

Brennwert ist mehr Wert

Worauf man bei der Kesselauswahl achten sollte

Wer sich entschieden hat, Gas oder Öl als Energieträger einzusetzen, steht vor einer weiteren Entscheidung: welcher Kessel soll es sein? Das Angebot auf dem Markt ist sehr vielfältig. Aber wie kann man erkennen, ob ein Kessel tatsächlich energieeffizient betrieben werden kann? Die Autoren dieses Beitrags geben wertvolle Tipps hierzu.

Autoren:

Kati Jagnow und Dieter Wolff,
Braunschweig

Für das Niedrigenergiehaus ist eines klar: keine Technik funktioniert optimal ohne geeignetes Konzept, jede hat im Zusammenspiel mit der Nutzung und dem Gebäude ihre Berechtigung. Alles braucht eine Qualitätssicherung von der ersten Idee bis zur Inbetriebnahme.

Stillstandsverluste mehr beachten

Jeder normale Kessel hat Verluste, wenn Brennstoff in Nutzwärme umgewandelt wird (heißes oder zumindest warmes Abgas und Wärmeabgabe an den Aufstellraum). Aber auch in den sog. Stillstandszeiten, wenn keine Nutzwärme abgefordert wird, entstehen Verluste durch die Nachheizung des Kessels gegen seine Auskühlung. Ein wenig anders sortiert lauten diese Verluste Oberflächenverluste und Abgasverluste.

Für das Niedrigenergiehaus (NEH) ist wenig Nutzwärme erforderlich, etwa 30 bis 60 kWh/(m²a). Für das Passivhaus sind es 10 bis 15 kWh/(m²a). Daher spielen die Oberflächenverluste und der Aufstellort des Wärmeerzeugers eine viel größere Rolle als die eigentliche Energieumwandlung.

Beispiel: Ein gutes Einfamilienhaus (EFH) ist mit einem 15 kW-Brennwertkessel ausgestattet, der einen Oberflächenverlust von 120 W und eine Brennstoffumwandlung mit 5 % Abgasverlust (brennwertbezogen) aufweist. Es wird ab Kessel 8.000 kWh Nutzwärme benötigt. Es ergibt sich folgendes Bild:

- Oberflächenverluste: 0,12 kW x 8760 h/a = 1.051 kWh/a



Brennwertkessel im Feld

- Umwandlungsverluste: (8.000 + 1.051) kWh/a x 0,05 = 453 kWh/a

In der effizienten Umwandlung ähneln sich die Angebote der Hersteller. Die Wahl eines Kessels für das NEH sollte daneben aber vor allem geringe Oberflächenverluste berücksichtigen. Diese werden über den „qB-Wert“ in Prozent bewertet: Bereitschaftsverlustleistung bezogen auf die Anschlussleistung des Kessels. Dieser spezifische Bereitschaftsverlust sollte für Kleinessel maximal bei 1 bis 1,5 % der höchststellbaren Feuerungsleistung liegen.

Lieber Niedertemperatur anstatt Brennwert?

Das kann man für einen Gaskessel ganz allgemein mit NEIN beantworten. Hier ist die Brennwerttechnik schon jahrelang den Kinderschuhen entwachsen und zumindest bei Kleinanlagen nur unwesentlich teurer als Niedertemperaturtechnik.

Die Tatsache, dass viele Brennwertkessel im realen Betrieb überhaupt nie einen Tropfen Kondensat produzieren, ist natürlich nicht von der Hand zu weisen [Wolff u.a. 2003]. Das liegt aber nicht am Kessel, sondern am Einsatzfall.

Insbesondere im Bestand ergeben sich so hohe Netztemperaturen, dass eine Kondensation nicht stattfinden kann. Aber auch dann kommt das Abgas üblicherweise mit niedrigerer Temperatur aus dem Brennwertkessel (vielleicht 60 bis 80°C) als bei einem Niedertemperaturkessel (120°C). So wird immerhin die fühlbare Wärme besser genutzt.

