

Hinweise zu Einsatz und Planung im Modernisierungsbereich

Wie effizient ist die Öl-Brennwerttechnik?

Volkhard Neuhoff*
Rolf Egger**

Nach dem drastischen Energiepreisanstieg im vergangenen Jahr rückt die Öl-Brennwerttechnik zunehmend in den Blick von Heizungsbranche und Endverbrauchern. Es war deshalb nicht verwunderlich, daß verschiedene Unternehmen auf der ISH 2001 entsprechende Produktneuheiten präsentierten. Da das Marktpotential von Ölheizungssystemen überwiegend im Modernisierungsbereich liegt, steht dieser Einsatzbereich für die Öl-Brennwerttechnik im Vordergrund der nachfolgenden Betrachtungen.

* Volkhard Neuhoff, Produktleitung Brennwerttechnik, Giersch GmbH, 58675 Hemer, Telefon (0 23 72) 9 65-0, Telefax (0 23 72) 6 12 40, Internet: www.giersch.de
** Dipl. Ing. Rolf Egger, Beratender Ingenieur, 51399 Burscheid

Die Gas-Brennwerttechnik wurde in der Bundesrepublik Anfang der 90er Jahre auf breiter Basis im Markt eingeführt. Inzwischen ist sie in der Gebäudeheiztechnik fest etabliert. Die Geräte sind technisch ausgereift. Ihre Zuverlässigkeit hat sich in großen Serien bewährt. Von allen Kesselbauarten haben Brennwertkessel die höchste Primärenergieausnutzung. Mit Normnutzungsgraden bis 109 % erreichen sie eine fast vollständige Primärenergieausnutzung, bezogen auf den unteren Heizwert. Der physikalische Grenzwert für Erdgas liegt bei 111 %. Nach dem drastischen Energiepreisanstieg wurden nun auch Öl-Brennwertkessel interessant. Verschiedene Unternehmen präsentierten auf der ISH 2001 entsprechende Produkte. So stellte z. B. Giersch unter der Bezeichnung „MultiJet“ eine neue Öl-Brennwertkesselbauart mit einem Nutzungsgrad von bis 104,6 % vor (Bild 1).

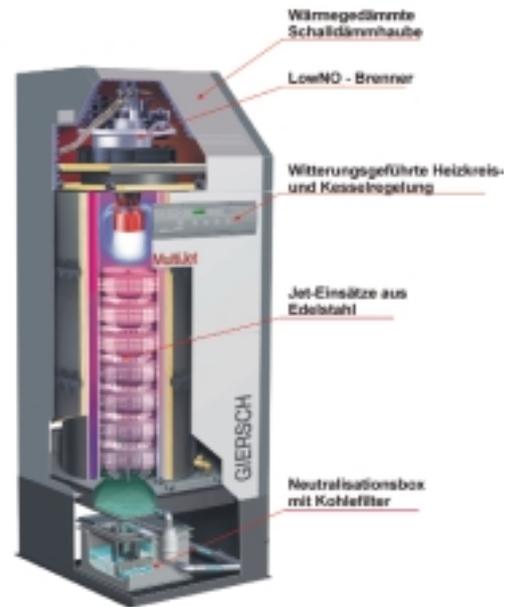


Bild 1 Schnitt durch den Öl-Brennwertkessel „MultiJet“

Besonderheiten der Öl-Brennwerttechnik

Traditionsgemäß wird die Energieausnutzung von Kesseln und damit alle Wirkungsgrad- und Nutzungsgradangaben bei uns auf den unteren Heizwert bezogen. Der Ursprung dieser Festlegung war, daß der Wasserdampf, der bei Verbrennung als Reaktionsprodukt anfällt in konventionellen Kesseln wegen der damit verbundenen Korrosionsgefahr nicht kondensieren durfte. Die latente Wärme im Wasserdampf wurde als unvermeidlicher Verlust hingenommen und bliebe bei der energetischen Bewertung unberücksichtigt. Der Wasserdampfanteil und damit die latente Wärme die bei der Verbrennung entstehen ist bei Gas mit ca. 11 % rund doppelt so hoch als bei Heizöl EL mit ca. 5 %. Daher ist der Energiegewinn durch die Kondensation des Wasserdampfes bei der Öl-Brennwertnutzung naturgemäß geringer. Das heißt jedoch nicht, daß die Öl-Brennwerttechnik unrentabel

