

# Qualitätssicherung für Heizungsanlagen

ODER: was ich schon immer über die Zusammenhänge in Heizungsanlagen wissen sollte

<b>Das optimale Heizsystem...</b>	<b>2</b>
<b>Kessel: Effiziente Umwandlung vs. Stillstandsverluste</b>	<b>2</b>
<b>Was soll der Kessel alles können und haben?</b>	<b>3</b>
<b>Was ist denn nun wichtig für die Kondensation?</b>	<b>3</b>
<b>Doch lieber Niedertemperatur?</b>	<b>4</b>
<b>Fern- und Nahwärme: direkt oder indirekt?</b>	<b>5</b>
<b>Moderne Pumpentechnologie</b>	<b>5</b>
<b>Aber die Kesselpumpe ist doch geregelt...</b>	<b>6</b>
<b>Regelung und Takten</b>	<b>6</b>
<b>Kessel: häufiges Takten oder große Speicher?</b>	<b>7</b>
<b>Darf ich vorstellen, neu bei uns: der gedämmte Heizraum im Keller</b>	<b>7</b>
<b>Rohre ohne Dämmung sterben aus</b>	<b>8</b>
<b>Heiznetztemperaturen: ich wünsch mir 45°C Rücklaufemperatur!</b>	<b>9</b>
<b>Flächenheizungen haben's schwer...</b>	<b>10</b>
<b>... Konvektoren noch viel mehr</b>	<b>11</b>
<b>Lieber groß und lauwarm oder klein und heiß?</b>	<b>11</b>
<b>Direkt geht vor.</b>	<b>12</b>
<b>Pufferspeicher als große Mischer</b>	<b>13</b>
<b>Die Vertreibung aus dem Heizungskeller</b>	<b>13</b>
<b>Back to the roots! Die Renaissance der Einzelheizung?</b>	<b>13</b>
<b>Holz ist unendlich! Wie die Fische im Meer...</b>	<b>14</b>
<b>Mein Regler hat 1 K! – Aber ich hab PI!</b>	<b>14</b>
<b>Wärmepumpen: Peripherie schaffen.</b>	<b>16</b>
<b>Zwei auf einen Streich.</b>	<b>16</b>
<b>Lüftung bitte nur mit Konzept!</b>	<b>17</b>
<b>Und immer wieder: hydraulisch abgleichen, bitte.</b>	<b>17</b>
<b>Solarthermie: das ewige Pro &amp; Contra.</b>	<b>18</b>
<b>Wer misst, misst</b>	<b>19</b>
<b>Sinkende Nutzungsgrade bei allen Techniken?!</b>	<b>19</b>
<b>Austauschlastige Kesselbewertung</b>	<b>19</b>
<b>Wärmepumpen: jetzt brechen harte Zeiten an, es wird gemessen</b>	<b>20</b>
<b>Heizwert und Brennwert: ein Hoch auf Britannien</b>	<b>20</b>
<b>Was ist mit Qualitätssicherung drin?</b>	<b>21</b>
<b>Quellen</b>	<b>22</b>

## Das optimale Heizsystem...

... gibt es nicht. Das sagen viele, 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, was gewinnt!

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

Eines ist für das Niedrigenergiehaus 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.

## Kessel: Effiziente Umwandlung vs. Stillstandsverluste

Ein normaler Kessel hat Verluste während Zeiten ohne Nutzwärmeabforderung (Nachheizung des Kessels gegen die Auskühlung) und bei der Umwandlung von Nutzwärme (Abgas und Wärmeabgabe an den Aufstellraum). Ein wenig anders sortiert lauten diese Verluste also: Oberflächenverluste und Abgasverluste.

Für das Niedrigenergiehaus ist wenig Nutzwärme erforderlich; zwischen 30 ... 60 kWh/(m<sup>2</sup>a) für das Niedrigenergiehaus und 10 ... 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) für das Passivhaus. Daher spielen die Oberflächenverluste und der Aufstellort des Wärmeerzeugers eine viel größere (anteilige) Rolle als die eigentliche Energieumwandlung.

Beispiel: EFH mit 15 kW-Brennwertkessel. Oberflächenverlust 120 W, Brennstoffumwandlung mit 5 % Abgasverlust (brennwertbezogen), benötigte Nutzwärmemenge ab Kessel 12.000 kWh. Es ergibt sich folgendes Bild:

Oberflächenverluste:  $0,12 \text{ kW} \cdot 8760 \text{ h/a} = 1051 \text{ kWh/a}$

Umwandlungsverluste:  $(12.000 + 1051) \text{ kWh/a} \cdot 0,05 = 653 \text{ kWh/a}$

Die Wahl eines Kessels für das NEH sollte neben der effizienten Umwandlung (da ähneln sich die Hersteller) vor allem berücksichtigen, dass die Oberflächenverluste klein sind! Im Prospekt: der "q<sub>B</sub>-Wert". Das ist eine Prozentangabe: Bereitschaftsverlustleistung bezogen auf die Anschlussleistung des Kessels. Dieser spezifische Bereitschaftsverlust sollte für Kleinkessel maximal bei 1 ... 1,5 % der höchstinstellbaren Feuerungsleistung liegen.

## Was soll der Kessel alles können und haben?

In der Zusammenfassung vieler Empfehlungen zu Kesseln [DBU-Brennwertkessel] 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. Dies ist befriedigend heute nur bei Gaskesseln möglich; bei Ölkesseln arbeitet man noch daran.
- eine einstellbare Hocheffizienzpumpe (einstellbar auf min. 1 m Förderhöhe für das EFH) oder keine eigene (integrierte) Pumpe aufweisen
- in erster Priorität geringe Stillstandsverluste 0,5 ... 1,5 % als  $q_B$ -Wert, erst nachrangig einen hohen Umwandlungswirkungsgrad 95 ... 98 % bezogen auf den Brennwert haben
- 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 ... 200 W Bereitschaftsverlustleistung incl. sorgfältig gedämmter Anschlussverrohrungen.
- passend dimensioniert werden
- eine gute Modulation haben (möglichst auf ca. 10 ... 15 % der maximalen Leistung herunterregeln, bei Ölkessel 35 ... 40 % meist zweistufig)
- wenn man Interesse hat, mit einem oder mehreren Wärmemengenzählern (auch ungeeicht, auch gebraucht gekauft) zur Effizienzkontrolle ausgestattet werden

## Was ist denn nun wichtig für die Kondensation?

Eigentlich kondensiert das Abgas am (mehr oder weniger) kalten Rücklaufwasser. Daher ist für den Brennwertnutzen die Temperatur des Rücklaufs entscheidend. Solange das Heizwasser nur unter ca. 50°C aus der Anlage zurückkommt, kann es mit beliebigen Temperaturen dorthin 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 mal 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. Da wäre es ja vielleicht noch besser man nähme 70/30°C oder 75/25°C? Der Mittelwert von Vor- und Rücklauf ist immer 50°C. Das würde in etwa mit in jedem Fall gleich großen Heizflächen in den Räumen funktionieren. Wo liegt denn aber der Haken?

Je größer die Differenz zwischen Vor- und Rücklauftemperatur ist, desto weniger Heizwasser braucht man für die Versorgung der Räume und umso weniger müsste theoretisch durch den Kessel fließen. 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 m<sup>2</sup> NEH mit 3 ... 5 kW maximaler Heizlast ergeben sich ca. 10 l/h an jedem Heizkörper und 100 l/h in Summe. Sobald Fremdwärme anfällt, verringert sich die Menge.

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

Dazu gibt es so genannte Überströmventile, Kurzschlussstellen von Vor- und Rücklauf. Die sind nicht immer offen, sondern druckgeführt. Nimmt bei einer im Kessel integrierten Pumpe die Anlage nicht genug Wasser ab – und das kann bereits im Auslegungsfall eintreten – steigt also deren Gegendruck, lässt das Überströmventil Heizwasser vom Vorlauf in den Rücklauf passieren. Am Markt sind u. a. Thermen, bei denen der Mindestvolumenstrom bei ca. 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.