Die Aussage „Brennwert ist hier nicht sinnvoll, weil das Haus ein Altbau ist“, sollte man nicht treffen. Vielleicht wird in einigen Jahren auf Niedrigenergieniveau saniert. Dann hätte man bis dahin eine Durststrecke, aber danach kommen gute Brennwertjahre.

Beim Ölbrennwertkessel sieht die Lage nicht so günstig aus. Er ist teurer in der Anschaffung und braucht noch niedrigere Temperaturen, bevor der erste Tropfen Kondensat anfällt. Außerdem beträgt der maximale Mehrnutzen nur

Systemvergleich: Auf die Quelle kommt es an

Das optimale Heizsystem gibt es nicht. Das sagen viele Wirtschaftlichkeitsvergleiche. Je nach Quelle gewinnt mal die Ölbrennwertheizung, mal die Holzheizung mit Solaranlage oder das gasbetriebene Mini-BHKW. Frei nach dem Motto: schau Dir den Namen der Quelle an und Du weißt, welches Heizsystem gewinnt!

Wenn es das Optimum gäbe, wäre der Rest vermutlich auch schon vom Markt genommen. Wirtschaftlichkeitsbewertungsverfahren reagieren äußerst sensibel auf Annahmen von Nutzungsgraden und Verlustkennwerten, Preissteigerungen, Zinsen, Ohnehinkosten usw. Zudem lässt sich sowieso nicht alles mit Geld bewerten wie z.B. Behaglichkeit, Vermeidung von Schimmel oder der Effekt von Leuchtturmprojekten.



Bodenstehender Brennwertkessel (links) mit großem und wandhängende Brennwerttherme (rechts) mit kleinem Wasserinhalt.



6 % (bei Gas sind es 11 %). Eine allgemeingültige Empfehlung lässt sich hier nicht aussprechen. Wenn das Gebäude bereits ein NEH ist, dann kann und sollte man es mit Ölbrennwerttechnik versuchen.

Kondensation: Auf den Rücklauf kommt es an

Eigentlich kondensiert das Abgas am mehr oder weniger kalten Rücklaufwasser. Daher ist für den Brennwertnutzen die Temperatur des Rücklaufs entscheidend. Wichtig ist, dass das Heizwasser unter etwa 50°C aus der Anlage zurückkommt. Dann kann es mit

beliebigen Temperaturen in den Vorlauf zu den Heizkörpern geschickt werden. In einem sanierten Bestand kann also gern eine Heizung mit 80° C Vorlauftemperatur bei 45° C Rücklauftemperatur betrieben werden. Die Heizflächen müssen die Räume nur warm bekommen. Das gilt selbstverständlich auch im Neubau.

Setzen wir eine bestimmte Heizkörpergröße in einem Haus voraus. Die Temperaturpaarung 60/40°C wäre für den Brennwertnutzen zunächst besser als 55/45°C, weil am 40°C kalten Rücklauf das Abgas besser kondensiert. Wären 70/30°C oder 75/25°C noch besser? Der Mittelwert von Vor- und Rücklauf ist immer 50°C. Die Wärmeabgabe wäre gleich großen Heizflächen in den Räumen immer dieselbe. Gibt es einen Haken?

Die transportierte Wärmemenge ist proportional abhängig von zwei Faktoren: der Temperaturspreizung und der Menge des geflossenen Wasser (Massenstrom). Je größer die Differenz zwischen Vor- und Rücklauftemperatur ist, desto weniger Heizwasser benötigt man für die Versorgung der Räume. Umso weniger müsste theoretisch durch den Kessel fließen. Ist das noch regelbar?

Die Grenze: Mindestdurchflussmenge

In einem Niedrigenergiehaus ist die Paarung 70/30°C mit Sicherheit schon utopisch. Die Volumenströme wären so klein, dass es keine Thermostatventile gibt, die solche Mengen sauber regeln. In einem 120 m² NEH mit 3 bis 5 kW maximaler Heizlast ergibt sich ein Massenstrom von nur etwa 10 Liter/ Stunde an jedem Heizkörper und 100 l/h in Summe. Sobald Fremdwärme (Sonne durch die Fenster oder innere Abwärme) anfällt, muss der Durchfluss weiter verringert werden.

