

Energieeinsparung durch Volumenstromanpassung

Große Einsparpotenziale durch volumenstromvariable Hydrauliksysteme in der klassischen Heizungstechnik – und auch mit Kältemaschinen bzw. Wärmepumpen

Prof. Dr.-Ing. Alexander Floß, Hochschule Biberach
 cand. Ing. Christian Dietrich,
 cand. Ing. Sebastian Frank

In den letzten Jahrzehnten konnte speziell im Neubau der Heizenergieverbrauch erheblich gesenkt werden. Dies ist in erster Linie auf die Reduzierung der thermischen Verluste durch die Gebäudehülle, aber auch auf den Einsatz immer effizienterer Heizungs- und Lüftungssysteme zurückzuführen. Betrachtet man hingegen die von diesen Systemen benötigte elektrische Hilfsenergie, so ist eine gegenläufige Tendenz festzustellen. Dies wirkt sich bei einer auf die Primärenergie bezo-

genen Gesamtbewertung des Gebäudes besonders nachteilig aus, da die Verluste bei der Stromerzeugung sehr hoch sind und der Stromverbrauch in Deutschland mit dem Primärenergiefaktor 2,7 multipliziert werden muss. Nach Erkenntnissen des Fraunhofer-Institutes für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg liegt der Primärenergieverbrauch von Umwälzpumpen moderner Gebäude im Bereich von 20 – 30 %, bezogen auf den Gesamtprimärenergieverbrauch des Gebäu-

des. Im Aufsatz „Energieeinsparung in der Hydraulik“ (Fach.Journal 2006/07, S. 16 – 23) wurde dargelegt, dass im Bereich der Hydraulik eine Effizienzsteigerung um den Faktor 10 leicht möglich ist. Dies bedeutet, dass sich durch Optimierungen im Bereich der hydraulischen Systeme der primärenergetische Gesamtverbrauch moderner Gebäude um etwa 25 % reduzieren lässt – durchaus ein Ansporn, sich näher mit dieser Thematik auseinanderzusetzen.



Untersuchungen am Versuchsstand für volumenvariable Hydrauliksysteme

ANSATZPUNKTE ZUR ENERGIEEINSPARUNG IN DER HYDRAULIK

Zum Erlangen der angesprochenen Effizienzsteigerung in der Hydraulik um den Faktor 10 ist es notwendig, das gesamte Hydrauliksystem in Augenschein zu nehmen und nicht nur einzelne Komponenten zu optimieren. Hierzu gehören:

- ▶ hydraulischer Abgleich,
- ▶ effizienter Pumpenantrieb,
- ▶ optimale Leistungsauslegung der Pumpe,
- ▶ Reduzierung von Strömungswiderständen,
- ▶ optimierte Auslegung der Regelventile,
- ▶ geeignete Führungsgröße und Regelungsstrategie der Pumpe sowie
- ▶ Reduzierung des Volumenstroms.

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie sich durch eine Volumenstromreduzierung aufgrund einer geänderten Regelstrategie von Pumpe und Regelventil der Pumpenstrombedarf in konventionellen Heizungssystemen mehr als halbieren lässt.

Ferner wird untersucht, inwieweit sich diese Erkenntnisse auf Wärmepumpen- und Kältesysteme übertragen lassen.

KLASSISCHE REGELUNG IN DER HEIZUNGSTECHNIK

1. Regelung der Vorlauftemperatur

Muss ein Wärmeerzeuger mehrere Verbraucher zu unterschiedlichen Nutzungszeiten und mit verschiedenen Vorlauftemperaturen versorgen, werden die Verbraucherkreise über Beimisch- oder Einspritzschal-

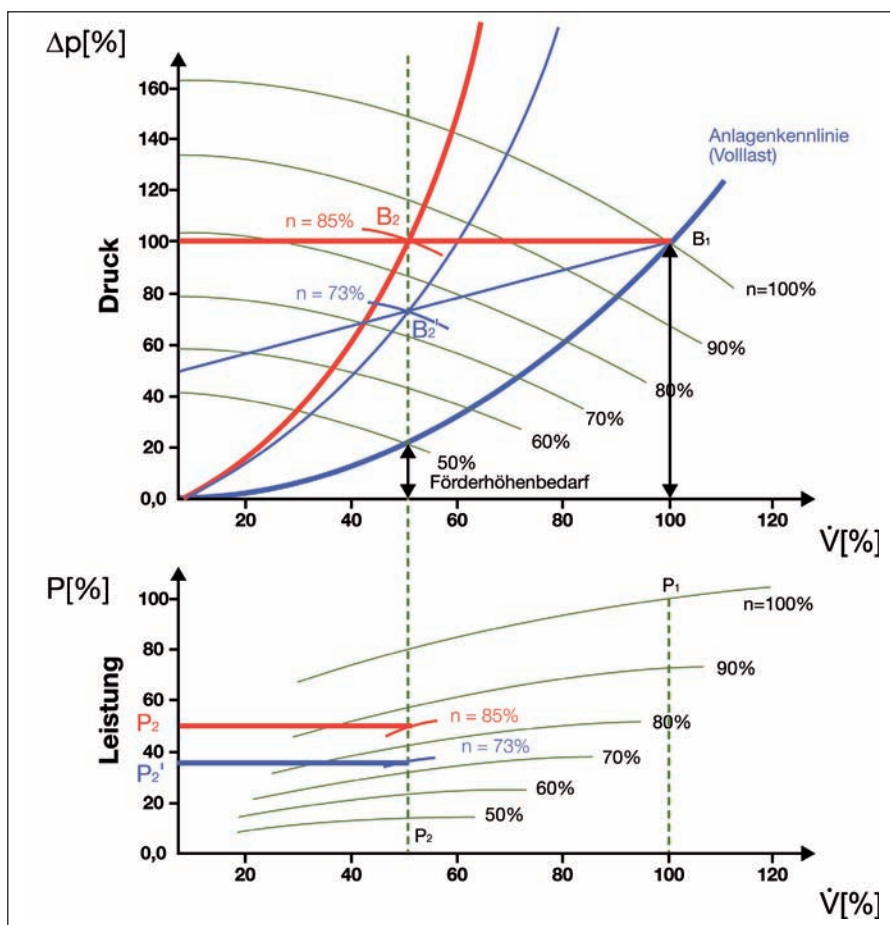


Abb.1 Leistungseinsparung bei Konstantdruck- und Proportionaldruck-Regelung

tungen am Verteiler angeschlossen, Abb.2. Durch das Beimischen niedrig temperierten Rücklaufwassers aus dem jeweiligen Verbraucherkreis zum Vorlaufwasser vom Wärmeerzeuger kann die Vorlauftemperatur im Verbraucherkreis dem Wärmebedarf angepasst werden. Die Höhe der Vorlauftemperatur wird heute meist in Abhängigkeit von der Außentemperatur geregelt, wobei sie so gewählt wird, dass der Massenstrom im Verbraucherkreis konstant bleibt. Wird, z. B.

aufgrund von internen Lasten oder solarer Einstrahlung, bei einzelnen Verbrauchern des Kreises eine geringere Heizleistung benötigt, so kann dies durch eine nachgelagerte Zonen-Regelung (z. B. Thermostatventile) berücksichtigt werden.