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

Daher haben sich im Zusammenhang mit Thermen Temperaturpaarungen wie 55/45°C durchgesetzt. Es ergeben sich eher höhere Volumenströme (gut für den Mindestvolumenstrom), bei dem Beispiel oben ca. 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.

Als Auslegungsempfehlung bedeutet das: Wer Kessel oder Thermen ohne Mindestvolumenstrom wählt, schaut auf eine niedrige Rücklauftemperatur. Der Rest beachtet eine geringe Mitteltemperatur aus Vor- und Rücklauf.

## **Doch lieber Niedertemperatur?**

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. 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 ... 80°C) als bei einem Niedertemperaturkessel (demgegenüber 120°C). Da wurde immerhin die sensible Wärme genutzt.

Die Aussage "Brennwert ist hier nicht sinnvoll, weil das Haus ein Altbau ist", sollte man nicht fällen. Vielleicht wird in 7 Jahren auf Niedrigenergieniveau saniert. Dann hatte man 7 Jahre eine Durststrecke, aber danach kommen auch mindestens noch 10 gute Brennwertjahre.

Beim Ölbrennwertkessel sieht die Lage nicht so günstig aus. Erstmal ist er teurer in der Anschaffung, dann braucht er noch niedrigere Temperaturen, bevor der erste Tropfen Kondensat fällt und zum Dritten beträgt der maximale Mehrnutzen nur 6 % (bei Gas sind es 11 %). Eine allgemeingültige Empfehlung lässt sich noch nicht aussprechen. Wenn das Gebäude bereits ein NEH ist, dann sollte man's mit Ölbrennwerttechnik versuchen.

## **Fern- und Nahwärme: direkt oder indirekt?**

Für das NEH im Neubau stellt sich die Frage nicht, aber im Bestand. Soll ein direkter Nahwärmeanschluss (Fernheizwasser fließt wegen fehlender Systemtrennung auch in der Hausanlage) bleiben oder umgebaut werden? Die Alternative ist der indirekte Anschluss mit Übergabestation (Wärmeübertrager).

Für die Modernisierung kann man eine eindeutige Empfehlung geben: Umstellung auf einen indirekten Anschluss. Der bietet uneingeschränkt die Möglichkeit in der Hausanlage die gewünschten Vorlauftemperaturen und Drücke zu realisieren. Oft wird die Umstellung auch vom Versorgungsunternehmen bezuschusst. Nachfragen lohnt.

## **Moderne Pumpentechnologie**

Der Einsatz von Regelpumpen ist sinnvoll, wo veränderliche Volumenströme zu verzeichnen sind: in Zweirohrheizungen. Regelpumpen variieren selbsttätig die Drehzahl, und damit die elektrische Leistungsaufnahme, um die sich ändernden Druckverhältnisse auszugleichen. Pumpen in Einrohrheizungen, Speicherlade- und Zirkulationspumpen können auch unregelt sein. Sie laufen mit konstanter Drehzahl und Leistung.

Empfehlenswert, für heute fast alle Anwendungsfälle sind Hocheffizienzpumpen mit Gleichstrommotoren, weil sie nur etwa ein Drittel der Leistungsaufnahme einer konventionellen Wechsel- oder Drehstrompumpe haben. Sie kosten heute ca. 2- bis 3-mal mehr als eine konventionelle Regelpumpe. Sie sind damit im Austausch- oder Neubaufall in der Regel wirtschaftlich.

Ob ein Pumpentausch wirtschaftlich sinnvoll auch bei intakter Bestandsregelpumpe ist, sollte eine Energieberatung im Zweifelsfall klären.

Wichtig ist: Hocheffizienzpumpen lösen keine Hydraulikprobleme. Wenn entfernte Heizkörper nicht warm werden, es Strömungsgeräusche gibt o. ä. dann muss die Anlage hydraulisch einreguliert werden (hydraulischer Abgleich). Gern mit Hocheffizienzpumpe als einem Baustein der Optimierung.

## **Aber die Kesselpumpe ist doch geregelt...**

In Wandthermen integrierte Pumpen sind heutzutage meist Regelpumpen, wobei die Art der Regelung und der Regelbereich vom Hersteller vorgegeben sind. Oft ist die Pumpenleistung an die Kesselleistung gekoppelt.

Die Regelbereiche solcher Regelpumpen sind kritisch zu betrachten. In vielen Fällen ermöglichen integrierte Regelpumpen beispielsweise das Einstellen von Differenzdrücken zwischen 0,15 und 0,35 bar (1,5 bis 3,5 m Förderhöhe). Der eingestellte Wert wird dann per Pumpenregelung aufrechterhalten.

Das Problem ist, dass das Niedrigenergiegebäude oft nur 0,05 bis 0,10 bar benötigt. Da nützt die beste Regelpumpe nicht viel... auch sie wird permanent mehr Strom aufnehmen als nötig.

Es sollte bei der Wahl eines Kessels mit integrierter Pumpe also darauf geachtet werden, dass der Pumpendifferenzdruck sich frei wählen lässt, am besten im oben genannten Bereich. Und man sollte grundsätzlich, wenn überhaupt, nur noch Kessel mit integrierter Hocheffizienzpumpe kaufen; oder noch besser einen Kessel, den es auch ohne integrierte Pumpe zu bestellen gibt; dann kann die Hocheffizienzpumpe autark und optimal an die Anlagenverhältnisse angepasst werden. Bei größeren Kesseln ist das eine Selbstverständlichkeit.

## **Regelung und Takten**

Kessel, Pumpen, Blockheizkraftwerke und Wärmepumpen werden heute in der Mehrzahl geregelt oder modulierend betrieben. Das bedeutet, sie passen ihre Leistung der geforderten Nutzwärmeabnahme an; möglichst ohne zu takten. Aber das funktioniert nur in Maßen!

Gasessel im kleinen Leistungsbereich haben je nach Hersteller bereits heute sehr ausgedehnte Modulationsbereiche: sie arbeiten stetig zwischen etwa 10 % bis 100 % ihrer Leistung. Bei Ölkesseln und Wärmepumpen beträgt dieser Bereich ca. 40 % (eher 50 %) bis 100 %. Gasbetriebene Mini-BHKW kommen zumindest bei einigen wenigen Herstellern auf ca. 30 % bis 100 %. Letzteres gilt auch für die meisten Regelpumpen.

Und was passiert, wenn der untere Grenzwert unterschritten wird? Dann wird im Falle der Wärmeerzeuger getaktet (Ein-Aus) und im Falle der Pumpen eben eine größere Leistung als nötig zur Verfügung gestellt.

Problematisch im Niedrigenergiehaus ist, dass zwischen Maximalanforderung und einem mittleren Betriebszustand oft Welten liegen. Das verschärft sich bei kleineren Objekten, wie EFH im Niedrigenergiehausstandard. Für Passivhäuser ist das kein Problem mehr; denn in diesen sollte es gar keine Warmwasserheizung mit oben genannten Komponenten geben!

Erzeuger, Pumpen und Heizflächen werden auf den ungünstigsten Zustand hin gewählt. Da ist es draußen -14°C, es gibt keine solare oder innere Fremdwärme. Das 120 m<sup>2</sup> große NEH hätte eine Heizlast von knapp 5 kW oder weniger. Wegen der Warmwasserbereitung wird aber ein Wärmeerzeuger mit 12 ... 18 kW Leistung gewählt, damit der Speicher nicht so groß ausfällt.

Aus der maximalen Heizlast des Gebäudes wird im Jahresmittel etwa 1 ... 1,5 kW – denn es ist nur 5°C kalt und es gibt Fremdwärmegewinne. Das ist ein Wert bereits unter der unteren Modulationsgrenze eines guten Gaskessels. Er taktet also bei normalen mittleren Betriebsbedingungen. Vermutlich in über der Hälfte der Heizzeit und mehr als zwei Dritteln des Jahres.