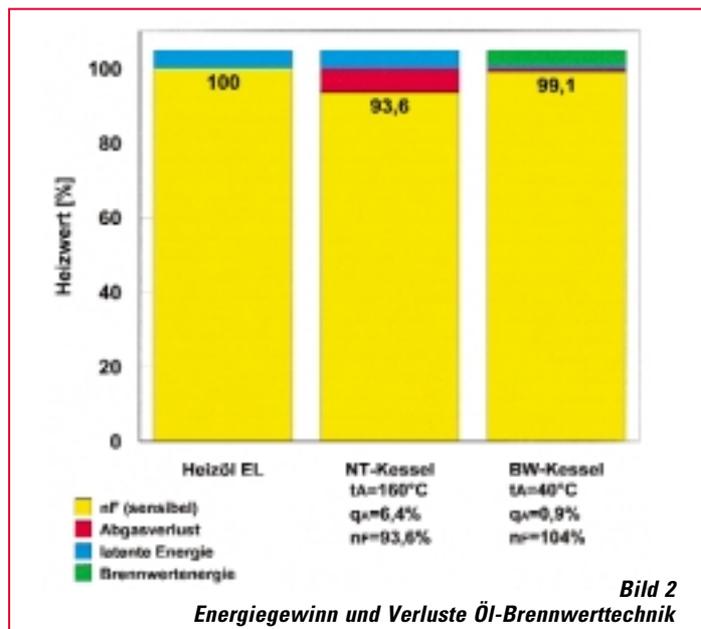


Bild 2 Energiegewinn und Verluste Öl-Brennwerttechnik

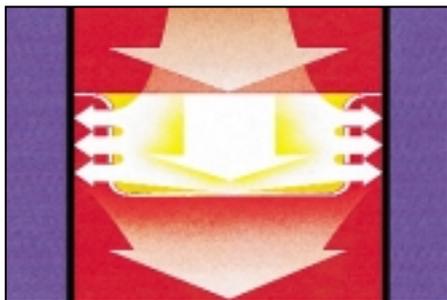


Bild 3
Wirkung der Jet-Bohrungen

ist. Für die energetische Bewertung ist maßgebend wie viel von der eingesetzten Primärenergie effektiv zu Heizzwecken genutzt wird. Wie sich die jeweiligen Energieanteile, sensibel und latent, aufteilen spielt dabei keine Rolle. Dies wird deutlich, wenn sich die Wirkungsgrad- und Nutzungsgradangaben nicht auf den unteren, sondern auf den, physikalisch korrekten, oberen Heizwert beziehen. Weil dies bei uns nicht üblich ist, lassen sich die Nutz- und Verlustenergien auch an Hand des Abgasverlustes veranschaulichen. In Bild 2 sind die entsprechenden Energieanteile die mit einem Öl-Niedertemperatur- bzw. Öl-Brennwertkessel genutzt und verloren ge-