2. Zonenregelung

In vielen Anwendungsfällen, z. B. bei Einrohrheizungen, gibt es jedoch keinen Regeleingriff in das hydraulische System, der

den Gesamtmassenstrom im Regelkreis reduziert, Abb.3. Die nachgelagerte individuelle Feinanpassung der thermischen Leistung am Heizkörper findet nur durch eine Veränderung der Massenstromaufteilung Heizkörper / Bypass statt.

Auch sind die meisten Luftheizregister direkt, d.h. ohne zusätzliches Regel- oder Absperrventil, an den Heizkreis angeschlossen, Abb.4. Die individuelle thermische Leistungsabgabe der einzelnen Heizregister wird meist über eine Änderung der Ventilator Drehzahl beeinflusst. Auch hier ist der Massenstrom im Heizkreis immer konstant.

Bei solchen Anwendungen wird die Forderung der EnEV: „Wer Umwälzpumpen in Heizkreisen von Zentralheizungen mit mehr als 25 kW Nennleistung einbaut, [...] hat dafür Sorge zu tragen, dass diese so ausgestattet oder beschaffen sind, dass die elektrische Leistungsaufnahme dem betriebsbedingten Förderbedarf selbsttätig in mindestens drei Stufen angepasst wird [...]“, nur in seltenen Fällen erfüllt. Der Einbau von differenzdruckgeregelten Pumpen erfüllt diese Anforderung nicht, da es im hydraulischen Kreislauf zu keinerlei Druckänderung kommt, die als Führungsgröße für die Pumpenregelung bzw. -steuerung verwendet werden kann. Regelung und Frequenzumformer können hier bestenfalls dazu benutzt werden, den Nennbetriebspunkt für die Pumpenleistung an den Anlagenbedarf anzupassen.

In Heizungssystemen mit Heizkörpern und Thermostatventilen sind der Umwälzpumpe Regelventile nachgeschaltet. Diese passen den Massenstrom durch die Heizkörper individuell dem reduzierten Wärmebedarf aufgrund solarer Einstrahlung und