Für die Auslegung muss also gelten: alle Komponenten so klein wie möglich, damit der Regelbereich auch genutzt werden kann. Und auch dann muss man sich in bestimmten Situationen damit abfinden.

## **Kessel: häufiges Takten oder große Speicher?**

Der Problematik von taktenden Kesseln (Ein-Aus-Betrieb) möchten viele Planer begegnen, indem sie mehr oder weniger große 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, damit Spitzen vorgebeugt wird, denn Leistung zu installieren ist bei einer Wärmepumpe eher teuer.

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

Also kann man gegenrechnen. Wieviel Kilowattstunden braucht der Kessel beim Takten und wieviel Geld lässt sich durch die längere Lebensdauer sparen. Auf der anderen Seite: wieviel Kilowattstunden Wärme verliert der Speicher, wieviel 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 Kessel knapp dimensionieren. Und beim Kauf auf Kessel mit genügend internem Wasserpuffer achten, dann spart man sich den externen Heizwasserspeicher.

## **Darf ich vorstellen, neu bei uns: der gedämmte Heizraum im Keller**

Das Thema "Technik im beheizten Bereich" nimmt in den letzten Jahren merkwürdige Formen an. Seit die EnEV die Technikanordnung innerhalb der thermischen Hülle durch geringere Energiekennwerte honoriert, gibt es gedämmte Heizräume. Manche auch mit Heizkörpern ausgestattet...

Zur Klarstellung: eine Technik im beheizten Bereich schneidet nach EnEV deshalb besser ab, weil die Abwärme dann rechnerisch einen Raum versorgt, der anderenfalls aktiv über einen Heizkörper versorgt worden wäre. Der gesunde Menschenverstand sagt, dass das bei einem gedämmte Heizraum irgendwie so nicht zutrifft und nicht sinnvoll ist. Auch nicht, wenn man da einen "Alibiheizkörper" aufhängt.

Die Wärme sucht sich vermutlich auch nicht den kürzesten Weg in das Erdgeschoss. Durch die Trittschall- oder sonstige Dämmung. Sondern staut sich, was sie sonst auch getan hätte, in diesem Heizraum. Sofern dieser Raum dann irgendwie sinnvoll (möglichst permanent und nicht nur als Wäschetrockenraum; Vorsicht vor Flusen, die den Luftfilter des Brenners zusetzen!) genutzt wird, ist das Konzept ggf. vertretbar.

Vermutlich wäre das Geld für die Dämmung des Raumes aber ein Vielfaches besser investiert worden, um die Lückenlose Dämmung aller Komponenten im Keller sicherzustellen. Vielleicht auch mit doppelter Dämmstärke gegenüber den Anforderungen des Gesetzgebers.

## **Rohre ohne Dämmung sterben aus**

Die EnEV, der Geldbeutel sowie der gesunde Menschenverstand schreiben eine Dämmung von Rohrleitungen im unbeheizten Bereich vor. Das ist sinnvoll und braucht hier nicht weiter betont werden. Es soll hier um Rohrleitungen im beheizten Bereich gehen.

Bei einem vorschriftsmäßig gedämmten Rohr entspricht die Dämmdicke etwa dem Rohrdurchmesser (Gesamtdurchmesser 3 x Durchmesser des ungedämmten Rohres). Rohrleitungen haben dann etwa einen Verlust von 0,2 W je Kelvin und laufenden Meter, fast unabhängig vom Durchmesser. Bei halber Dämmdicke ergibt sich bis ca. DN 32 etwa 0,4 W/(mK). Bei ungedämmten Rohren 0,6 ... 0,9 W/(mK) für Rohrdurchmesser DN 10 ... 32.

Das bedeutet, dass eine vollständig gedämmte Warmwasserzirkulationsleitung (60°C) im beheizten Bereich (20°C) etwa 8 W/m Wärme permanent abgibt. Halb gedämmt 16 W/m<sup>2</sup> und ungedämmt 25 ... 30 W/m.

In einem Raum mit einem Paar durchgehenden Steigleitungen (Warmwasser, Zirkulation) ergibt sich bei üblicher Raumhöhe (2,50 m) eine Wärmeleistung von 40 W, 80 W oder 120 ... 150 W. Dem gegenüber steht der Wärmebedarf von Räumen.

Handelt es sich um eine Küche (12 m<sup>2</sup>) im Altbau (70 W/m<sup>2</sup> bzw. 840 W maximale Heizlast, 25 W/m<sup>2</sup> bzw. 300 W mittlere Heizlast) fallen selbst die ungedämmten Leitungen nicht auf. Erst gegen Ende der Heizperiode würde man sie merken – und im Sommer natürlich.

Liegen die Rohrleitungen im Bad (3 m<sup>2</sup>) eines Niedrigenergiehauses (40 W/m<sup>2</sup> bzw. 120 W maximale Heizlast, 13 W/m<sup>2</sup> bzw. 40 W mittlere Heizlast) sollten Sie voll gedämmt sein, damit es nicht zur Überversorgung kommt. Bereits halbe Dämmung ist nicht vertretbar.

Das alles gilt selbstverständlich auch für das Heiznetz, wobei dessen Rohrleitungen variable Innentemperaturen haben. Ein vollständig gedämmtes Rohrnetz einer 55/45°C-Verteilung gibt zwischen 0 und 6 W/m, im Heizzeitmittel 2 ... 3 W/m ab. Bei 70/55°C sind es im Mittel 3 ... 4 W/m.

Kritisch begegnen muss man folgenden Fällen:

- Trinkwarmwasserleitungen mit Zirkulation. Im normalen NEH muss man über einfache Dämmung nachdenken, im Passivhaus bei Räumen mit Lüftung und Wärmerückgewinnung über doppelte.
- Heizleitungen einer Zweirohrheizung, außer den Anbindeleitungen im betreffenden Raum des Heizkörpers. Im normalen NEH mindestens halbe Dämmung, bei Dämmstandards oder in Räumen mit Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung auf Passivhausniveau einfache Dämmung. Jeweils auch im Estrich!

Sobald eine Einrohrheizung vorhanden ist, muss bei Sanierung des Gebäudes auf NEH-Niveau mit Überwärmung der Räume gerechnet werden, sofern die Leitungen nicht mindestens einfache Dämmung erhalten. Ist der Baustandard noch besser oder eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung vorgesehen, dann hilft nur Rückbau.

## **Heiznetztemperaturen: ich wünsch mir 45°C Rücklaufemperatur!**

Die Auswahl von Heizkörpern soll hier nur kurz umrissen werden, damit eine Problematik bei der Sanierung klarer wird. Im Neubau läuft der Wahlvorgang folgendermaßen: der Bedarf des Raumes wird festgestellt (maximale Heizlast), eine Temperaturpaarung Vor- und Rücklauf wird festgelegt (für den Tag der maximalen Heizlast), aus dem Katalog wird ein Heizkörper gewählt, der so viel Fläche hat, dass er mit den Wunschtemperaturen die notwendige Leistung abgibt. Dieses Vorgehen sei in Neubau auch weiterhin empfohlen.

Bei der Sanierung von Gebäuden ist der Vorgang ein anderer. Es liegen normalerweise zwei der drei Eingangsgrößen bereits fest: der neue Bedarf des Raumes (Heizlast) und die Fläche bzw. die so genannte Normleistung des aufzunehmenden Heizkörpers (wie vor der Sanierung). Damit ist die dritte Größe nicht mehr frei wählbar. Die Heizkörpertemperaturen ergeben sich!