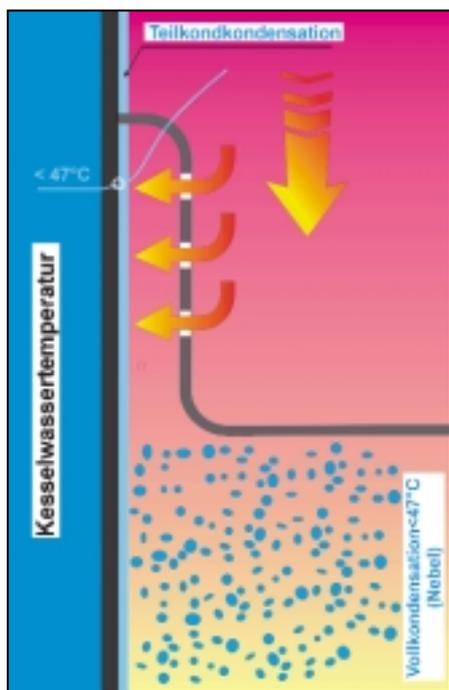


Bild 4
Kondensationsformen an der Heizfläche

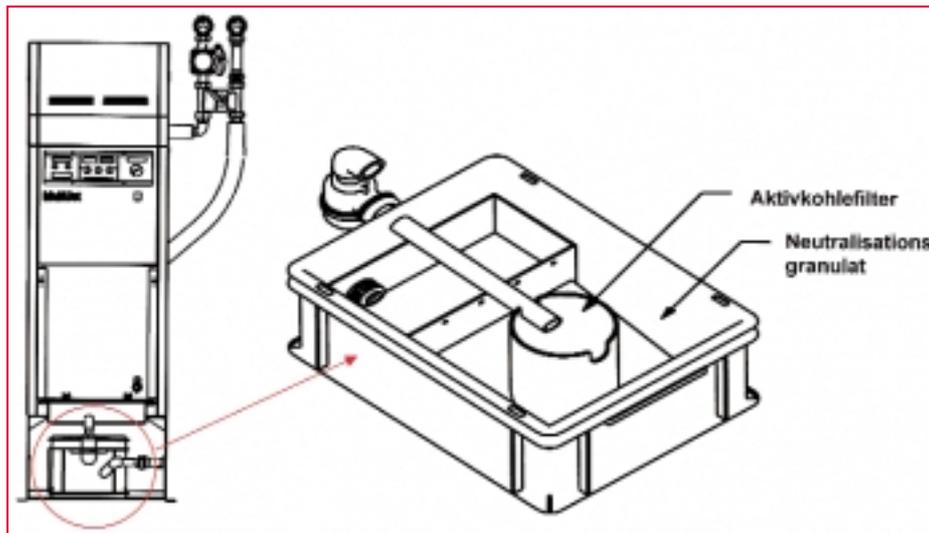


Bild 5
Einbauort der Neutralisationsbox im „MultiJet“-Kessel

hen, gegenübergestellt. Der zur Verfügung stehende Brennwertanteil ergibt sich aus der Differenz zwischen oberen „ H_0 “ und unteren Heizwert „ H_u “ und liegt bei ca. 5 % (bezogen auf H_u). Bei einem Brennwertkessel mit einer Abgastemperatur von 40°C kondensieren etwa 80 % des Wasserdampfes der bei Verbrennung entsteht. Damit liegt der Energiegewinn durch die Kondensation bei: 4 % ($5\% \times 0,8$). Auf Grund der geringen Abgastemperatur liegt der Abgasverlust bei nur 0,9 %. Um die Kondensation des Wasserdampfes in Niedertemperaturkessel zu vermeiden, darf eine untere Grenze der Abgastemperatur nicht unterschritten werden. Bei modernen NT-Kessel liegt sie im Bereich $140\text{--}160^{\circ}\text{C}$. Mit einem CO_2 -Wert von 13 % ergibt sich für einen NT-Kessels ein minimaler Abgasverlust von 6,4 %. Somit hat der Brennwert- gegenüber dem NT-Kessel eine 5,5 % geringeren Abgasverlust. Wegen des geringen Wasserdampfanteil der bei der Verbrennung von Öl entsteht, kommt bei der Öl-Brennwertnutzung dem (geringeren) Abgasverlust mehr Gewicht zu als bei Gas.

Gestaltung der Heizflächen

Die Heizflächen von Öl-Brennwertkesseln müssen für die kondensierende Betriebsweise gerecht werden. Hierfür eignen sich besonders glatte Wärmeübertragungsflächen, die vom Kesselwasser auf der einen Seite und den Verbrennungsgasen auf der anderen Seite direkt beaufschlagt werden. So bestehen z. B. die „MultiJet“-Kessel aus einem zylindrisch rundum Wasser gekühlten Kesselkörper. In die Brennkammer sind die topfförmigen „Jet-Einsätze“ eingebaut. Sie haben über den Umfang verteilte radiale Bohrungen. Durch sie werden die axial zur Flamme strömenden Verbrennungsgase rechtwinklig umgelenkt und treffen mit hoher Geschwindigkeit senkrecht auf die wassergekühlte Heizfläche. Dies führt zu hohen Wärmeübergangskoeffizienten mit intensiver Wärmeübertragung. Den Verbrennungsgasen wird nahezu vollstän-