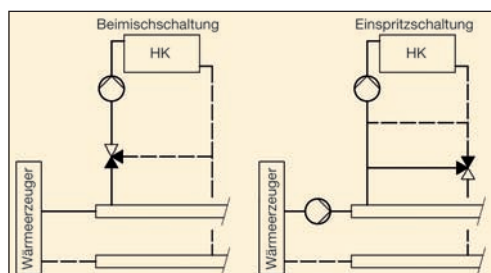


Abb.2 Vorlauftemperaturregelung mittels Beimisch- und Einspritzschaltung

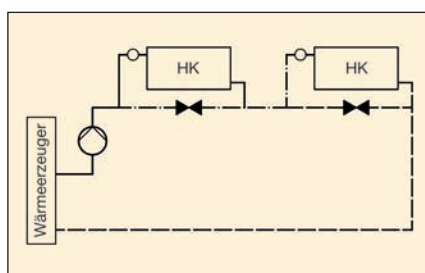


Abb.3 Einrohrheizung: Leistungsregelung über Bypass

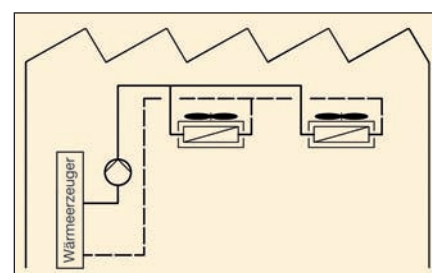


Abb.4 Luftheizregister: Leistungsregelung durch Änderung der Ventilator Drehzahl

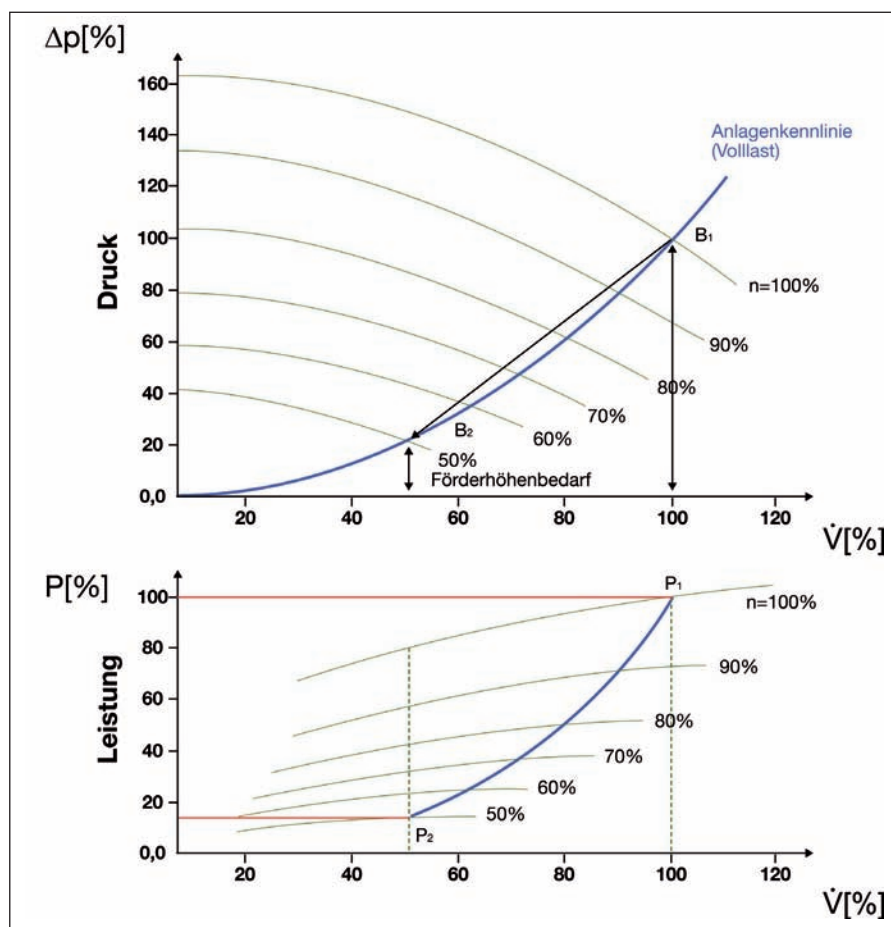


Abb.5 Leistungsanpassung durch direkte Drehzahlregelung

interner Lasten an. Hier lassen sich die in der Gebäudetechnik heute überwiegend differenzdruckgeregelten Pumpen einsetzen. Die Funktionsweise kann am Beispiel eines einfachen Heizungssystems mit Thermostatventilen leicht erläutert werden: Wenn die gewünschte Temperatur in den Räumen erreicht ist, fahren die Thermostatventile zu und es verringert sich der Strömungsquerschnitt im Ventil. Der hierdurch erzielte größere Widerstand führt zu einer steileren Anlagenkennlinie. Bei unregulierten Pumpen (Drehzahl bleibt konstant; $n = 100\%$) steigt der Förderdruck an. Differenzdruckgeregelte Pumpen erkennen diesen Druckanstieg, interpretieren ihn als „Teillastbetrieb des hydraulischen Systems“ und fahren in der Leistung, d. h. in der Drehzahl, zurück. Wie stark die Drehzahl zurückgenommen wird, hängt von den Regelungsstrategien ab. Derzeit gibt es bei differenzdruckgeregelten Pumpen zwei Regelungsstrategien:

- ▶ Konstantdruck-Regelung: Die Pumpe hält den Förderdruck im gesamten Teillastbereich konstant.
- ▶ Proportionaldruck-Regelung: Die Pumpe senkt den Förderdruck im Teillastbetrieb bis auf 50 % gegenüber der Volllast ab.

Abb.1 verdeutlicht die Leistungseinsparungen beider Regelungsarten. Bei 50 % Fördervolumenstrom kann bei der Konstantdruck-Regelung die Drehzahl auf ca. 85 % reduziert werden, was den theoretischen Leistungsbedarf auf 50 % im Punkt B_2 senkt. Im Fall der Proportionaldruck-Regelung kann die Drehzahl auf ca. 73 % zurückgefahren werden, was zu ca. 33 % theoretischer Leistungsanforderung im Betriebspunkt B_2' führt. Die meisten im Handel erhältlichen regelbaren Pumpen können nach diesen beiden Regelstrategien betrieben werden. Leider ist dies auch in Fachkreisen wenig bekannt, weshalb die Einstellungen selten überprüft werden und

somit oft unnötig Energie verbraucht wird. Das Einsparpotenzial von regelbaren Pumpen mit der Führungsgröße Differenzdruck ist zwar beachtlich, liegt aber noch deutlich hinter den physikalischen Möglichkeiten, da ein Großteil der Pumpenleistung an den Thermostatventilen abgebaut werden muss, um die Information „Pumpendrehzahl reduzieren“ zu übertragen.

Abb.5 zeigt das maximale Einsparpotenzial auf, wenn die Information „Massenstrom, d. h. Pumpenleistung reduzieren“ vom Verbraucher direkt an die Pumpe übermittelt würde und nicht über den indirekten Weg der Massenstromdrosselung in Ventilen. Die Pumpendrehzahl kann auf 50 % reduziert werden, wenn ein hydraulisches System im Teillastbereich fährt und nur noch 50 % Volumenstrom benötigt. Hierbei verringert sich die Förderhöhe auf 25 % und die notwendige, theoretische Antriebsleistung auf 12,5 %, was eine Einsparung von 87,5 % bedeutet. Für diese hohe Einsparquote muss die Pumpe jedoch die Information der Drehzahlreduzierung auf 50 % direkt bekommen, was in hydraulischen Systemen meist nicht der Fall ist.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die thermische Leistungsanpassung üblicherweise in zwei Schritten erfolgt:

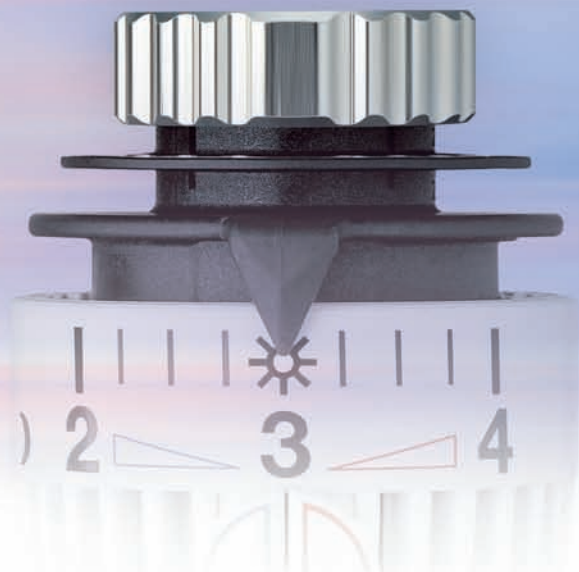
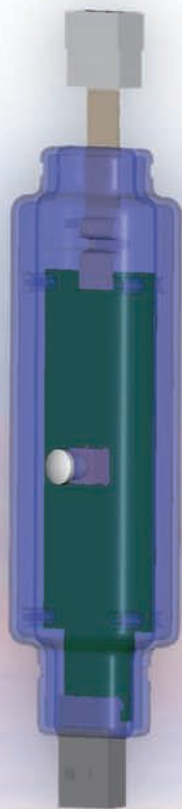
1. Regelung der Vorlauftemperatur für eine Gruppe von Verbrauchern in einem Heizkreis zur Anpassung der Heizleistung an die Außentemperatur.
2. Nachregelung am Verbraucher zur individuellen Leistungsanpassung aufgrund z. B. solarer Einstrahlungen oder interner Lasten.

Die Regelung der Vorlauftemperatur hat keinen Einfluss auf den Massenstrom und damit den Pumpenenergieverbrauch im Verbraucherkreislauf. Lediglich einige Formen der Nachregelung, wie z. B. die Verwendung von Thermostatventilen, führen im Fall von internen oder solaren Lasten zu einer Verringerung des Massenstroms und damit zu einer gewissen Einsparung an Pumpenstrom.

Vor diesem Hintergrund lässt sich auch erklären, warum das Einsparpotenzial regelbarer Pumpen in der Praxis meist viel geringer ausfällt als erhofft.