Die meisten Brennwertthermen mit integrierten Pumpen sind für solch kleine Mengen nicht konzipiert. Zum Schutz der Therme gegen Überhitzung benötigen sie einen Mindestvolumenstrom. Weil das wenige in der Therme vorhandene Wasser nicht ausreicht, um als Wärmepuffer nach dem Stopp eines Brennvorgangs zu dienen, muss Heizwasser strömen. Die nachgeschalteten Anlagenteile mit Thermostatventilen bieten aber keine Gewähr für strömendes Wasser (was passiert, wenn alle Ventile geschlossen sind?). Deshalb fördert die Pumpe im Notfall direkt vom Vorlauf in den Rücklauf.

Dazu gibt es so genannte Überströmventile, die als Kurzschlussstellen von Vor- und Rücklauf dienen. Diese sind nicht immer geöffnet, sondern druckgeführt. Nimmt bei einer im Kessel integrierten Pumpe die Anlage nicht genug Wasser ab (das kann bereits im Auslegungsfall eintreten), steigt also deren Ge-

gendruck, dann lässt das Überströmventil Heizwasser vom Vorlauf in den Rücklauf passieren. Am Markt gibt es Thermen, bei denen der Mindestvolumenstrom bei etwa 400 l/h liegt. Das bedeutet für das Beispiel oben: 100 l/h nehmen den Weg über die Anlage und 300 l/h den Kurzschlussweg.

Mehr Wasser oder geringere Vorlauftemperatur

Diesem Problem kann man begegnen, wenn man eine Therme mit einem größeren Wasserinhalt wählt, die dann keinen Mindestvolumenstrom aufweist. Die sind aber meist teurer, werden leider immer seltener und sind auch schwerer und größer. Die praktizierte Alternative ist, dass man das Überströmen in Kauf nimmt und die Vorlauftemperatur so niedrig bzw. den umlaufenden Volumenstrom so hoch wählt, dass das Abgas auch noch fast am Vorlauf kondensieren würde.

Daher haben sich bei Thermen Temperaturpaarungen wie 55/45°C durchgesetzt. Es ergeben sich eher höhere Volumenströme (gut für den Mindestvolumenstrom), bei dem Beispiel oben etwa 400 l/h bei Auslegung. Und das überströmende Vorlaufwasser bildet mit dem echten Rücklaufwasser aus den Heizkörpern ein Gemisch, das noch kalt genug für Kondensation ist. Die ist dann aber geringer.

Für die Auslegungsempfehlung bedeutet das: Wer Kessel oder Thermen ohne Mindestvolumenstrom wählt, sollte auf eine niedrige Rücklauftemperatur achten. Für die restlichen Fälle sollte eine geringe Mitteltemperatur aus Vor- und Rücklauf beachtet werden.

Heiz- und Brennwert sorgen für Verwirrung

Die Thematik Heizwert und Brennwert ist ein Jahrhundertwerk. Seit ewigen Zeiten wird im deutschsprachigen Raum die Kesseffizienz auf den Heizwert des Brennstoffes

Anzeige

Karl Limbach & Cie.
GmbH & Co.KG
Metallwarenfabrik
gegründet 1898

Postfach 190385
42719 Solingen
Telefon 02 12 / 39 80
Telefax 02 12 / 317299
www.limbach-cie.de
info@limbach-cie.de



Limbachmuttern® für den Holz- und Fertigbau

Schwere Ausführung:



“L“-Einschlagmuttern für tragende Holzkonstruktionen, sowie im Holzhaus- und Fertighausbau.

Hoch belastbar:



“L“-Flanschmuttern für die Zwischenwandbefestigung





bezogen. Per Definition hat ein Kessel 100 % Nutzungsgrad, wenn er aus dem Brennstoff den Heizwert herausholt. Nutzt der Kessel den Brennwert, dann holt er mehr als 100 % Energie aus dem Brennstoff. Beim Erdgas ist stoffbedingt somit maximal 111 % Brennstoffausnutzung theoretisch möglich, bei Heizöl 106 %.