dig die Wärme entzogen, so daß schließlich die Abgastemperatur nur 15 K über der Rücklauftemperatur liegt. Darüber hinaus wirken die radialen Bohrungen, wie bei einem Schalldämpfer und reduzieren die Abgasgeräusche auf ein Minimum (Bild 3). Physikalisch bedingt liegen die wasserseitigen Wärmeübergangskoeffizienten um ein Vielfaches höher als die gaseitigen. Dadurch wird die Oberflächentemperatur auf der Seite, auf der die Verbrennungsgase strömen, von der sehr viel niedrigeren Kesselwassertemperatur bestimmt. Für die Öl-brennwertnutzung ist dies ein wichtiger Effekt, der es ermöglicht, daß der überwiegende Anteil des Wasserdampfes in den Verbrennungsgasen unmittelbar auf der Heizfläche kondensiert. Diese „Teilkondensation“ setzt ein, sobald die Rücklauftemperatur geringfügig unter dem Wasserdampftaupunkt (z. B. $47,5^{\circ}\text{C}$) liegt. Bei konventionellen Kesseln ist diese Art der Kondensation auf den Heizflächen als unerwünschtes „Kesselschwitzen“ bekannt. Wenn die Verbrennungsgase selbst den Wasserdampftaupunkt unterschritten haben, kondensiert der Wasserdampf in den Verbrennungsgasen als Nebel aus. Diese Art der Kondensation, die als „Vollkondensation“ bezeichnet wird, setzt sehr viel später ein. Es sind die gleichen physikalische Vorgänge unter denen sich auch in der Natur Nebel bildet. Wenn die Lufttemperatur unter den Wasserdampftaupunkt sinkt, scheidet die Luftfeuchtigkeit als Nebel aus (Bild 4).

Durch die senkrechte Anordnung der Heizflächen kann das Kondensat mit der Schwerkraft nach unten abfließen. Unterstützt wird das Abfließen des Kondensates von den Verbrennungsgasen, die in die gleiche Richtung strömen. Dadurch werden die

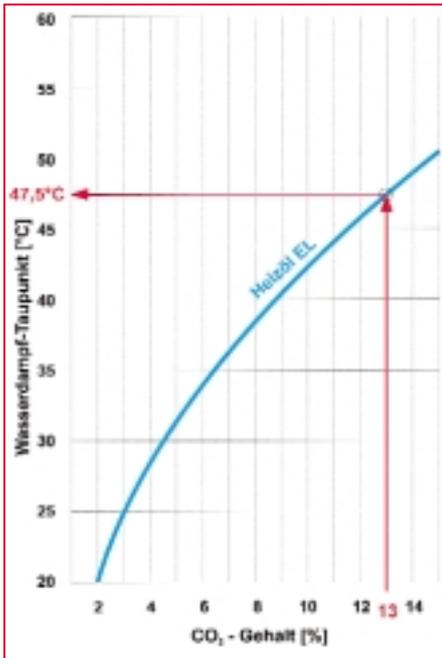


Bild 6
Wasserdampftaupunkt von Heizöl EL in Abhängigkeit vom CO₂-Gehalt

Heizflächen kontinuierlich gespült und gereinigt. Aufkonzentrationen und der Bildung von Ablagerungen wird entgegengewirkt. Zur Wartung und falls erforderlich zur Reinigung sind die Jet-Heizflächen leicht zugänglich. Nach ausschwenken des Brenners können sie, jeweils in dreier- oder vierer-Pakete; nach oben aus der Brennkammer herausgezogen werden.

Anforderungen an Werkstoffe und Öl-Brenner

Trotz des heute nur noch geringen Schwefelgehaltes im leichten Heizöl EL von durchschnittlich 0,15 % entstehen bei der Verbrennung neben den Hauptreaktions-

produkten Kohlendioxid (CO₂) und Wasserdampf (H₂O) auch Spuren von Schwefeloxiden (SO₂, SO₃). Zusammen mit dem Wasserdampf bilden sich schweflige Säuren (H₂SO₃ + H₂SO₄) die sich als Bestandteil des Kondensates auf den Heizflächen niederschlagen. Daher müssen die Heizflächen gegenüber diesen leicht schwefelsäurehaltigen Kondensaten beständig sein. Hierfür besonders geeignet ist hochwertiger Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl mit der Werkstoff Nr. 1.4539. Wegen des Schwefelanteils im Heizöl muß nach dem „ATV Arbeitsblatt A-251“ das Kondensat aus Öl-Brennwertkesseln grundsätzlich neutralisiert werden. Dazu ist im unteren Teil des Kessels eine Neutralisationsbox eingebaut. Ihr ist ein Aktivkohlefilter vorgeschaltet, in dem die unverbrannten Kohlenwasserstoffe und Rußpartikel vorher abgeschieden werden. In die Neutralisationsbox mit Magnesiumhydroxid wird der Säurewert auf pH-Wert: 6,5–8 angehoben (Bild 5).