E-Pro

Weil Energie so teuer ist



Die Energiekosten steigen seit Jahren kontinuierlich an – und ein Ende dieser dramatischen Entwicklung ist nicht abzusehen. Höchste Zeit also für die Welt-Neuheit E-Pro. Die effektive Notbremse gegen ständig steigende Energiepreise – und eine große Chance für Sie und Ihre Kunden.

E-Pro ist Zeitprogrammierung auf Knopfdruck. Einmal gedrückt, für immer gespart. Programmierung im Vorübergehen. Selbstlernend, kinderleicht – da muss man nicht viel erklären. Für Profis gibt es zudem den E-Pro-Stick, für die extrem schnelle Programmierung.

Energieeinsparung bis zu 20 Prozent – und das bei geringen Investitionskosten. Passt für alle Thermostatventile mit dem Heimeier-Anschluss M 30 x 1,5 – die ideale Maßnahme für die Nachrüstung.

E-Pro. So einfach kann's sein.

**Mehr Informationen im Internet:
Webcode 1001-01**

Wenn man es genau nimmt.

Theodor Heimeier Metallwerk GmbH
Völlinghauser Weg · D-59597 Erwitte · www.heimeier.com
Telefon: +49 (0) 29 43 / 891-0 · Telefax: +49 (0) 29 43 / 891-452



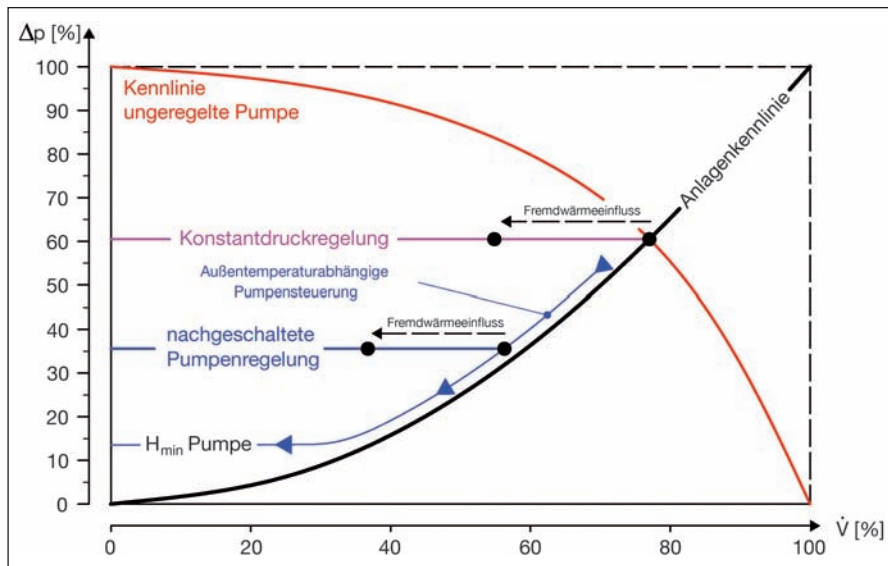


Abb.6 Vergleich Pumpenregelung

ENERGIESPARENDE REGELUNG IN DER HEIZUNGSTECHNIK

Wie eingangs ausgeführt, muss dem Hilfsenergieverbrauch von Energiesystemen ein vermehrtes Augenmerk geschenkt werden. Eine gute Regelstrategie in der Hydraulik darf nicht nur die Einsparung thermischer Energie berücksichtigen, sondern muss auch auf einen geringen Strombedarf der Umwälzpumpen hinwirken.

1. Allgemeine Grundlagen

In einem hydraulischen System stehen die durch die Pumpe erzeugte Antriebsleistung und die durch Reibung hervorgerufene Strömungswiderstandsleistung im Gleichgewicht. Die Strömungswiderstandsleistung ergibt sich aus dem Produkt von Volumenstrom und Reibungsdruckverlust.

$$P_{\text{Antr.}} = P_{\text{Str.Wid.}} = \dot{V} \cdot \Delta p_r \quad (\text{Gl.1})$$

Die Reibungsdruckverluste sind proportional zum Quadrat der Strömungsgeschwindigkeit. Weiterhin besteht in einem definierten Rohrnetz ein linearer Zusammenhang zwischen Strömungsgeschwindigkeit und Volumen- bzw. Massenstrom, so dass die Reibungsdruckverluste ebenfalls quadratisch mit dem Volumenstrom ansteigen.

$$\Delta p_r \sim \dot{V}^2 \quad (\text{Gl.2})$$

Durch das Einsetzen von Gleichung 2 in Gleichung 1 ergibt sich, dass in einer hydraulischen Anlage die notwendige Antriebsleistung mit dem Volumen- bzw. Massenstrom in dritter Potenz steigt.

$$P_{\text{Antr.}} \sim \dot{V}^3 \quad (\text{Gl.3})$$

Die Gleichungen 1 und 3 zeigen deutlich, wo Möglichkeiten der Leistungseinsparung liegen. So können etwa die Reibungsdruckverluste durch eine größere Dimensionierung der Rohrleitungen und Armaturen reduziert werden. Hier gilt die Faustformel: Die Vergrößerung der Rohrleitung samt Armaturen um eine Dimension verringert den Druckabfall um 2/3 und führt damit zu einer Einsparung an Antriebsleistung von knapp 70 %.

Auch ist es lohnenswert, sich Gedanken über den für die thermische Leistungsübertragung notwendigen Volumen- bzw. Massenstrom zu machen.

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_{\text{Vorl.}} - t_{\text{Rückl.}}) \quad (\text{Gl.4})$$

Wie Gleichung 4 darlegt, kann bei vorgegebenem Leistungsbedarf der Volumenstrom gesenkt werden, wenn die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf vergrößert wird. Die hierdurch erzielbare Einsparung an Antriebsleistung beläuft sich bei einer Halbierung des Volumenstroms auf knapp 90 %. Aber schon eine Massenstromreduzierung von nur 20 % führt zu einer Einsparung der notwendigen Antriebsleistung von ca. 50 %. Das Einsparpotenzial durch Massenstromreduzierung ist so groß, dass man die in der Vergangenheit vor dem Hintergrund der „Thermischen Behaglichkeit“ immer weiter reduzierte Temperaturspreizung mit der Folge höherer Massenströme hinterfragen und optimieren muss.