Das führt immer wieder zur Verwirrung, vor allem bei der Darstellung von Energiebilanzen. Ein Tortendiagramm zur

Endenergiebilanz lässt sich z.B. schlichtweg nicht zeichnen, wenn der Nutzungsgrad 103 % ist.

Daher heißt es: erst die Endenergie auf den Brennwert umrechnen (Gas: $\times 1,11$, Heizöl: $\times 1,06$). Die Nutzenergie sowie alle Verluste nach dem Kessel bleiben in ihrer Höhe erhalten (Verteilung, Speicher).

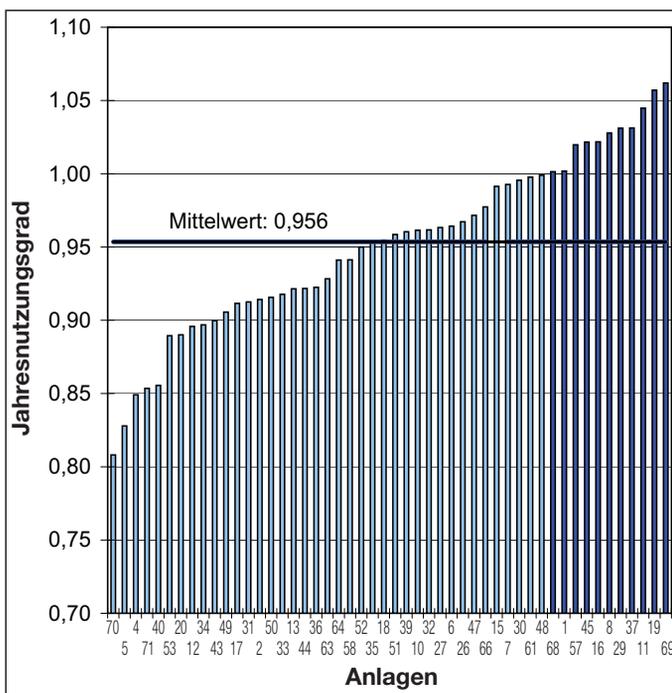
Die Verluste des Kessels werden aber nicht einfach mal 1,11 genommen, sondern wie folgt berechnet:

Beispiel für ein EFH mit Gaskessel:

	Heizwert	Brennwert
Nutzenergie plus Verteilverluste (müssen erzeugt werden)	8000 kWh/a	
Endenergie (wird zugeführt)	7.700 kWh/a	$1,11 \times 7.700 \text{ kWh/a} = 8.547 \text{ kWh/a}$
Nutzungsgrad des Erzeugers	$8000 / 7700 = 1,039 (103,9 \%)$	$8000 / 8547 = 0,936 (93,6 \%)$
Erzeugerverluste	$(7700 - 8000) \text{ kWh/a} = -300 \text{ kWh/a}$	$(8547 - 8000) \text{ kWh/a} = 547 \text{ kWh/a}$

Die energetische Bewertung von Kesseln in den gängigen Normen, Richtlinien und damit Softwareprogrammen ist stark „austauschgeprägt“. Während Konstanttemperaturkessel über Gebühr schlecht abschneiden (Nutzungsgrade von 60 % per Bilanz sind zu finden), werden Brennwertkessel hoch gelobt (Nutzungsgrade von 100 % und mehr per Bilanz). Einzig die Nieder-

Abb. 1: Nutzungsgrade (heizwertbezogen) für Brennwertkessel [Wolff u.a. 2003]



ISOCELL

Mit Sicherheit der bessere Partner



Ein ungedämmtes Dach über ausgebautem Wohnraum, die Abdichtung der Bauanschlussfuge, die Anbindung von Dampfbremsen an Ziegel und Beton, ein überputzbares Klebeband usw.