Der Heizkörper muss nach der Modernisierung des Hauses eine bestimmte mittlere Heizwassertemperatur aufweisen, damit die bereits installierte Fläche den vorhandenen Raum ausreichend erwärmt. Dieser Mittelwert aus Vor- und Rücklaufemperatur wird dem Planer vordiktiert (z.B. 50°C). Er hat nur noch die Freiheit, eine Vorlaufemperatur zu wählen (z.B. 60°C oder 70°C). Die Rücklaufemperatur ergibt sich dann automatisch (hier entweder ca. 40°C oder ca. 30°C). Die Rücklaufemperatur in einer Anlage kann also nicht festgelegt werden, nur indirekt wird sie beeinflusst durch die Wahl der Vorlaufemperatur bzw. der Spreizung = Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf. Wobei nicht jede Temperatur möglich ist. Sie muss so hoch sein, dass alle Räume warm werden.

Dabei wird das zweite Problem angesprochen: das Verhältnis der installierten Heizkörperfläche bzw. Normleistung zum Bedarf (Heizlast) des jeweiligen Raumes ist natürlich nicht überall gleich. Räume profitieren unterschiedlich von einer (nachträglichen) Dämmung bzw. einem Austausch der Fenster) und auch schon vor der Dämmung waren vermutlich nicht alle Heizkörper gleichmäßig dimensioniert. Das führt dazu, dass die Räume eines Hauses jeweils unterschiedliche Mitteltemperaturen benötigen und demzufolge auch unterschiedliche Rücklauftemperaturen liefern.

Diese Problematik ist zu beachten, wenn Wärmeerzeuger und sonstige Komponenten der Anlagentechnik wie Pumpen, voreinstellbare Thermostatventile u. ä. für die Modernisierung gewählt werden. Zunächst ist für jeden Raum (!) der Heizlastbedarf zu berechnen, dann sind die installierten Heizkörper raumweise aufzunehmen (Normheizkörperleistung). Es ist der ungünstigste Raum festzustellen. Dann ist die Vorlauftemperatur so zu wählen, dass dieser Raum ausreichend warm wird, anschließend sind für alle Räume die unterschiedlichen Rücklauftemperaturen zu bestimmen. Schließlich sind Vorlauftemperatur und ein Mittelwert der Rücklauftemperatur des Hauses bekannt. Dann kann die Entscheidung getroffen werden, ob ein Brennwertkessel, eine Wärmepumpe o. ä. überhaupt in Betracht kommt. Oder es werden punktuell Heizflächen getauscht.

## **Flächenheizungen haben's schwer...**

Im Niedrigenergiehaus sind kleine und kleinste Heizlasten (20 ... 40 W/m<sup>2</sup> im Auslegungsfall, etwa ein Drittel im mittleren Teillastfall) zu verzeichnen. Mit einer Hülle auf Passivhausniveau und/oder einer Lüftung mit Wärmerückgewinnung in den Räumen verstärkt sich diese Tendenz. Das Heizsystem ist daher immer weniger der Außentemperatur und immer mehr inneren und solaren Lasten unterworfen. Das Problem verschärft sich in Räumen mit hohem Fensterflächenanteil in Süd-, Ost- oder Westausrichtung.

All dies erfordert immer stärker eine perfekte dezentrale Regelung im Zusammenspiel mit der Dynamik des eingesetzten Heizsystems (von der trägen Fußbodenheizung über schwere Stahl- oder sogar alte Gussradiatoren, schnell reagierende Plattenheizkörper mit Konvektionsblechen bis hin zur flinken Luftheizung. Die zentrale Regelung (Vorlauftemperatur nach Außentemperatur) wird in ihrer Wichtigkeit davon überlagert.

Flächenheizungen für solche Anforderungsfälle haben es daher schwer, wenn sie schwer und träge sind. Zudem hängt die präzise Wärmeabgabe einer Flächenheizung von der präzisen Oberflächentemperatur bzw. dem Temperaturunterschied zum Raum ab. Bei etwa 1 K Temperaturunterschied emittiert die Fläche 10 W/m<sup>2</sup>. Für die oben beschriebenen Objekte ergeben sich maximale Heizlasten von 40 ... 10 W/m<sup>2</sup>. Das ist mit 4 ... 1 K Temperaturunterschied zu realisieren. Die Temperaturen im Netz müssen extrem gering und die Verlegeabstände der Rohre im Boden müssen zudem sehr weit sein.

Im Jahresmittel dritteln sich die notwendigen Übertemperaturen etwa (1,5 ... 0,3 K!). Das ist mit konventioneller Reglertechnik kaum genau einzuhalten.

Daraus leiten sich folgende generelle Empfehlungen ab:

- Flächenheizungen dürfen eigentlich nicht mehr vollflächig verlegt werden. Wird die wärmeabgebende Fläche verkleinert (Aussparen des Randbereichs von Räumen), kann die Oberflächentemperatur etwas höher sein.
- es dürfen keine schweren Estriche verwendet werden, was etwas zu Lasten der Temperaturwelligkeit auf der Oberfläche geht
- es müssen hochwertige elektronische Regler eingesetzt werden.

Trotzdem wird eine Flächenheizung im Niedrigenergie- oder Passivhaus voraussichtlich von Phasen der lokalen Überwärmung begleitet sein. Damit müssen die Anwender umgehen können. Ein Mehrverbrauch ist dann vorhanden, der relativ hoch sein kann, jedoch monetär nicht so zu Buche schlägt, weil das Heizkostenniveau insgesamt ja sehr niedrig ist.

Die Schweizer empfehlen den Verzicht auf eine konventionelle Fußbodenheizung, wenn der Fensterflächenanteil 30% der beheizten Fläche überschreitet, da anderenfalls der Boden als Speicher der solaren Fremdwärme verloren geht, wenn der Estrich aufgeheizt ist [Energie und Bau].

### **... Konvektoren noch viel mehr**

Der Einsatz von Konvektoren in Gebäuden und Räumen mit geringen Heizlasten ist weitaus noch kritischer. Konvektoren leben von dem Prinzip des Auftriebs. Luft strömt an den Konvektorblechen vorbei, wird erwärmt, steigt auf und zieht von unten frische Luft nach. Das alles funktioniert, wie beim Schornstein auch sehr gut, wenn die Konvektoren eine hohe Temperatur haben.

Das Konvektorprinzip reagiert sensibel auf zu niedrige Vorlauftemperaturen. Mindestwerte von ca. 50 ... 55°C sollten eingehalten werden. Alternativ werden zusätzliche raumweise Gebläse benötigt. Damit sind Konvektoren nicht die geeigneten Heizsysteme für NEH und Passivhäuser.

Auch in der Modernisierung sind sie daher kritisch. Wenn die benötigten Heizlasten sinken, müsste die Temperatur im Netz gesenkt werden bei gleichzeitigem Einsatz von Zusatzgebläsen, deren Nachrüstbarkeit nicht überall gegeben ist. Alternativ wird die installierte Heizfläche verkleinert, z.B. durch teilweisen Rückbau. Das funktioniert in Schulen o. ä. gut, wenn mehrere Heizflächen pro Raum vorhanden sind.

### **Lieber groß und lauwarm oder klein und heiß?**

Die ewige Frage einer Neudimensionierung ist, ob die Heizflächen eher groß dimensioniert werden bei gleichzeitig geringem Temperaturniveau (50/30°C ... 55/45°C). Oder ob man den umgekehrten Fall anstrebt mit hohem Temperaturniveau und kleineren Heizflächen (65/45°C ... 70/50°C). Der Übergang ist fließend. Es sind zwei Hauptmerkmale der Paarung zu bedenken: ihr Mittelwert und ihre Spreizung.