2. Kombination von Vorlauftemperaturregelung und Volumenstromanpassung

Wie Gleichung 4 zeigt, gibt es in der Hydraulik prinzipiell zwei Möglichkeiten der thermischen Leistungsregelung:

1. Volumenstromregelung
 2. Vorlauftemperaturregelung
- Interessante Neuerungen kommen hier vom Systemanbieter KSB, der bei Heizungsanlagen im Teillastbereich (Übergangszeit) neben der Vorlauftemperatur auch den Vo-

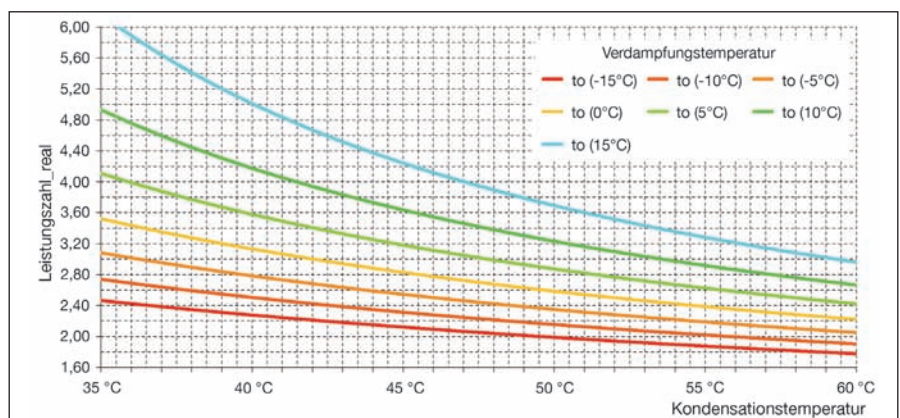
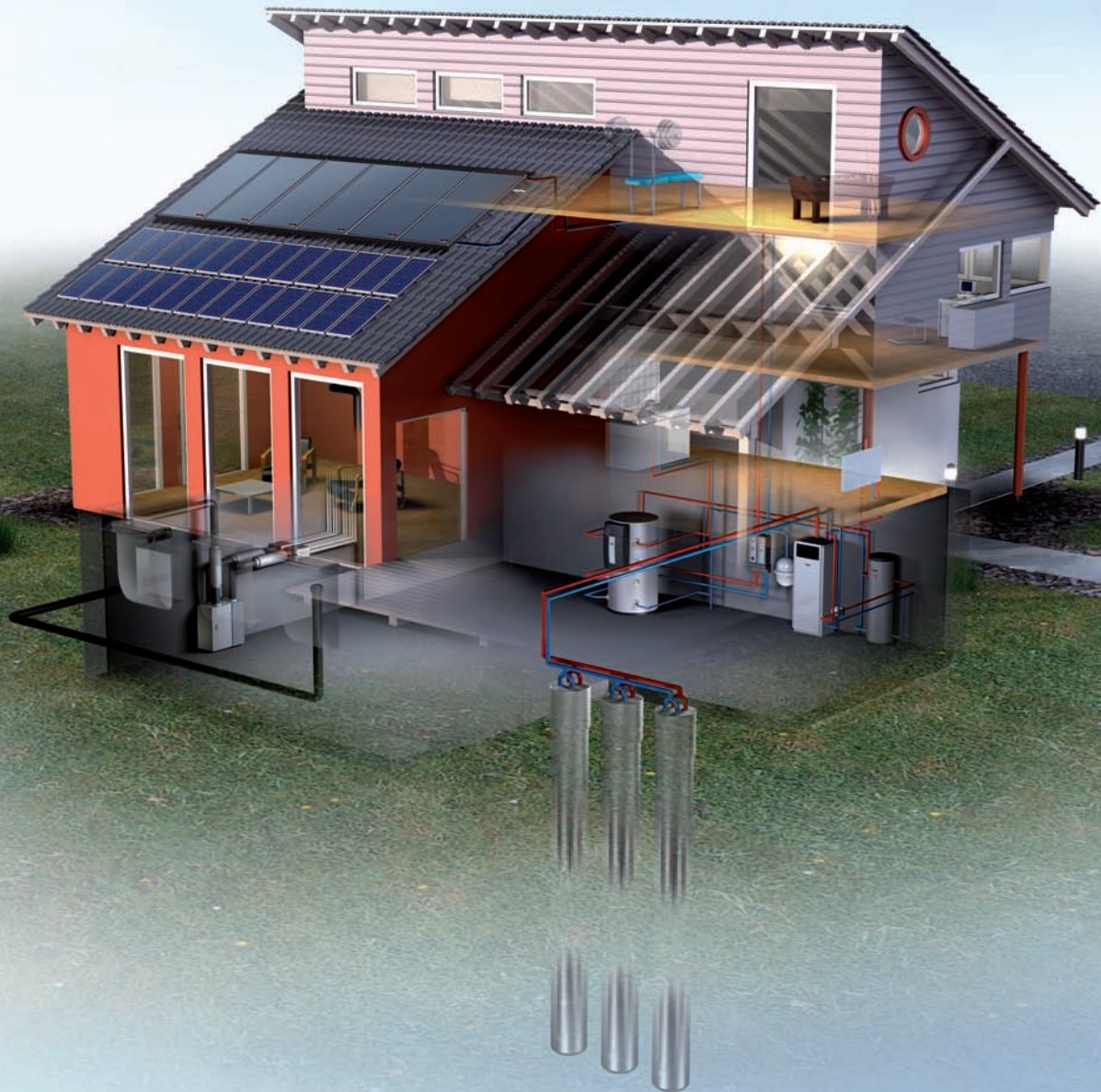


Abb.7 Reale Leistungszahl einer Wärmepumpe (Gütegrad $\eta_m = 0,4$) in Abhängigkeit von der Verdampfungs- und Kondensationstemperatur

Wolf denkt Heiztechnik neu:

das Konzept Sonnenheizung.