Sie haben die Anforderung - wir haben die Zellulosedämmung und das Luftdichtheitssystem.

WWW.ISOCELL.AT

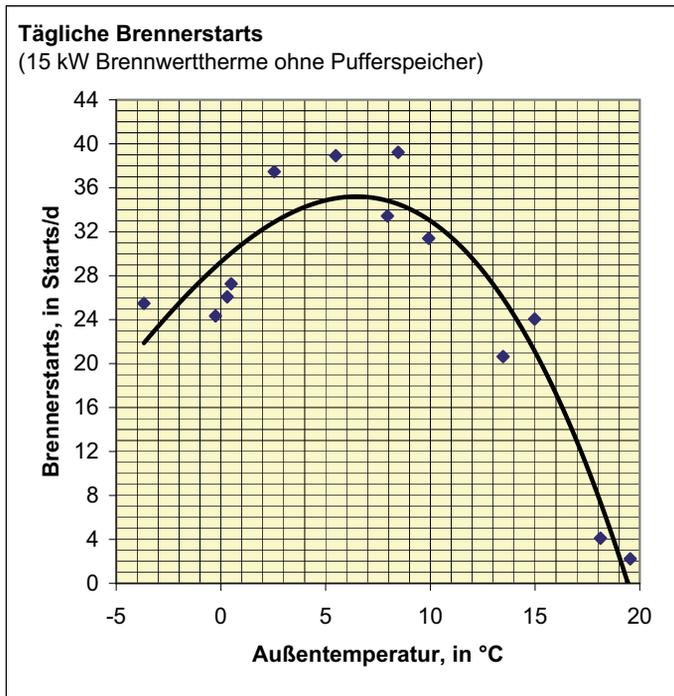


Abb. 2:
Brennerstarts einer Brennwerttherme
im hydraulisch optimierten System

temperaturtechnik kommt einigermassen wirklichkeitsgetreu weg.

Für die realistische Bewertung gilt: Brennwertkessel können derart gute Nutzungsgrade nur erreichen, wenn die gesamte Peripherie stimmt:

- Niedrige Temperaturen im Netz,
- hydraulischer Abgleich der Anlage,
- richtig eingestellte Regler- und Pumpen
- und der richtige Kessel, möglichst ohne integrierte Pumpe.

Werte über 100 % sind dann erreichbar. Aber wo findet man den in der Praxis? Allerdings bleibt das Problem mit den Stillstandsverlusten. Der beste Brennwertkessel ist eben nur dann gut, wenn er gerade Energie umwandelt. Bei hohen Stillstandsverlusten und nur geringer Nutzwärmeabgabe im NEH ist die 100%-Marke schwer zu erreichen. Feldmessungen haben beim durchschnittlichen EFH-Bestand nur 96 % Nutzungsgrad bezogen auf den Heizwert und 87 % bezogen auf den Brennwert festgestellt.

Taktender Kessel oder große Speicher?

Der Problematik von taktenden Kesseln (Ein-Aus-Betrieb) möchten viele Planer

begegnen, indem sie Heizwasserwärmespeicher (Pufferspeicher) einbauen. Wenn der Erzeuger läuft, dann richtig und möglichst lange an einem Stück.

Speicher in Heizungsanlagen kennt man ja aus Solar- oder Holzanlagen, wo sie jedoch eher zum Ausgleich von Angebot und Nachfrage verwendet werden. Auch in Wärmepumpenanlagen sind Speicher beliebt. Dort aber vor allem, um Spitzen vorzubeugen. Denn mehr Leistung zu installieren, ist bei einer Wärmepumpe besonders teuer.

Warum also nicht auch bei konventionellen Gas- und Ölkesseln? Die Idee ist gut und funktioniert. Das Takten nimmt ab, das erhöht die Kessel-effizienz. Denn jedes Takten ist mit Anlaufverlusten verbunden. Leider hat das System nun einen anderen Nachteil. Es hat einen Speicher und dessen Verluste.