Die Qualität der Brenner hat auf die Energieausnutzung einen großen Einfluß. Daher werden Öl-Brennwertkessel in der Regel zusammen mit Brenner als Unit ausgeführt. Wie bei jedem konventionellen Kessel trägt ein geringer Verbrennungsluftüberschuß zu einem niedrigen Abgasverlust bei. Bei Brennwertnutzung hängt zudem die Temperatur, bei der die Wasserdampfkondensation einsetzt (Wasserdampftaupunkt), vom Luftüberschuß ab, unter dem die Verbrennung stattfindet. Je geringer dieser ist, d. h. je höher der CO₂-Gehalt im Abgas, desto höher liegt der Wasser-

dampftaupunkt und um so günstiger sind die Voraussetzungen für einen hohen Brennwertnutzen. Daher ist es für Öl-Brennwertkessel besonders wichtig, daß nur hochwertige Brenner eingesetzt werden, die mit geringem Luftüberschuß stabil brennen. So erreichen z. B. die von Giersch eingesetzten LowNO_x -Ölbrenner CO₂-Werte bis 13 %. Damit liegt der Wasserdampftaupunkt bei 47,5 °C (Bild 6). Nach dem Abschalten der Feuerung läuft das Brennergebläse ca. drei Minuten nach. Damit wird verhindert, daß sich auf der Düse Verkrustungen aufbauen. Restgase werden aus dem Feuerungsraum gespült.

Einsatzbereich Modernisierung

Brennwertgeräte können grundsätzlich in jede Heizungsanlage eingebaut werden. Dies trifft sowohl für Gas- als auch für Öl-Brennwertkessel zu. In allen Fällen ist die Energieausnutzung höher als mit jeder anderen Kesselbauart. Grundsätzlich gilt, je niedriger die Abgastemperatur, um so höher ist die Energieausbeute. Weil die Rücklauf Temperatur in der Regel die niedrigste Temperatur in der gesamten Heizungsanlage ist, wird sie als Führungsgröße für die Abgastemperatur herangezogen. Daher sollten bei der Planung und Ausführung der Hydraulik möglichst niedrige Rücklauftemperaturen angestrebt werden. Im Falle, daß die Heizkreise separat geregelt sollten, empfiehlt es sich hierfür 3-Wege-Mischer zu verwenden.

Die Forderung nach möglichst niedrigen Rücklauftemperaturen wurde oft falsch verstanden und so gedeutet, daß eine Brennwertnutzung ausschließlich mit Niedertemperatur-Wärmeverteilungsanlagen (z. B. Fußbodenheizungen) möglich ist. In vielen Fällen der Heizungsmodernisierung wurden wegen diesem Vorurteil Brennwertgeräte gar nicht in Erwägung gezogen. Man nahm an, daß sich die vorhandenen, ursprünglich auf 90/70 °C ausgelegten Radiatorenheizungen für Brennwertkessel nicht eignen. Erfahrungsgemäß liegen aber die tatsächlichen Betriebstemperaturen sehr viel niedriger als nominal vorgesehen. Das kommt