Der Wolf Schichtenspeicher speichert Wärme optimal durch sein Ein-Speicher-System. Zusammen mit den Solarkollektoren, einer Wärmepumpe, einem Öl-/Gasbrennwertgerät oder einem Pelletkessel und der Solarsteuerung ergänzt er sich ideal zum "Konzept Wolf-Sonnenheizung". Zusätzlich sorgt die Wolf Comfort-Wohnungs-Lüftung stets für bestes Klima im Haus. Wolf - effiziente Energiesparsysteme aus einer Hand. Infos unter: www.wolf-heiztechnik.de oder 0 87 51/74 11 47

WOLF

Die Kompetenzmarke für Energiesparsysteme

Auslegungsfall	Konventionell	Temp./ Volumenstr. Regelung
Übertragene Leistung am Kondensator	100 kW	100 kW
Vorlauftemperatur	40 °C	41 °C
Rücklauftemperatur	35 °C	34 °C
Massenstrom	100 %	75 %
Förderhöhe der Pumpe	40.000 Pa	22.500 Pa
Pumpenwirkungsgrad	30 %	30 %
Kondensationstemperatur	45 °C	46 °C
Verdampfungstemperatur	0 °C	0 °C
Gütegrad Kältemittelkreislauf	40 %	40 %

Abb.8 Auslegung der Referenz-Wärmepumpen-Heizungsanlage

lumenstrom über eine Leistungssteuerung der Pumpe anpasst. Damit werden die hydraulischen und die thermischen Verluste minimiert, ohne dass man Einbußen bei der Regelgüte hinnehmen müsste.

Der Grundgedanke dieser Strategie besteht darin, dass zunächst eine Verschiebung der Heizkurve (Vorlauftemperatur) nach oben vorgenommen wird. Hierdurch kann, bei gleich bleibender thermischer Leistung, der Massenstrom reduziert werden. Wird die Heizkurve parallel nach oben verschoben, bedeutet dies im Teillastbereich eine relativ stärkere Temperaturerhöhung gegenüber dem Nennlastpunkt, weshalb der Massenstrom im Teillastbereich weiter zurückgenommen werden kann. Dies geschieht direkt durch eine Reduzierung der Pumpenleistung (Massenstromsteuerung) und nicht durch Drosselung des Massenstroms.

Solare oder interne Lasten im Gebäude werden wie bei konventionellen Hydrauliksystemen über die lokale Nachregelung (z. B. Thermostatventile) ausgeregelt. Daraus resultierende Druckänderungen im hydraulischen Netz können von der Pumpe nach dem Konstantdruck-Verfahren ausgeregelt werden.

Abb.6 stellt die konventionelle Regelung und die energiesparende Kombinationsregelung gegenüber. Untersuchungen bei Heizungsanlagen mit Heizkörpern und Thermostatventilen haben ein Stromsparpotenzial dieser Systemlösung gegenüber der klassischen Betriebsweise (Vorlauftemperaturregelung mittels Beimischtung und Konstantdruckgeregelte Pumpe) von 50–70 % ergeben.

Am Institut für Gebäude- und Energiesysteme der Hochschule Biberach wurden die Anwendbarkeit dieser Regelstrategie für Wasserluftwärmetauscher in Lüftungsgeräten sowie Deckenluftherzern untersucht. Die Ergebnisse haben eine einwandfreie Funktionalität der Regelungsstrategie bestätigt und lassen jährliche Einsparungen an Pumpenstrom von bis zu 70 % erwarten. Damit lassen sich die wesentlichen Merkmale der kombinierten

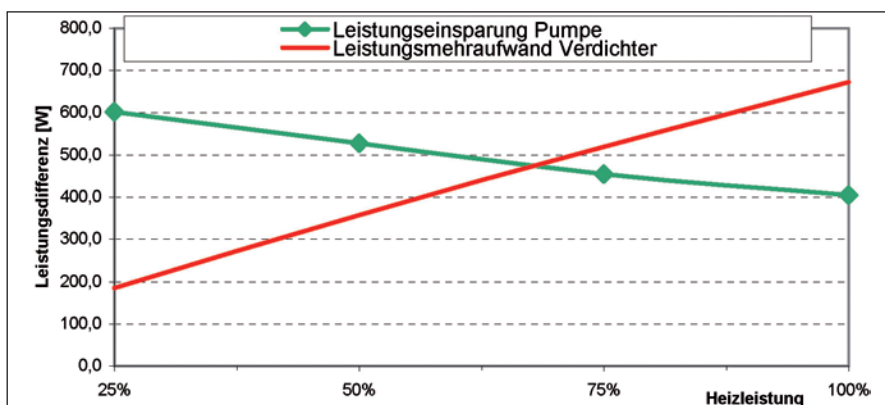


Abb.9 Leistungseinsparung Pumpe / Mehraufwand Verdichter

Vorlauftemperaturregelung mit Volumenstromanpassung wie folgt zusammenfassen: Die leichte Anhebung der Vorlauftemperatur im Auslegungspunkt und eine geringere Vorlauftemperaturabsenkung im Teillastbetrieb kombiniert mit einer direkten Volumenstromanpassung durch die Pumpe führen zu einem gut regelbaren energieeffizienten Hydraulikkonzept. Dieses senkt zudem die Rücklauftemperatur und steigert damit im Bereich der Brenn-

werttechnologie den thermischen Wirkungsgrad. Darüber hinaus genügt diese Regelstrategie auch den Anforderungen der EnEV in Heizkreisen ohne Massenstromdrosselung, wie z. B. bei Einrohrheizungen oder Luftheizregistern, da der Volumenstrom lastabhängig (außentemperaturabhängig) gesteuert wird.

VOLUMENSTROMANPASSUNG IN HYDRAULIKSYSTEMEN MIT KÄLTENMASCHINEN BZW. WÄRMEPUMPEN

Wie mehrfach erwähnt, wird bei der kombinierten Vorlauftemperaturregelung mit Volumenstromanpassung die Volumenstromreduzierung durch eine leichte Anhebung der Vorlauftemperatur erkaufte. Kältemaschinen und Wärmepumpen unterscheiden sich von Heizungskesseln wesentlich darin, dass ihre Effizienz in sehr großem Umfang von der Vorlauftemperatur abhängig ist.

Vor diesem Hintergrund wurden am Institut für Gebäude- und Energiesysteme theoretische Untersuchungen durchgeführt,

die den Einsatz der kombinierten Vorlauftemperaturregelung mit Volumenstromanpassung in Verbindung mit Wärmepumpen und Kältemaschinen bewerten. Die angestellten Überlegungen sollen zunächst am Einsatz von Wärmepumpen beispielhaft aufgezeigt werden.

Sie lassen sich aber auch auf die Hydraulik von Kälteanlagen übertragen, deren Bedeutung und Energieverbrauch ständig zunehmen.

1. Effizienz von Wärmepumpen und Kältemaschinen

Die Funktion der Wärmepumpe wie auch die der Kältemaschine beruht auf einem linksläufigen Kraft-Wärmeprozess, dessen maximale Effizienz durch die Carnot-Leistungszahl $\varepsilon_{\text{Carnot}}$ (Ideale Leistungszahl) ausgedrückt werden kann. Der linksgängige Carnot-Prozess beschreibt die ideale Umwandlung von Arbeit in nutzbare Wärme (Wärmepumpen) bzw. nutzbare „Kälte“ (Kältemaschinen).