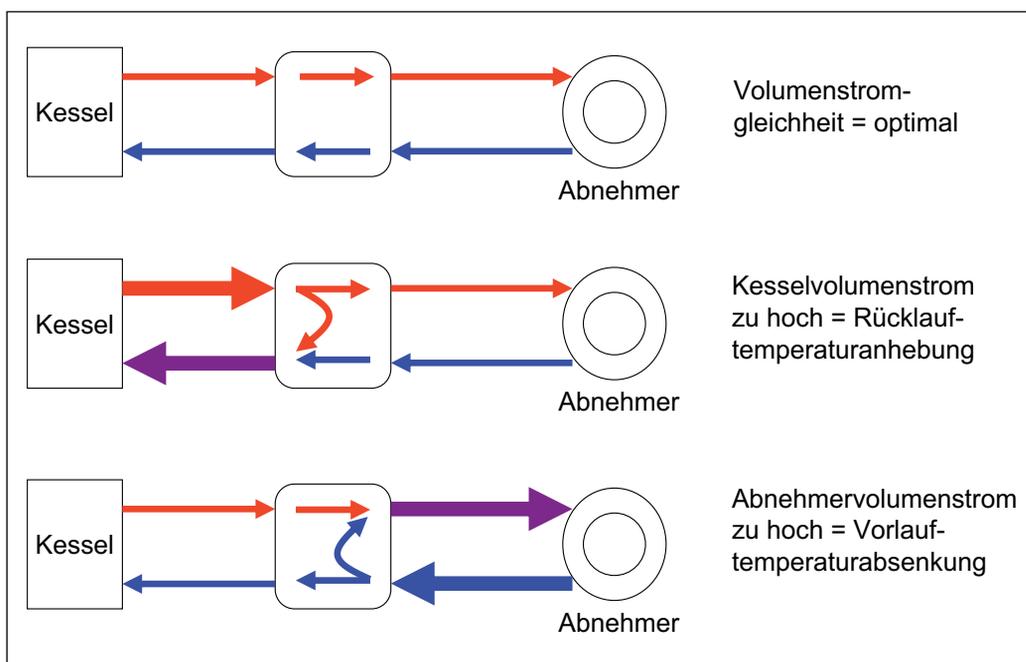
Man kann gegenrechnen: Wie viele Kilowattstunden braucht der Kessel beim Takten und wie viel Geld lässt sich durch die längere Lebensdauer sparen? Auf der anderen Seite: Wie viele Kilowattstunden Wärme verliert der Speicher, wie viel schluckt die zwangsläufig notwendige zusätzliche Ladepumpe und was kostet der Speicher?

Es sollen nur sehr wenige Anlagen bekannt sein, in welchen der Speicher das Duell gewonnen hat. Also: Lieber den Kessel knapp dimensionieren und beim Kauf auf Kessel mit genügend internem Wasserpuffer achten, dann spart man sich den externen Heizwasserspeicher. Geringe Brennerstartzahlen (hier ca. 9000 Starts pro Jahr) lassen sich auch ohne Pufferspeicher in einer hydraulisch optimierten Anlage erreichen, siehe Abb. 2.

Pufferspeicher als große Mischer

Ein Problem von Pufferspeichern ist die Vermischung von Vor- und Rücklaufwasser und damit die häufig unerwünschte Temperaturmischung. Letzt-

Abb. 3: Pufferspeicher bei Volumenstromungleichgewicht



lich ist der Pufferspeicher ein Kurzschluss von Vor- und Rücklauf auf der Erzeuger- wie der Abnehmerseite.

Im optimalen Betrieb fördert die Ladepumpe einen Volumenstrom in den Speicher, welcher von den Abnehmern in voller Höhe entnommen wird. Der Rücklauf ist dann ein „durchlaufender Posten“. Herrscht keine Volumenstromgleichheit, entsteht auf der Seite mit dem größeren Volumenstrom eine Strömung im Kurzschluss. Wenn die Pumpen für Be- und Entladung nicht akkurat dimensioniert sind, vermischt sich also in Pufferspeichern das Heizwasser. Eine evtl. vorhandene Schichtung kann so zerstört werden.