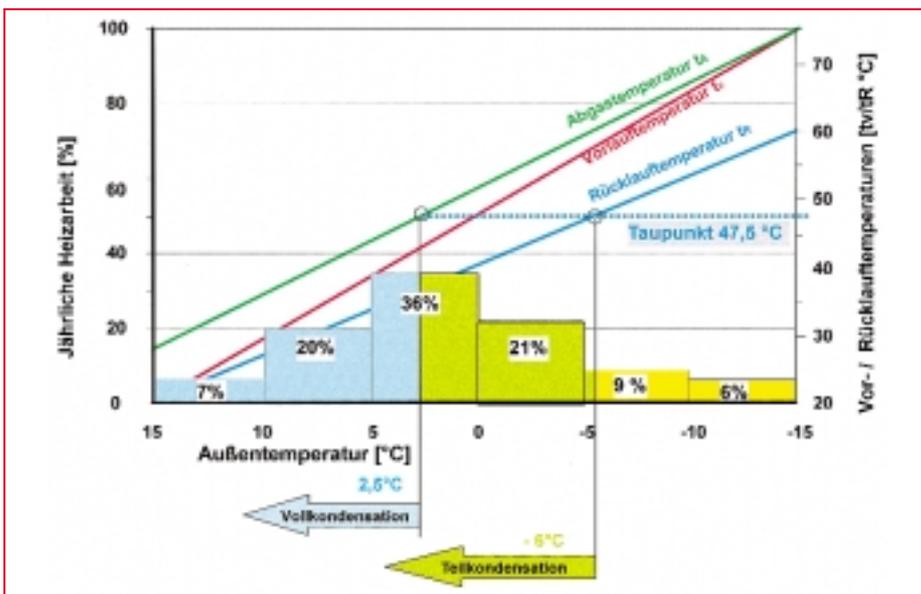


Bild 7
Jährliche Heizarbeit mit Kondensations-Nutzen

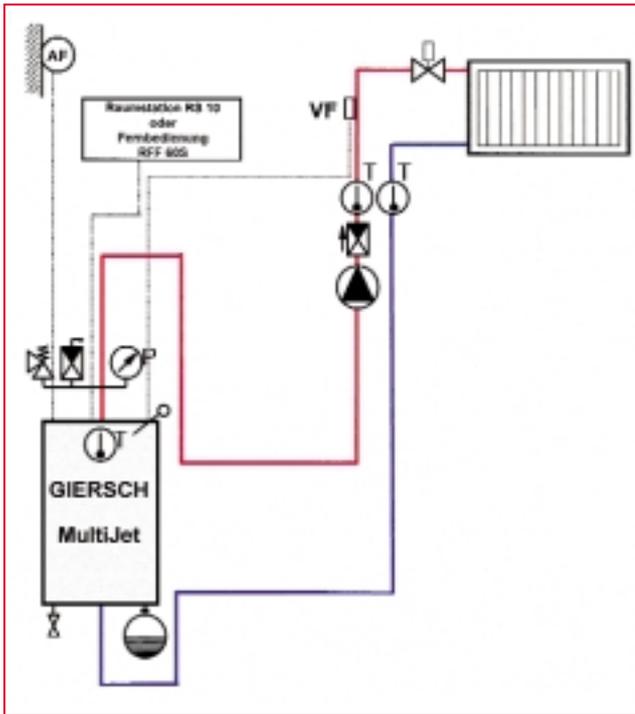


Bild 8
Hydraulik: direkt angeschlossener Heizkreis

zum einen daher, daß frühere Berechnungsmethoden grundsätzlich überdimensionierten und zusätzlich vielfach noch ein „Sicherheitszuschlag“ angesetzt wurde. Darüber hinaus kann davon ausgegangen werden, daß bei der überwiegenden Anzahl der älteren Gebäude nachträgliche Wärmeschutzmaßnahmen durchgeführt wurden. Damit hat sich nicht nur der Wärmebedarf verringert, sondern auch die Betriebstemperaturen der Wärmeverteilungsanlagen. Daher sind alte Heizungsanlagen für den Einsatz von Brennwertkesseln besonders gut geeignet.

Öl-Brennwertkessel in 75/60 °C-Anlagen

Die nachfolgende Betrachtung soll zeigen, daß sich Öl-Brennwertkessel auch für den Einsatz in „normal“ temperierten Heizungsanlagen mit 75/60 °C Vorlauf/Rücklauftemperaturen gut eignen. Sie können sogar in der überwiegenden Zeit der Heizperiode kondensierend betrieben werden. Um dies zu veranschaulichen wird in Bild 7 die Heizperiode als Außentemperaturbereich zwischen der Heizgrenze bei +15 °C und der minimalen Außentemperatur bei -15 °C repräsentiert. Neben den Vor- und Rücklauftemperaturen einer 75/60 °C Anlage ist die von der Rücklauftemperatur geführte Abgastemperaturkurve mit aufgetragen. Beim Öl-Brennwertkessel „MultiJet“ liegt sie nur 15 K über der Rücklauftemperatur. Um den jährlichen Heizarbeitsanteil mit Brennwertnutzung darzustellen, sind über Außentemperaturintervalle von jeweils 5 K die entsprechenden prozentualen Heizarbeitsanteile eingezeichnet. Auffallend ist, daß in unseren Breiten zwischen +5 bis 0 °C mit 36 % der meiste Heizenergiebedarf anfällt. Dagegen wird bei sehr niedrigen

Außentemperaturen: -10 bis -15 °C mit 6% und nahe der Heizgrenze bei: +10 bis +15°C mit 7 % relativ wenig Heizenergie benötigt. Aus der Darstellung ergeben sich die minimalen Außentemperaturgrenzen, bis zu denen „MultiJet“-Öl-Brennwertkessel an 75/60 °C-Anlagen kondensierend betrieben werden können. Je niedriger diese Außentemperaturen liegen, um so größer ist der jährliche Heizarbeitsanteil mit Brennwertnutzung.