Die Carnot-Leistungszahl für Wärmepumpen ergibt sich zu:

$$\varepsilon_W = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{|q_{\text{ab}}|}{|q_{\text{ab}}| - |q_{\text{zu}}|} = \frac{T_{\text{max}}}{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}} \quad \text{Gl.5}$$

Die Carnot-Leistungszahl für Kältemaschinen lautet:

$$\varepsilon_K = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{q_{\text{ab}}}{|q_{\text{ab}}| - q_{\text{zu}}} = \frac{T_{\text{min}}}{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}} \quad \text{Gl.6}$$

Allgemein gilt, dass die Leistungszahl von Wärmepumpe bzw. Kältemaschine umso größer ist, je niedriger die Differenz zwischen Verdampfungs- und Kondensationstemperatur gehalten wird.

Der Carnot-Prozess stellt den Grenzfall eines umkehrbaren Prozesses dar, der

ideale Voraussetzungen erfordert, die in der Praxis nicht vorhanden sind.

Da die Umwandlung von Arbeit in Wärme in der Realität verlustbehaftet geschieht, wird die Carnot-Leistungszahl (Ideale Leistungszahl) mit dem Gütegrad η_m multipliziert.

$$\varepsilon_{\text{real}} = \varepsilon_{\text{Carnot}} \cdot \eta_m \quad \text{(Gl.7)}$$

Abb.7 zeigt die Abhängigkeit der realen Leistungszahl für Wärmepumpen (mittlerer Gütegrad $\eta_m = 0,4$) von der Verdampfungs- und Kondensationstemperatur.

Dabei wird deutlich, dass die Leistungszahl mit steigender Verdampfungs- und sinkender Kondensationstemperatur steigt. Als Anhaltswert kann für Wärmepumpen angenommen werden, dass eine Erhöhung der Heizungs-Vorlauf-temperatur um 1 K die Effizienz des Prozesses um 2,5 % verschlechtert. Bei der Anwendung von Kältemaschinen bedeutet eine Absenkung der Kühlkreis-Vorlauf-temperatur um 1 K gar eine Effizienzverschlechterung von 3 %.

2. Kombinierte Vorlauftemperaturregelung mit Volumenstromanpassung in Verbindung mit Wärmepumpen

Wesentliche Voraussetzung für die Strom-einsparung bei Umwälzpumpen in der Hydraulik von Heizungssystemen mittels

kombinierter Vorlauftemperaturregelung und Volumenstromanpassung ist die Anhebung der Vorlauftemperatur. Dies hat aber zur Folge, dass sich die Effizienz der Wärmepumpe verschlechtert.

Somit muss hier eine Optimierung des gesamten Systems vorgenommen werden. Denn nur wenn der durch die neue Regelstrategie eingesparte Pumpenstrombedarf (ΔP_{Pumpe}) größer ist als der Mehraufwand am Verdichter ($\Delta P_{\text{Verdichter}}$) der Wärmepumpe bzw. Kältemaschine, kann von einer Effizienzsteigerung des Systems die Rede sein.

$$\Delta P_{\text{Pumpe}} \geq \Delta P_{\text{Verdichter}} \quad \text{(Gl.8)}$$

Ausgehend von der Referenzauslegung einer Wärmepumpen-Heizungsanlage mit den in Abb.8 dargelegten Randbedingungen, wurden unter Annahme der nachfolgenden Vereinfachungen Vergleichsberechnungen durchgeführt:

- ▶ Für den Wärmeübergang am Verdampfer und Kondensator wird eine lastunabhängige Temperaturdifferenz von 5 Kelvin angenommen,
- ▶ der Gütegrad des Kältemittelkreislaufs wird in erster Näherung mit $\eta_m = 0,4$ als konstant angenommen,
- ▶ der Pumpenwirkungsgrad wird ebenfalls als konstant ($\eta_p = 0,3$) angenommen,

WAS BRINGT EIGENTLICH
DIE NEUE WÄRMEPUMPENREIHE
VON DIMPLEX?

NEUE KUNDEN UND
WENIGER ARBEIT BEI BERATUNG
UND INSTALLATION.



Das Design unserer neuen Wärmepumpenreihe erleichtert Ihnen Beratung und Installation:

- Maximale Kombinierbarkeit der Wärmepumpen mit Pufferspeicher und Warmwasserspeicher
- Kompaktbauweise mit integrierten Komponenten für einfache Installation
- Universalbauweise zur Realisierung kundenspezifischer Lösungen
- Moderne Heizungsregelung durch Wärmepumpen-Manager
- Optimale Einbindung regenerativer Wärmequellen

Glen Dimplex Deutschland GmbH, Geschäftsbereich Dimplex
Am Goldenen Feld 18, 95326 Kulmbach, www.dimplex.de

Dimplex
INNOVATIVES HEIZEN UND KÜHLEN

- ▶ der Verdichter der Wärmepumpe sei stufenlos modulierend im thermischen Leistungsbereich zwischen 25 – 100 % regelbar.

Abb.9 zeigt für oben angeführte Randbedingungen beispielhaft die Leistungseinsparung der Pumpe, gegenüber dem Leistungsmehraufwand am Verdichter über der Auslastung (Heizlast) der Anlage aufgetragen. Im Bereich, in dem die Leistungseinsparung an der Pumpe (grüne Linie) oberhalb des Leistungsmehraufwands vom Verdichter (rote Linie) liegt (hier bei Heizleistungen kleiner ca. 70 %), kann von einer Effizienzsteigerung des Systems durch Volumenstromanpassung gesprochen werden.

Bei weiteren Vergleichsberechnungen wurden nun folgende Parameter verändert:

- ▶ die Förderhöhe der Pumpe, die dem Anlagendruckverlust gleichzusetzen ist,
- ▶ die Temperaturspreizung der Heizungsanlage im Auslegungszustand,
- ▶ das Kondensationstemperaturniveau der Wärmepumpe, das 5 Kelvin oberhalb der Vorlauftemperatur liegt, sowie
- ▶ das Verdampfungstemperaturniveau, das 5 Kelvin unterhalb der Solltemperatur liegt.

