine neue Wechselstromfrequenz zu erzeugen, die je nach Leistungsbedarf stufenlos zwischen 30 Hz und 90 Hz verändert werden kann.

### VORTEILE VON INVERTER-WÄRMEPUMPEN

Die Regelbarkeit einer Inverter-Wärmepumpe ist vorteilhaft gegenüber einer On-Off-Wärmepumpe.

#### Höhere Lebensdauer

Ein Vorteil ist, dass eine Inverter-Wärmepumpe eine höhere Lebensdauer erreicht. Normale Wärmepumpen müssen zur Regelung der Heizmenge oft in kurzen Abständen ein und ausgeschaltet werden, was ihren Stromverbrauch gegenüber Inverter-Wärmepumpen deutlich erhöht. Außerdem laufen sie erheblich häufiger unter Volllast. Dieser Belastung sind Wärmepumpen mit Inverter-Technologie nicht ausgesetzt.

#### Hohe Laufruhe

Durch die Vermeidung häufiger An- und Abschaltung, als auch der Einhaltung einer relativ konstanten Vorlauftempe-

ratur, sind Inverter-Wärmepumpen sehr laufruhig. Sie verursachen geringe Betriebsgeräusche.

#### Effizienzsteigerung und Kostenersparnis

Eine Inverter-Wärmepumpe wird manchmal auch modulierende Wärmepumpe genannt, da Ihre Leistung kontinuierlich auf ein Optimum moduliert wird. Das heißt bei hoher Heizlast arbeitet die WP stärker als bei geringer Heizlast. Somit werden keine zu hohen oder niedrigen Vorlauftemperaturen erreicht, die eine Aus- oder Einschaltung der Pumpe notwendig machen würden und die Effizienz der Pumpe steigt. Auf diese Weise erreichen WP mit Inverter-Technologie höhere Jahresarbeitszahlen. Dies senkt auch Ihre monatlichen Energiekosten.

#### Schnelleres Erreichen der Solltemperatur

Inverter-Wärmepumpen zeichnen sich durch besonders schnelles Anfahren aus. Die gewünschte Vorlauftemperatur kann um bis zu 30 % schneller erreicht werden.

#### Exakte Beheizung

Ein weiterer Vorteil von Wärmepumpen mit Inverter ist, dass Innenräume präziser temperiert werden können, da eine Inverter-Wärmepumpe ihre Leistung kontinuierlich der gewünschten Raumtemperatur der Hausbewohner

**Berechnung der Norm-Heizlast**

**Gebäudezusammenstellung**

**WÄRMEVERLUST-KOEFFIZIENTEN**

Transmissionswärmeverlust-Koeffizient  
 Lüftungswärmeverlust-Koeffizient  
 Gebäudewärmeverlust-Koeffizient

**WÄRMEVERLÜSTE**

Transmissionswärmeverluste (nach außen)  $\Phi_{T, Geb}$   
 Mindest-Luftvolumenstrom aus natürlicher Infiltration  $\Phi_{V, inf, Geb} = 0,5 \cdot \Sigma V_{N, Geb}$   
 aus mechanischem Zuluftvolumenstrom  $\Phi_{V, su, Geb}$   
 Lüftungswärmeverluste aus mech. infiltriertem Volumenstrom  $\Phi_{V, mech, inf, Geb}$   
 Verluste durch hohe Räume  $\Phi_{V, Geb}$   
 $\Phi_{h, Geb}$

**NORM-GEBAUDEHEIZLAST**  $\Phi_{HL, Geb}$

**ZUSATZ-AUFHEIZLEISTUNG**  $\Phi_{RH, Geb}$

**AUSLEGUNGS-HEIZLEISTUNG**  $\Phi_{Ausleg, Geb}$

**BEZOGENE WERTE**

Heizlast / beheizte Gebädefläche  $\frac{\Phi_{HL, Geb}}{A_{N, Geb}}$   
 wärmeübertragende Umfassungsfläche  $\frac{\Phi_{HL, Geb}}{V_{N, Geb}}$   
 Spezifischer Transmissionswärmeverlust  $H_{T^*}$

Wärme (kJ)	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
0,00	0,00	0,10	0,50	1,00	1,50
0,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
1,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
1,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
2,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
2,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
3,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
3,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
4,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
4,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
5,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
5,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
6,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
6,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
7,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
7,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
8,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
8,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
9,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
9,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
10,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00