Wie bereits bei der Betrachtung der Heizflächen beschrieben, kondensiert Wasserdampf unmittelbar auf den Heizflächen sowie die Rücklauftemperatur den Wasserdampftaupunkt, im Beispiel 47,5 °C, unterschritten hat. Die minimale Außentemperatur, bis zu der „Teilkondensation“ noch aufrecht erhalten werden kann, ergibt sich aus dem Schnittpunkt der Rücklauftemperatur mit dem Wasserdampftaupunkt (47,5 °C) und liegt bei -6 °C. Damit kann in einem Bereich in dem ca. 85 % der jährlichen Heizarbeit anfällt, zusätzliche Energie durch Kondensation genutzt werden. Sobald die Temperatur der Verbrennungsgase unter den Wasserdampftaupunkt fällt, kondensiert in ihnen der Wasserdampf als Nebel. Die Außentemperaturgrenze für diese „Vollkondensation“ ergibt sich als Schnittpunkt der Abgastemperaturkurve mit dem Wasserdampftaupunkt und liegt bei einer Außentemperatur von: +2,5 °C. Damit kann in einem Be-

reich in dem rund die Hälfte der jährlichen Heizarbeit anfällt, ein erhöhter Brennwertanteil genutzt werden.

Definitionsgemäß versteht man unter dem Begriff „Brennwerttechnik“ die Nutzung der Kondensationswärme des Wasserdampfes als zusätzlichen Energiegewinn. Dabei wird oft übersehen, daß Brennwert-, verglichen mit Niedertemperaturkesseln, über die gesamte Heizperiode sehr viel niedrigere Abgastemperaturen haben. Allein schon deswegen nutzen Brennwertkessel grundsätzlich die Primärenergie besser aus als alle anderen Heizwärmeerzeuger.

Hydraulik und Abgasleitung

Die Einbindung von Brennwertkesseln in das Heizungsnetz ist sehr einfach. Im Gegensatz zu NT-Kesseln, die durch hydraulische Maßnahmen vor einer Taupunktunterschreitung geschützt werden müssen, wird bei Brennwertkesseln die Wasserdampfkondensation angestrebt. Daher sollte die Einbindung in das Heizungsnetz so erfolgen, daß das Heizungswasser mit möglichst niedrigen Rücklauftemperaturen in den Kessel eintritt. Der Heizwasservolumenstrom ist auf eine Temperaturspreizung Vorlauf-Rücklauftemperatur von 20–30 K auszulegen. Die Heizkreise können direkt am Kessel angeschlossen werden. Mischer und Stellantriebe sind grundsätzlich nicht erforderlich, so daß für die hydraulische Ausrüstung geringere Investitionskosten ergeben (Bild 8). Sollte eine Regelung des