Hohe Mittelwerte führen zu kleinen Heizflächen, kleine Mittelwerte zu großen Heizflächen. Es lassen sich damit folgende 9 Typen klassifizieren:

1. kleine Spreizung, mittlerer Mittelwert ca. 60/50°C
2. kleine Spreizung, kleiner Mittelwert ca. 50/40°C
  
3. mittlere Spreizung, hoher Mittelwert ca. 70/55 oder 75/55 °C
4. mittlere Spreizung, mittlerer Mittelwert ca. 65/45°C
5. mittlere Spreizung, kleiner Mittelwert ca. 55/35°C
  
6. große Spreizung, hoher Mittelwert ca. 80/50 °C
7. große Spreizung, mittlerer Mittelwert ca. 70/40°C
8. große Spreizung, kleiner Mittelwert ca. 60/30°C

Typisch für Brennwertheizung mit Therme sind: 1. und 2.

Typisch für Brennwertheizung mit Kessel sind: 2., 4., 5. und 8.

Typisch für Niedertemperaturheizung und BHKW sind: 3. und 4.

Typisch für Fernwärme sind: 3. bis 8.

Typisch für Wärmepumpen sind: 2. und 5.

Vorteile von hohen Vorlauftemperaturen: die Nutzer merken die Wärme und eine verstellte Heizkurve lässt die Überversorgung nicht ins unendliche wachsen. Vorteil kleiner Rücklauftemperaturen bzw. kleiner Mitteltemperaturen: Brennwertnutzen. Für Fernwärme braucht man große Spreizungen. Für Wärmepumpen niedrige Vorlauf- bzw. Mitteltemperaturen.

## **Direkt geht vor.**

In Verbindung mit Holzheizungen und Solaranlagen werden oft Pufferspeicher eingesetzt. Diese sollen Angebot und Nachfrage in gewisser Weise ausgleichen, verursachen jedoch selbst Verluste über ihre Oberfläche und Pumpenstrom für die Beladung.

In Verbindung mit den oben genannten beiden regenerativen Energiequellen werden oft noch fossile Nachheizquellen benötigt: Kessel, Nahwärmeanschlüsse, Elektroheizstäbe. Für ein passables Energiekonzept ist es empfehlenswert, die Nachheizung durch Umgehung des Speichers oder durch eine definierte und auf Teilvolumina des Speichers begrenzte Beladung zu realisieren.

Das bietet den Vorteil, dass die ohnehin vorhandene Abwärme des Speichers eben nur aus regenerativen Quellen stammt. Wenn die regenerative Quelle versiegt ist (Holzkessel aus, kein Sonnenschein), wird das Heizwasser ohne den Umweg des Pufferspeichers direkt im Kessel oder der Nahwärmestation erwärmt – was ja in jeder normalen Heizungsanlage auch so passiert.

Das gilt auch für Trinkwasserspeicher. Es ist der direkten Beladung eines Trinkwasserspeichers (direkt aus dem Holzkessel oder über die Kollektoren oder über den Nachheizkessel) der Vorzug zu geben. Dies gilt eben besonders auch für den Nachheizfall. Die Beladung eines Trinkwasserspeichers aus einem riesigen Pufferspeicher, der erst mühevoll mit einem Gas- oder Ölkessel erwärmt wird, ist fragwürdig, vor allem im Sommer.

## **Pufferspeicher als große Mischer**

Ein weiteres Problem von Pufferspeichern ist die Vermischung von Vor- und Rücklaufwasser (und damit die häufig unerwünschte Temperaturmischung). Letztlich ist der Pufferspeicher ein Kurzschluss von Vor- und Rücklauf auf der Erzeuger- wie der Abnehmerseite.

Optimaler Betrieb: Die Ladepumpe fördert einen Volumenstrom in den Speicher, welcher von den Abnehmern in voller Höhe entnommen wird. Der Rücklauf ist dann auch ein "durchlaufender Posten". Herrscht keine Volumenstromgleichheit, bewirkt der größere 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 wird ggf. zerstört.

Beispiel: pumpt die Ladepumpe 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 Rücklauftemperaturerhöhung, 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.

## **Die Vertreibung aus dem Heizungskeller**

Bei jeder Komponente der Anlagentechnik sollte in der Erstinstallation und auch der Modernisierung gründlich darüber nachgedacht werden, wo sie platziert wird. Der konventionelle Heizungskeller geht mit großen Schritten seinem Ende entgegen. Im Einfamilienhaus wohlgernekt. Benötigt wird er dort noch für größere Pufferspeicher und Mini-Blockheizkraftwerke sowie konventionelle bodenstehende Kessel.

Alle Komponenten, die auch im beheizten Bereich unterzubringen sind, sollten dort installiert werden, aber mit guter Wärmedämmung. Das hilft vor allem in Übergangszeiten und im Sommer gegen Überwärmung der Räume.

## **Back to the roots! Die Renaissance der Einzelheizung?**

Je besser die Gebäude werden, desto mehr muss man sich die Frage stellen, ob die Eigenverluste der einen oder anderen Technik noch gerechtfertigt sind. Während vor einigen Jahrzehnten riesige Gebiete zu Nah- und Fernwärmenetzen zusammengeschlossen wurden und auch heute immer noch diskutiert wird, ob man Etagenheizungen nicht besser zentralisiert oder mehrere Zentralheizungen zu einem Nahwärmeverbund zusammenschließt, muss man im NEH und Passivhausbereich weiter denken.

Wenn man es pragmatisch aus Sicht der Wärmeverluste betrachtet, dann ist der Zusammenschluss dreier Häuser einer MFH Siedlung bereits dann überlegenswert, wenn diese normalen Neubaustandard haben. Bei Einfamilienhäusern denkt man an so etwas meist sowieso nicht.

Haben die Häuser Niedrigenergieniveau erreicht, womöglich noch mit Lüftung und Wärmerückgewinnung, dann verlagert sich die Diskussion bereits auf die Zentralheizung vs. Etagenheizung. Beim echten Passivhaus wird die auch noch ersetzt durch ein kleines Stromheizregister.

Bei der Planung von NEH und Passivhäusern sollten die Kosten (Installation, Betrieb, Wartung) der Alternativen vorbehaltlos gegenüber gestellt werden. Es wird sich zeigen, dass bei konventionellen Brennstoffen die Tendenz zur Einzelheizung – überspitzt formuliert – eindeutig da ist. Etwas anders sieht es aus, wenn kostenlose Abwärme oder regenerative Energie (Biomasse in Maßen!) zur Deckung der Technikverluste zum Einsatz kommt.

## **Holz ist unendlich! Wie die Fische im Meer...**

... aber reden wir da nicht schon seit Jahren von der Überfischung? So sieht es auch beim Holz aus. Der Vorrat ist begrenzt. Wollte man alle Wohnbauten unseres Landes mit Biomasse beheizen, ergäbe sich ein Biomassebudget von etwa 30 ... 40 kWh/(m<sup>2</sup>a). Wird mehr verfeuert, muss importiert werden.

Das bedeutet, die erste Priorität muss die Wärmedämmung der Gebäude sein.

## **Mein Regler hat 1 K! – Aber ich hab PI!**

Thermostatventile haben einen Dehnstoffkörper, der auf Temperaturänderungen im Raum reagiert. Die Raumtemperatur muss also steigen, damit das Thermostatventil reagiert. Mit steigender Temperatur wird der Heizwasserfluss verringert und schließlich gestoppt. Die Raumtemperatur kann bis zu diesem Punkt bereits um 1 oder 2 K gestiegen sein. Dieser Effekt heißt Regelabweichung und begleitet alle Regler, welche ohne Hilfsenergie (Motoren o. ä.) arbeiten. Diese Regler sind Proportional-Regler oder P-Regler. Das "1-K-Ventil" oder das "2-K-Ventil" der EnEV oder der "P-Bereich von 1 K" usw. leiten sich davon ab.