Die Auswertung dieser Parameterstudie lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ Je größer die Anlagendruckverluste im Auslegungszustand sind, d.h. je höher der Pumpendruck ist, desto größer ist

das Heizleistungsspektrum, in dem die Leistungseinsparung der Pumpe durch Volumenstromanpassung größer ist als der Leistungsmehrabbedarf des Verdichters. Ab einem Anlagendruckverlust im Auslegungszustand von ca. 60–70 kPa ist es energetisch immer sinnvoll, die Vorlauftemperatur zugunsten eines geringeren Massenstroms um 1 Kelvin anzuheben und eine Volumenstromanpassung durchzuführen.

- ▶ Durch eine Erhöhung der Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf verkleinert sich der Heizleistungsbe- reich, in dem sich Volumenstromanpassung positiv auf die Gesamteffizienz des Systems auswirkt.
- ▶ Die Variation des Kondensations- und Verdampfungstemperaturniveaus hat zwar einen großen Einfluss auf die Effizienz der Wärmepumpe, das Einsparpotenzial durch die Volumenstromanpassung wird hierdurch aber nur gering beeinflusst.

Zur Beurteilung des jährlichen Energieeinsparpotenzials wird mit Hilfe der Temperatur-Jahresdauerlinie, wie sie in Abb.10 dargestellt ist, ein Lastprofil für das Wärmepumpen-Heizungssystem erstellt. Hiermit kann dann das durch Volumenstromanpassung erzielbare jährliche Einsparpotenzial berechnet werden. Für die Randbedingungen, wie sie in Abb.8 dargestellt sind, ergibt sich eine jährliche Einsparung des Systems von ca. 1 %. Diese

Einsparung mag auf den ersten Blick recht gering aussehen, was an den ohnehin schon recht günstigen Auslegungsbedingungen des Systems liegt. Am Nennauslegungspunkt beträgt die Pumpenleistung gerade 2,5 % von der Verdichterleistung. Speziell aus dem Bereich der Kältetechnik ist aber bekannt, dass die Anschlussleistung der Umwälzpumpen in der gleichen Größenordnung wie die Verdichterleistung liegt. Hier lassen sich dann schnell jährliche Energieeinsparungen durch das Gesamtsystem in der Größenordnung von 20 % erzielen.

ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass durch eine lastabhängige Volumenstromanpassung in hydraulischen Systemen über 2/3 des Pumpenantriebsstroms eingespart werden können. Dies gilt nicht nur für den Einsatz im Bereich von Heizkörpern oder Flächenheizungen, sondern auch in Verbindung mit Luftheizregistern. Bei Heizungsanlagen mit Brennwerttechnologie verbessert sich zusätzlich der thermische Nutzungsgrad der Anlage. Am Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE) der Hochschule Biberach wurde weiterhin die Anwendbarkeit dieser Regelstrategie in Verbindung mit Wärmepumpen und Kältemaschinen untersucht. Hier können ebenfalls erhebliche Energieeinsparungen am Gesamtsystem erzielt werden. Derzeitige Untersuchungen am IGE beleuchten die elektrische und thermische Effizienzsteigerung im Bereich der Brauchwarmwassererzeugung durch die vorgestellte Regelstrategie. Die Ergebnisse sind vielversprechend!

* EnEV: 2001 §12,3

Autoren

Professor Dr.-Ing. Alexander Floß,
Studiengang Gebäudeklimatik
cand. Ing. Christian Dietrich,

cand. Ing. Sebastian Frank
Hochschule Biberach,

Institut für Gebäude- und Energiesysteme

Foto und Grafiken: Hochschule Biberach

www.fh-biberach.de

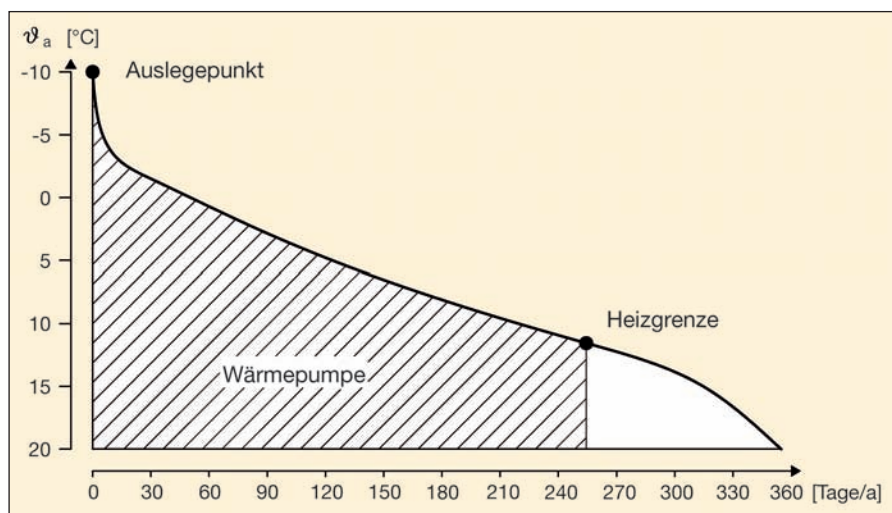


Abb.10 Temperatur-Jahresdauerlinie

Solarertrag rauf, Gasverbrauch runter:
die neue Solar-Brennwertheizung von Junkers.



Vom Spezialisten für erneuerbare Energien:
Die erste Solar-Brennwertheizung mit
eingebauter Sonnenprognose reduziert
bereits im Vorfeld effektiv den Gasverbrauch.



SolarInside

Profitieren Sie von einer Weltneuheit: Wenn morgens die Sonne aufgeht, hat sich die neue Heizung von Junkers bereits optimal auf den Tag vorbereitet und vermindert den Gasverbrauch bei der Warmwasserbereitung zusätzlich um bis zu 15%. Denn die patentierte Regeltechnik „SolarInside“ errechnet den möglichen Solarertrag und die Heizung stellt sich darauf ein.

Das spart bares Geld, schont nachhaltig die Umwelt und macht Sie unabhängiger von steigenden Energiepreisen.

Und das alles bei einfacher Bedienung, flüsterleisem Betrieb und behaglichem Heiz- und Warmwasserkomfort.

Wärme fürs Leben

 **JUNKERS**
Bosch Gruppe

Die Welt ist keine Scheibe - Ihre Anzeigen auch nicht [...]



innovatools

Werkzeuge für den Erfolg

Fach.Journal

Fachzeitschrift für Erneuerbare Energien & Technische Gebäudeausrüstung

[Hier mehr erfahren](#)



innovapress

*Innovationen publik machen
schnell, gezielt und weltweit*

Filmproduktion | Film & Platzierung | Interaktive Anzeige | Flankierende PR | Microsites/Landingpages | SEO/SEM | Flashbühne