Pumpt die Ladepumpe z.B. mehr Heizwasser durch den Kessel als die Entnahmepumpe durch die Abnehmer, muss unweigerlich der Kesselkreis sein eigenes Vorlaufwasser im Kurzschluss über den Rücklauf wieder ansaugen. Der Speicher wird immer wärmer. Es erfolgt eine Rücklauftemperaturanhe-

bung, die z.B. für Brennwertkessel ungünstig ist.

Soll im umgekehrten Fall mit dem Heizwasser aus dem Pufferspeicher ein Trinkwasserspeicher geladen werden, ist eine zu starke Abnehmerpumpe von Nachteil. Sie entnimmt dem Speicher mehr Wasser als primär zugeführt wird. Also saugt sie das eigene kühle Ladewasser immer wieder an und es dauert sehr lange, Trinkwasser zu bereiten, weil die Wassermischung nicht heiß genug ist. ■

Der Teil 2 der Artikelserie der Autoren zur effizienten Heiztechnik erscheint in Heft 4-2010.

Literatur

[Jagnow 2004] Jagnow, K.: Verfahren zur energetischen und wirtschaftlichen Bewertung von Qualitätssicherungsmaßnahmen in der Heizungsanlagentechnik, Dissertation, Fakultät Bauwesen der Universität Dortmund, pro Business, Berlin, 2004.

[Wolff u.a. 2003] Wolff, D.; Budde, J.; Teuber, P.; Jagnow, K.: Felduntersuchung: Betriebsverhalten von Brennwertkesseln; Abschlussbericht zum DBU Projekt; Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel; Wolfenbüttel; 2003.

[Wolff / Jagnow 2005] Wolff, D.; Jagnow, K.: Optimus, Abschlussbericht zum DBU Projekt – Technischer Teil, Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel, Wolfenbüttel, 2005.

Infokasten

Checkliste zur Kesselauswahl

Als Zusammenfassung vieler Empfehlungen zu Kesseln wurde die folgende Liste erstellt. Ein Kessel sollte

- möglichst ein Brennwertkessel sein
- keine Anforderungen an Mindestvolumenströme haben, was sich mit genügend großem Wasserinhalt und/oder regelungstechnisch durch Leistungsanpassung des Brenners sicherstellen lässt.
- eine einstellbare Hocheffizienzpumpe (einstellbar auf min. 1 m Förderhöhe für das EFH) oder keine eigene (integrierte) Pumpe aufweisen
- vor allem geringe Stillstandsverluste 0,5 bis 1,5 % als q_B -Wert haben, erst nachrangig einen hohen Umwandlungswirkungsgrad 95 bis 98 % bezogen auf den Brennwert
- wenn möglich im beheizten Bereich aufgestellt werden
- nicht ohne Grund an einen Pufferspeicher angeschlossen werden. Auch dessen Bereitschaftsverlust sollte so klein wie möglich sein: nicht mehr als 80 bis 200 W Bereitschaftsverlustleistung inkl. sorgfältig gedämmter Anschlussverrohrungen.
- passend dimensioniert werden
- eine gute Modulation haben, d.h. möglichst auf etwa 10 bis 15 % der maximalen Leistung herunterregeln, bei Ölkessel 35 bis 40 % meist zweistufig.
- wenn man Interesse hat, mit einem oder mehreren Wärmemengenzählern zur Effizienzkontrolle ausgestattet werden. Diese sind auch ungeeicht erhältlich und können auch gebraucht gekauft werden.

Anzeige








Wohlfühlen, das ganze Jahr

Natürliche Dämmstoffe aus Holzfasern



Perfekter Schutz vor:


Kälte


Hitze


Lärm



Vertrieb für Smrečina Hofatex im Deutschland und Österreich:
 Hofatex GmbH, Kalkarensbergstr. 3, 797 80 Stühlingen, Deutschland
 tel.: +49 / 7744 919 380 | fax: +49 / 7744 919 381 | hofmann@hofatex.net

www.hofatex.net