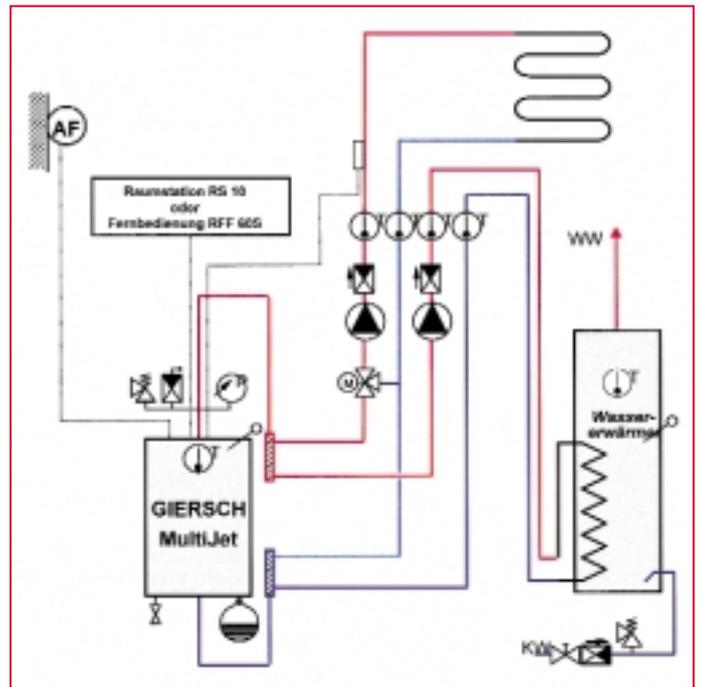


Bild 9
Hydraulik: ein Mischerheizkreis und Speicherwassererwärmung

Heizkreises erforderlich sein, z. B. bei einer Fußbodenheizung, kann auch ein Mischer angeschlossen werden (Bild 9). Bei zwei Heizkreisen, die mit unterschiedlichen Systemtemperaturen betrieben werden, z. B. Radiatoren- und Fußbodenheizkreis, wird der Fußbodenkreis über Mischer geregelt und die Radiatoren, direkt am Kessel angeschlossen (Bild 10).

Der Betrieb von Brennwertgeräten ist ausschließlich an baurechtlich geprüften „feuchteunempfindlichen Abgasanlagen“ (FU) erlaubt. Die eingesetzten Werkstoffe müssen gegenüber dem leicht schwefelsäurehaltigen Kondensat beständig sein. Wegen der niedrigen Abgastemperaturen können preiswerte Abgasanlagen der Gruppe B, die bis 120 °C zugelassen sind, eingesetzt werden. Dadurch ergeben sich in der Regel geringere Investitionskosten als bei einem NT-Kessel. Das in der Abgasleitung anfallende Kondensat kann in den Kessel geleitet und zusammen mit dem übrigen Kondensat neutralisiert und entsorgt werden. Die Verbindungsleitung zwischen Kessel und zur Abgasanlage sollte in einem Winkel von 45 °C erfolgen.

Hilfreich für den Heizungsfachhandwerker und Planer ist die Unterstützung durch den Hersteller. Einen besonderen Service bietet z. B. Giersch unter der Internet-Adresse „www.giersch.de“ an. Dort hat der Fachmann die Möglichkeit einer Online-Planung einer kompletten Gas- oder Öl-Brennwertanlage, einschließlich der Abgasanlage, Hydraulikschemen, Regelung und Zubehör sowie den dazugehörigen Datenorm-Aus-schreibungstexten. □

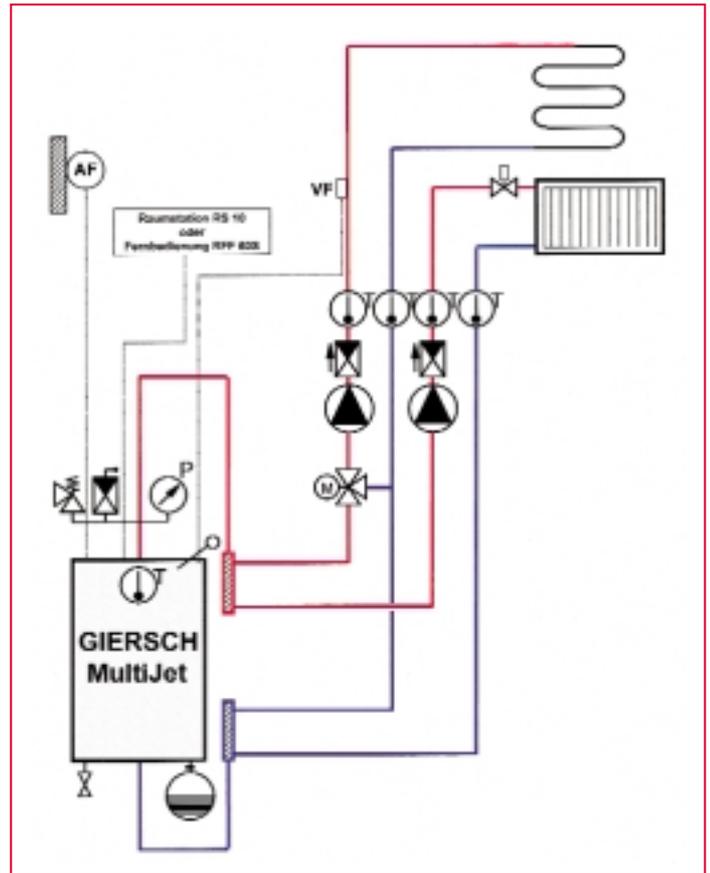


Bild 10
Hydraulik: zwei Heizkreise und Speicherwassererwärmung