Die EnEV suggeriert, dass der Markt diese zwei Arten von Ventilen bietet. Das ist leider nicht so. Es gibt im Großen und Ganzen von jedem Hersteller das Modell mit großem und kleinem Maximaldurchfluss. Darauf der Kopf mit dem Dehnstoffkörper. Das normale Ventil hat einen Dehnstoffkörper mit einem P-Bereich von 3 ... 4 Kelvin. Es braucht also ca. 4 K Temperaturänderung, damit der Ventilquerschnitt zu 0 bis 100 % freigegeben wird.

Stellen wir uns einen Raum vor, der eigentlich 30 l/h Heizwasser braucht, damit er ausreichend warm wird. Der Raum ist zunächst kalt. Der Dehnstoff zusammengezogen, der volle Strömungsquerschnitt somit freigegeben. Es ist das größere Modell des Herstellers X eingebaut. Es können 300 l/h Wasser fließen und sofern die Pumpe das schafft, fließt diese Menge auch. Mit der zunehmenden Erwärmung des Raumes dehnt sich auch der Dehnstoff aus und drückt das Ventil immer weiter zu. Irgendwann ist Beharrung eingetreten.

Es fließen die gewünschten 30 l/h. Die reichen genau aus, damit der Raum nicht mehr wärmer oder kälter wird. Das Ventil ist aber verglichen mit vorher schon fast zu (vereinfacht: nur noch 10 % offen). Ausgehend von einem Anfangswert von 4 K spricht man für diesen Fall von einem "0,4-K-Ventil".

Es verbleiben 10 %, also 0,4 K für das Ausregeln von Fremdwärme. Wenn jetzt zusätzlich noch Sonne in den Raum scheint, dann verbleiben die letzten 10 % Dehnstoffausdehnung für diese Aufgabe. Nach dieser weiteren Erwärmung ist das Ventil ganz zu.

Ist das Ventil nun gut oder schlecht? Im Sinne der EnEV wäre es super, das wäre ja noch besser als "1-K-Ventil". Die Sonne würde nämlich nur noch 0,4 K Raumtemperaturerhöhung bewirken, so dass im Mittel theoretisch die Raumtemperatur super konstant bleibt. Aber praktisch regelt das Ventil trotzdem nicht gut, weil für die eigentliche Arbeit (Fremdwärme ausregeln) kaum mehr Hub übrig ist. Solche Ventile neigen zum Takten – also zum Auf-Zu-Betrieb. Und das lässt die Raumtemperatur an Ende noch mehr pendeln; eventuell zwischen 21 und 25°C, damit man in keinem Fall friert.

In einem Raum, welcher 150 l/h Wasser bräuchte, würde im Übrigen alles genauso funktionieren, aber das Ventil hätte früher den Beharrungszustand erreicht. Schon nach 50 % Schließen wäre das Ziel erreicht. Das gleiche Ventil wäre also in dem zweiten Raum tatsächlich ein "2-K-Ventil". Und es hätte zum Ausregeln der Fremdwärme noch immer 50 % Hub zur Verfügung.

Nach EnEV wäre dies theoretisch schlechter. Denn die in den Raum scheinende Sonne würde noch weitere 2 K Temperaturerhöhung provozieren, bis das Ventil endlich voll schließt. Die Temperatur bewegt sich also viel stärker über dem Sollwert. Das Ventil würde aber dafür nicht zum Takten neigen.

Und wie sähe das alles aus mit dem kleineren Modell eines Herstellers. Für den 2. Raum wäre dies sicher zu klein. Aber für den ersten Raum denkbar. Ist der Raum kalt, dann würden vielleicht 120 l/h fließen. Für die gewünschten 30 l/h müssten 75 % des Hubs ausgeschöpft werden. Ab diesem Beharrungszustand blieben noch 25 % zum eigentlichen Regeln übrig. Das entspräche einem "1 K-Ventil".

Die Problematik wurde insofern vereinfacht, als dass vom Einfluss der Pumpe auf das Ganze noch keine Rede war. Selbstverständlich schafft es eine entsprechend große Pumpe auch, durch die oben beschriebenen Ventile mehr Wasser zu pressen. Aber die Grundproblematik bleibt erhalten.

Fazit: Ventile werden zu 1-K oder 2-K-Ventilen aufgrund der sorgfältigen Planung unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen und der Einbausituation. Man kann sie so nicht kaufen.

Es spielen eine Rolle:

- die eingestellte Vorlauftemperatur
- die benötigte Wärme- und damit Wassermenge im Raum
- der vorhandene Pumpendruck
- die Art des Ventilunterteils (großer oder kleiner Maximaldurchfluss, die kleinen heißen oft "Feinsteinstellventile", die anderen "Normalventile"), möglichst immer mit Voreinstellmöglichkeit zum hydraulischen Abgleich und ja keine großen Standardventile ohne Voreinstellung vom Baumarkt!
- die Art des Kopfes mit Dehnstoffkörper (die normalen 4-K-Köpfe oder neuerdings verfügbare 2-K-Köpfe)

Ventile müssen ausgelegt werden, dann kann man anhand dieser Planung sagen, wie genau sie regeln. Die Ventilauslegung ist Teil des hydraulischen Abgleichs. Und was ist nun empfehlenswert? 0,5 K ist besser als 1 K ist besser als 2 K, aber nur wenn das Ventil einen Regelbereich von mindestens 25 % Hub hat. Fragen Sie den Fachmann.

Und dieser PI-Regler (Proportional-Integral-Regler), den es dann auch noch gibt, ist mit bürgerlichem Namen ein elektronischer Regler mit Hilfsenergie. Das sind also die Modelle mit Motorbetrieb über Stromanschluss oder Batterie. Diese Modelle haben keine Regelabweichung, lassen das Programmieren von Zeitprogrammen zu. Ihr Einsatz empfiehlt sich umso mehr, je schlechter die Gebäude sind. NEH und Passivhäuser kühlen ja praktisch in der Heizpause kaum mehr aus.

## **Wärmepumpen: Peripherie schaffen.**

Für den Betrieb von Wärmepumpen sollen sich die Hinweise an dieser Stelle auf die mittleren Temperaturen im Netz beschränken. Für den Neubau sind alle Freiheitsgrade gegeben, Niedertemperaturheizungen zu wählen. Das wird vorausgesetzt.

Im Bestand ist für jeden Raum zu prüfen, welche Temperatur in Verbindung mit der vorhandenen Heizfläche ausreicht, um den Raum zu erwärmen. Diese Prüfung zieht evtl. punktuellen Heizflächenaustausch nach sich. Ziel ist auch hier die niedrige Vorlauftemperatur, möglichst unter 40 - 50°C.

## **Zwei auf einen Streich.**

Die Kombination von zwei Heizflächenarten in einem Gebäude, d.h. Fußbodenheizung und Heizkörperheizungen, lässt sich wegen des unterschiedlichen Temperaturniveaus mit zwei Pumpen realisieren. Diese klassische Neubauvariante nimmt mehr Pumpenstrom auf als bei nur einer Heizflächenart, ist ansonsten ein gängiges, funktionierendes Prinzip. Solange die Räume jeweils nur die eine oder andere Heizflächenart aufweisen.

Anders die Installation von beiden Heizflächen in einem Raum. Dieses System scheitert in der Praxis meist an einer vernünftigen Regelung, welche eindeutig definiert, wer Grundlast- und Spitzenerzeuger ist. Für Niedrigenergiegebäude ist der Verzicht auf solche Kombinationen anzuraten. Auch ein Heizsystem ist mit den winzigen Wassermengen, die noch gebraucht werden, fast überfordert.

Auch kritisch ist die Verwendung von 2 Heizkörpern mit je einem Thermostatventil in einem Raum. Soll hier der Sollwert verringert werden, müssen beide Ventile bedient werden, sonst gleicht ein Heizkörper den anderen aus. Oder die zweite Heizfläche wird bewusst fast ausgestellt und nur bei Engpässen manuell in Betrieb genommen.