**RAUMLISTE**

Raum-Nr./Bez.	Wohnfläche
1,01/Workstatt	
1,02/Treppenhaus	
1,03/Wirtschaftsraum	
1,04	
1,05	
1,06	
1,07	
1,08	
1,09	
1,10	
1,11	
1,12	
1,13	
1,14	
1,15	
1,16	
1,17	
1,18	
1,19	
1,20	
1,21	
1,22	
1,23	
1,24	
1,25	
1,26	
1,27	
1,28	
1,29	
1,30	
1,31	
1,32	
1,33	
1,34	
1,35	
1,36	
1,37	
1,38	
1,39	
1,40	
1,41	
1,42	
1,43	
1,44	
1,45	
1,46	
1,47	
1,48	
1,49	
1,50	

**BEZOGENE WERTE**

Wärme (kJ)	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
0,00	0,00	0,10	0,50	1,00	1,50
0,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
1,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
1,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
2,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
2,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
3,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
3,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
4,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
4,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
5,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
5,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
6,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
6,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
7,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
7,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
8,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
8,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
9,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
9,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
10,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00

**BEZOGENE WERTE**

Wärme (kJ)	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
0,00	0,00	0,10	0,50	1,00	1,50
0,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
1,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
1,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
2,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
2,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
3,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
3,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
4,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
4,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
5,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
5,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
6,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
6,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
7,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
7,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
8,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
8,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
9,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
9,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
10,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00

**BEZOGENE WERTE**

Wärme (kJ)	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
0,00	0,00	0,10	0,50	1,00	1,50
0,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
1,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
1,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
2,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
2,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
3,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
3,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
4,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
4,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
5,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
5,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
6,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
6,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
7,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
7,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
8,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
8,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
9,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
9,50	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00
10,00	0,10	0,50	1,00	1,50	2,00

Eine effiziente Art zur Deckung der errechneten Normheizlast eines Wohnhauses besteht im Einsatz von Wärmepumpen mit Invertertechnologie



Bild: Vaillant

**Beispielsweise die Arotherm von Vaillant bietet eine modulierende Leistung mittels Inverter-Technologie an**

anpasst. Eine herkömmliche Wärmepumpe schaltet sich lediglich an und ab, um die Vorlauftemperatur der Heizung zu regulieren. Sie ist daher deutlich träger und ungenauer.

### **Heizstab nur noch zur Notversorgung**

Bei sehr geringen Außentemperaturen sinkt die Leistung einer konventionellen Wärmepumpe stark ab, da sie auf den Betrieb bei Standardtemperaturen ausgelegt ist. Herkömmliche Wärmepumpen benötigen daher häufig einen zusätzlichen Heizstab, der die erhöhte Heizlast an besonders kalten Wintertagen abdeckt. Ein Heizstab hat jedoch den Nachteil, dass er ineffizient arbeitet und viel Strom verbraucht. Modulierende WP mit Inverter hingegen können häufig monovalent betrieben werden.

### **Höherer Eigenverbrauch in Kombination mit einer Photovoltaikanlage**

Der Betrieb normaler Wärmepumpen ohne Inverter in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage ist oft nicht ohne Schwierigkeiten. Wärmepumpen ohne Inverter laufen mit starrer Drehzahl und beziehen ihre Anschlussleistung schubweise. Daher pendeln sie im Betrieb beständig zwischen Höchstleistung und Ausschaltung. Wird die Wärmepumpe ausgeschaltet, wird mehr PV-Strom ins Netz gespeist. Läuft die Wärmepumpe hingegen auf voller Leistung, kann ihr Bedarf nicht mehr komplett aus der Photovoltaikanlage gedeckt werden und es muss teurer Strom vom Energieversorger bezogen werden. Modulierende Wärmepum-

pen hingegen eignen sich insbesondere für den Einsatz mit Photovoltaik, da sie mit reduzierter flexibler Drehzahl und kontinuierlich niedrigerer Leistung laufen. Diese Leistung kann zu einem deutlich größeren Anteil durch die PV-Anlage gedeckt werden als bei einer Wärmepumpe ohne Inverter.



## **AUTOR**



**Dipl.-Ing. (FH) Elmar Held ist verantwortlicher Redakteur des SBZ Monteur. Er betreibt ein TGA-Ingenieurbüro, ist Dozent an der Handwerkskammer Dortmund sowie öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger**  
**Telefon (0 23 89) 95 10 21**  
**Telefax (0 23 89) 95 10 22**  
**held@sbz-online.de**  
**www.ingenieurbueroheld.de**