## **Lüftung bitte nur mit Konzept!**

Das Thema Lüftungstechnik ist sehr speziell und soll nur kurz kommentiert werden. Wichtig ist eine Kopplung der Regelung an die Heizungsanlage, so dass es nicht zum Gegeneinanderarbeiten kommt. Außerdem muss das Lüftungsnetz genauso hydraulisch angeglichen werden, wie die Heizung. Hinsichtlich der Energieeffizienz empfehlen sich Gleichstromventilatoren.

Luftheizungen in Systemen zur Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung sind angesagt im Passivhaus; und eigentlich nur da, denn im Passivhaus kann auf die Warmwasserheizung verzichtet werden. Und benötigt man eine Warmwasserheizung, dann reichen Fensterlüftung oder einfache Abluftanlagen; aber sorgfältig ausgelegt und eingestellt.

Zwei teure Systeme: die komplette Warmwasserheizung und ein komplettes Lüftungssystem mit Zu- und Abluftkanälen und Wärmerückgewinnungseinheit, Zu- und Abluftventilatoren sowie aufwendigen Regelsystemen werden nicht der Standard im Niedrigenergie- oder Passivhaus.

## **Und immer wieder: hydraulisch abgleichen, bitte.**

Der hydraulische Abgleich einer Heizungsanlage hat das Ziel, jedem Verbraucher die benötigte Wassermenge zur Verfügung zu stellen. Die Wassermengen verteilen sich in der Heizungsanlage jedoch je nach Strömungswiderstand, d. h. u. a. nach den unterschiedlich langen Wegen zu den einzelnen Heizkörpern. Fließwege mit hohem Strömungswiderstand (weiter von der Pumpe entfernt gelegene Heizkörper) erhalten geringere Wassermengen als nahe zur Pumpe gelegene Heizkörper. Diese müssen dann nach einer Planungsrechnung "eingedrosselt werden", d. h. einen zusätzlichen Widerstand erhalten (Voreinstellung im Thermostatventil oder Rücklaufverschraubung), um den geplanten Volumenstrom durchzulassen. Was gehört alles zu einer solchen Berechnung?

- Erfassung der Raumheizlasten im Neubau und Bestand
- Wahl von Heizkörpern nach Festlegung eines Temperaturniveaus (im Neubau und bei Heizflächenersatz) oder Erfassung der Heizkörper (Norm-Leistungen) und Ermittlung von sich einstellenden Temperaturen (im Bestand)
- Berechnung der Volumenströme durch jeden Heizkörper
- Bestimmung der Druckverluste auf dem Strömungsweg zu jedem Heizkörper und Ermittlung von notwendigen Zusatzwiderständen für Druckgleichheit in allen Kreisen (im Bestand näherungsweise)
- Wahl der Pumpe anhand des Gesamtvolumenstroms und des größten zu überwindenden Druckverlustes
- Wahl von Thermostatventilen anhand der berechneten Volumenströme für die Räume und der notwendigen Zusatzwiderstände (Voreinstellung)

Kosten als Dienstleistung für Berechnung und Umsetzung: ca. 1 €/m<sup>2</sup> im MFH bis zu 2 €/m<sup>2</sup> im EFH. Dazu kommen die Komponentenkosten (Thermostatventile, Pumpe, Filter usw.). Gemessene Einsparung ca. 10 kWh/(m<sup>2</sup>a), wobei die Einsparung auch 15 ... 20 kWh/(m<sup>2</sup>a) in gut wärmegeprägten Mehrfamilienhäusern betrug. Die Einsparung in EFH, gerade unsanierten konnte praktisch nicht nachgewiesen werden.

## **Solarthermie: das ewige Pro & Contra.**

Die Diskussion um die solare Trinkwarmwasserbereitung ist so alt wie das System selbst. Fazit ist: die entsprechende Nutzung muss gegeben sein und es muss ein gutes und einfaches Konzept her. Mit geringen Stillstandsverlusten und wenigen Zusatzpumpen, also mit überschaubaren und einfachen Systemen. Das Gebäude mit 2 Personen, bei dem der Gaskessel erst einen großen Pufferspeicher nachheizt, wenn die Sonne nicht scheint, aus dem dann im Durchlaufprinzip Warmwasser bereitet wird, kann nicht wirtschaftlich und energiesparend funktionieren. Aber es gibt auch genügend Gegenbeweise, die man an andere Stelle nachlesen kann.

Die Installation von Solarspeichern "auf Vorrat", weil die Solarthermie in 5 Jahren kommt, ist wohl zu überlegen. Gegen gute gedämmte Trinkwarmwassersolarspeicher – eine Zeit lang ohne Solaranlage – wird man vermutlich betriebswirtschaftlich keine Argumente haben. Ein Austausch nach 5 Jahren wäre undenkbar. Zusätzliche Pufferspeicher haben Verluste und sollten erst mit den Kollektoren in Betrieb genommen werden, nicht vorher. Außerdem bitte dann sofort dran denken: der Wärmeerzeuger und dessen Regelung müssen solartauglich sein.

Die solare Heizungsunterstützung ist ein gesondertes Thema, auf das noch kurz eingegangen werden soll. Wenn die Kollektorfläche sehr groß ist, bleiben in der Übergangszeit etliche Tage und Wochen zur Heizungsunterstützung. Dennoch: im Kernwinter wird die Energiemenge gerade für die Warmwasserbereitung reichen (wenn überhaupt) und im Sommer wird nicht geheizt und es bleiben dann vermehrt Überschüsse. Diese Überschüsse limitieren letztlich die Kollektorfläche! Sie sollten nicht so groß sein, dass es zu einer Überhitzung des Systems kommt; was man "Stagnation" nennt.

Das ist auch der Grund, warum man im Altbau keine großen solaren Deckungsraten hinbekommen kann – außer vielleicht mit Saisonspeichern. Die Kollektoren müssten ungemein groß sein, was im Sommer hinderlich wäre.

Alternativ muss die Überschusswärme notgekühlt werden. Oder in die Erde gepuffert und von dort wieder herausgeholt. Dafür kommen einfache Tauscherflächen oder Wärmepumpen in Betracht (das kostet Installation und Betrieb!) und setzt voraus, dass nicht über eine geringe Grundwasserströmung die eingefangene Wärme zu den Nachbarn transportiert wird.

Es kann auch gern über im Hochsommer verschattete Kollektoren nachgedacht werden oder über 90° Neigung in Richtung Süden, denn diese haben im Sommer bei steiler Sonne kaum Aperturfläche. Dem Planer sind keine Grenzen gesetzt, wohlwissend, dass alle Ideen ihren Preis haben.

## Wer misst, misst ...

... die echte Energieeffizienz von Gebäuden und Wärmeerzeugern. Also hoffentlich keinen Mist, wenn auch selten Katalog-, Prüfstands- und Energiebedarfskennwerte!

Was das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz für einen Teil der Wärmepumpen bereits vorschreibt, ist für alle Wärmeerzeuger empfehlenswert. Es wäre gut, wenn sich die Effizienz- und Funktionskontrolle, die sich mit Brennstoff- und Wärmemengenzählern hervorragend durchführen lässt, auch auf Brennwertkessel, BHKWs, Solaranlagen bzw. auf Niedrigenergieobjekte im allgemeinen ausdehnen würde. Derzeit erfolgt die Installation von Zählern (neben denen zur Abrechnung) nur aus Eigeninteresse des Betreibers.

Dabei ließe sich der Zählereinbau wunderbar an Förderprogramme (z.B. KfW) knüpfen. Es gibt einen verlorenen Zuschuss für hocheffiziente Maßnahmen, 50 % sofort und die weiteren 50 % nach Beleg der erzielten Endenergieeinsparung. Belegt wird diese durch Brennstoff- und Wärmemengenverbrauchsmessungen über eine oder besser über zwei Heizperioden; wie über eine Steuerrückzahlung freut sich der Fördergeldempfänger und arbeitet gleichzeitig aktiv an der Energieeinsparung mit.

## Sinkende Nutzungsgrade bei allen Techniken?!

Das Problem mit dem Nutzungsgrad ist, dass es eine Prozentangabe ist: Nutzen geteilt durch Aufwand (und der Aufwand ist Nutzen plus Verluste). Der Nutzen steht in diesem Bruch auf und unterm Bruchstrich. Also nicht nur die Verluste zählen!

Ist der Nutzen klein, wie bei einem Niedrigenergiehaus und noch mehr bei einem Passivhaus – wird der Nutzungsgrad unweigerlich schlecht, auch wenn die absoluten Verluste gering sind. Gutes Beispiel im Vergleich (alle Werte in kWh/a):

- Altbau: Nutzen 24.000, Verluste 5000, Aufwand 29.000, Nutzungsgrad 83 %
- Neubau: Nutzen 12.000, Verluste 3000, Aufwand 15.000, Nutzungsgrad 80 %

Die Verluste fast jeder Technik beinhalten Anteile, die nicht vom Gebäudestandard abhängen (z.B. alle Trinkwarmwasseraufwendungen). Wird das Gebäude in seinem Standard verbessert, sinken die Verluste einer Technik daher nicht proportional. Die Nutzungsgrade sinken.

Daher bietet es sich an, auch bei den Verlusten einer Anlage immer gleichzeitig in jährlichen Kilowattstunden zu denken.

## Austauschlastige Kesselbewertung

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 hochgelobt (Nutzungsgrade von 100 % und mehr per Bilanz). Einzig Niedertemperaturtechnik kommt einigermaßen realistisch weg.

Für die ehrliche Bewertung: die 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; aber wo findet man den auf dem Markt? Werte über 100 % sind dann erreichbar.

Allerdings: das Problem mit den Stillstandsverlusten bleibt. Der beste Brennwertkessel ist eben nur dann gut, wenn er Energie umwandelt. Bei hohen Stillstandsverlusten und nur geringer Nutzwärmeabgabe im NEH wird 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.

## **Wärmepumpen: jetzt brechen harte Zeiten an, es wird gemessen**

Die energetische Bewertung von Wärmepumpen in Bilanzverfahren ist meistens sehr optimistisch. Selten gab es aber eine Studie, welche die Prospektarbeitszahlen bewiesen hätte.

Um hier im Energiegutachten nicht zu euphorisch zu sein, rechnen Praktiker für die Jahresarbeitszahlen (Nutzwärme im Verhältnis zum eingesetzten Strom bei Luft-Wasser-Wärmepumpen vorsichtig eher mit 2,4 ... 2,8 bei Erdreichwärmepumpen mit 3,2 ... 3,7. Die besseren Werte gelten jeweils in Verbindung mit Fußbodenheizungen. Diese Werte sind natürlich zu übertreffen, aber dann muss die Hydraulik stimmen, Temperaturen niedrig sein, also kurzum eine Qualitätssicherung her.

Dass der Branche dies nicht ganz unbekannt ist, spiegelt die Diskussion um Wärmemengenzähler wieder. Im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz sind diese Zähler für viele Wärmepumpentypen Pflicht. Das sollte Planer anspornen, wenn es beim Hersteller keine Euphorie hervorruft.

## **Heizwert und Brennwert: ein Hoch auf Britannien**

Die Thematik Heizwert und Brennwert ist ein Jahrhundertwerk. Seit ewigen Zeiten wird im deutschsprachigen Raum die Kesseleffizienz auf den Heizwert des Brennstoffes bezogen. Per Definition hat ein Kessel 100 % Nutzungsgrad, wenn er aus dem Brennstoff den Heizwert herausholt. Nutzt der Kessel den Brennwert, dann holt er also mehr als 100 % Energie aus dem Stoff. 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 schlichtweg nicht zeichnen, wenn der Nutzungsgrad 103 % ist. Nur mit "negativen Tortenstücken".

Daher heißt es, erst die Endenergie auf den Brennwert umrechnen (Gas: x 1,11, Heizöl: x 1,06). Die Nutzenergie sowie alle Verluste nach dem Kessel bleiben in ihrer Höhe erhalten (Verteilung, Speicher). Der Rest, der an der neuen Darstellung zu 100 % fehlt, sind die Erzeugerverluste. Es hilft im Übrigen nichts, die Verluste des Kessels einfach mal 1,11 zu nehmen!

Beispiel für ein EFH mit Gaskessel:

- Nutzenergie plus Verteilverluste 12.000 kWh/a,
- Endenergie 11.500 kWh/a (heizwertbezogen)
- bedeutet: Nutzungsgrad  $12.000 / 11.500 = 1,04$
- Erzeugerverluste: 11.500 - 500 kWh/a

Umgerechnet auf den Brennwert:

- Nutzenergie plus Verteilverluste 12.000 kWh/a,
- Endenergie  $1,11 \times 11.500$  kWh/a = 12.765 kWh/a (brennwertbezogen)
- Erzeugerverluste: 765 kWh/a
- bedeutet: Nutzungsgrad  $12.000 / 12.765 = 0,94$

## Was ist mit Qualitätssicherung drin?

Seit ca. 10 Jahren werden realistische aus der Praxis gewonnene Verbrauchskennwerte zu Nutzen und Verlusten von Komponenten der Heizungs- und Lüftungstechnik sowie über die Einflüsse der Regelung, Hydraulik und der Qualitätssicherung von Anlagen veröffentlicht [Diss. Jagnow].

Die Feldergebnisse lassen sich bei der Planung bzw. der Einschätzung künftiger Energiekennwerte von Niedrigenergie- und Passivhäusern einsetzen. Die Größenordnung der Nutz- und Verlustkennwerte bezogen auf die real beheizte Fläche werden nachfolgend angegeben – jeweils im Vergleich von qualitätsgesicherter Ausführung zum "Normalzustand".

- Brennwertkessel: Verlustkennwerte zwischen 5 ... 20 kWh/(m<sup>2</sup>a) bezogen auf den Brennwert des Energieträgers
- Verluste von Trinkwarmwasser- und Pufferspeichern zwischen 2 ... 10 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- Verteilverluste Heizungs- und Warmwasserleitungen jeweils 2 ... 10 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- Verschwendungspotential von Flächenheizungen gegenüber Heizkörper- oder Luftheizungen 5 ... 15 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- hydraulischer Abgleich incl. dezentraler Regelung mit Thermostatventilen 5 ... 20 kWh/(m<sup>2</sup>a) – die Bewertung nur der Raumregelung ohne Abgleich kann nicht erfolgen!
- Solarthermie zwischen 5 ... 20 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- Wärmepumpen können die Primärenergiebilanz gegenüber einem Gasbrennwertkessel beeinflussen im Bereich -30 ... +30 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- moderne Pumpentechnologie 0,5 – 5 kWh/(m<sup>2</sup>a), aber elektrische Energie!, also 2 ... 3-mal so primärenergetisch wertvoll und gleichzeitig teuer als Wärme

## Quellen

[Diss Jagnow]	Jagnow, K.; Verfahren zur energetischen und wirtschaftlichen Bewertung von Qualitätssicherungsmaßnahmen in der Heizungsanlagentechnik; Dissertation; Fakultät Bauwesen der Universität Dortmund; pro Business; Berlin; 2004.
[Schmid99]	Schmid, C. et al; Heizung, Lüftung, Elektrizität; vdf und Teubner; Zürich und Stuttgart; 1999.
[BWProjekt]	Wolff, D. / Budde, J. / Teuber, P. / Jagnow, K.; Felduntersuchung: Betriebsverhalten von Brennwertkesseln; Abschlussbericht zum DBU Projekt; Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel; Wolfenbüttel; 2003.
[Optimus]	Wolff, D. und Jagnow, K.; Optimus; Abschlussbericht zum DBU Projekt – Technischer Teil; Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel; Wolfenbüttel; 2005.