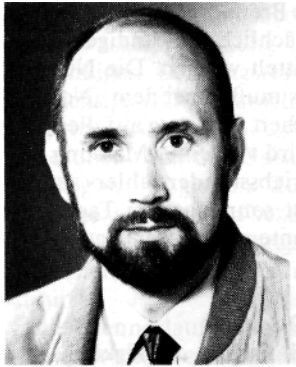


Bemessungsscheibe für die Bestimmung der Heizkesselleistung

Von René Weiersmüller, Schlieren/Zürich



Bei den für die Auslegung der Heizanlage maßgebenden Außentemperaturen nach DIN 4701 muß die Heizleistung unter ungünstigsten Verhältnissen für die zugrunde gelegten Raumtemperaturen in allen Räumen ausreichen. Ungünstigste Verhältnisse sind: keine inneren Wärmequellen (Beleuchtung, Fernsehgerät, Kühlschrank usw.), keine Sonneneinstrahlung am Tage, starker Windanfall, ungünstiger Wärmeleitwiderstand der Baustoffe z.B. durchfeuchtete Wärmedämmung, sowie anormale Lüftungsgewohnheiten. Die DIN 4710 wird bei Neubauten oft zu einem Zeitpunkt angewendet, wo die Wärmeschutzmaßnahmen am Gebäude und vor allem die Güte der Ausführung (Kältebrücken usw.) noch nicht festliegen. Auch über das Benutzerverhalten der zukünftigen Bewohner liegen dann noch keine Erfahrungen vor.

Die aus den vorgenannten Gründen in der Praxis, vor allen Dingen bei älteren Anlagen, oft feststellbare große Diskrepanz zwischen den übrigens erwünschten Reserven auf der Wärmeabgabeseite (feststellbar anhand der tatsächlichen Vorlauftemperatur bei Auslegungstem-

peratur) und dem großen Leistungsüberschuß auf der Erzeugerseite (feststellbar anhand der Auslastung des Heizkessels) macht deutlich, daß für die Bestimmung der Heizkesselleistung noch andere Kriterien gelten als für die Wärmeabgabe. Dies trifft in der Schweiz auch in diesen Fällen zu, wo bei kleineren Objekten die Heizleistung aus Kostengründen nach einer Schätzung auf der ganz sicheren Seite festgelegt wurde. Bei exakter Dimensionierung läuft der Brenner im Auslegungsfall nahezu auf Vollast. Mit höheren Außenlufttemperaturen wird die Brennerauslastung geringer. In der Nähe der Heizgrenze ist dabei der Auslastungsverlauf wegen der Bereitschaftsverluste je nach Regelungsart unterschiedlich; im allgemeinen kann aber mit einem Verlauf nach *Bild 1* gerechnet werden. Einen eher ungewöhnlichen Kurvenverlauf zeigt *Bild 2*. Die eingestellte Kesselbetriebstemperatur von 70 °C entsprach bei der witterungsabhängigen Vorlauftemperaturregelung einer Außentemperatur von - 5 °C, das heißt, bei tieferen Außentemperaturen als - 5 °C ist ohne Höherstellen der Betriebstemperatur des Wärmeerzeugers keine wesentlich größere Heizleistung möglich, auch wenn ein bedeutend leistungsstärkerer Heizkessel eingesetzt wird.

Mittlere jährliche Brennerauslastung

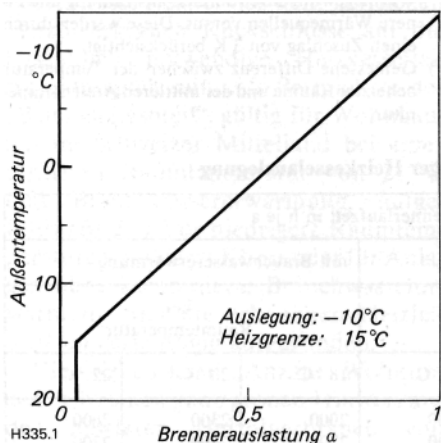
Mit bekanntem jährlichen Außentemperaturverlauf (*Bild 3*) läßt sich bei normalem Verlauf der Brennerauslastung als Funktion der Außentemperatur die mittlere Jahresauslastung des Heizkessels berechnen. So ist ein richtig bemessener Wärmeerzeuger beispielsweise für eine Temperaturdifferenz von 31 K

(-11/ + 20°C) ausgelegt, während in der Heizsaison im Mittel jedoch lediglich etwa ein Δt von 11 K auftritt, d.h., die tatsächlich installierte Leistung wird im Mittel nur etwa zu einem Drittel benötigt. Der nicht zu vernachlässigende Beitrag der Sonneneinstrahlung und der inneren Wärmequellen ist dabei berücksichtigt. Bei einer entsprechenden Auslastung der Kesselnennleistung (siehe *Bild 4*) ergibt sich mit einem üblichen Heizkessel ein Jahreswirkungsgrad von etwa 75%. Mit einem 100% überdimensionierten Heizkessel kann man eine Temperaturdifferenz von 62 K erreichen. Die zur Verfügung stehende Leistung wird hier im Mittel lediglich zu rund einem Sechstel ausgenutzt, was einen Jahreswirkungsgrad von rund 66% ergibt. Ein 200% überdimensionierter Wärmeerzeuger ist sogar für eine Temperaturdifferenz von 93 K geeignet; er erreicht aber bei einer mittleren Temperaturdifferenz von 11 K nur noch einen Jahreswirkungsgrad von 60%.

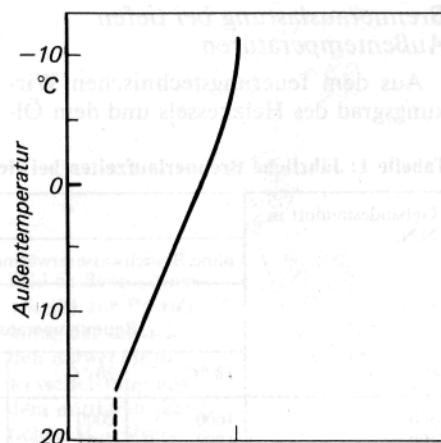
Problematik „Überdimensionierte Heizkessel“ in der Schweiz

Aufgrund einer Untersuchung in der Stadt Zürich ist seit einigen Jahren bekannt, daß die Kesselleistungen, beurteilt nach den heutigen Schweizer Normen, im Mittel etwa um 200% zu groß sind. Ähnliche Resultate erbrachten auch weitere Untersuchungen in der Schweiz. Hierzu sind allerdings einige ergänzende Bemerkungen erforderlich:

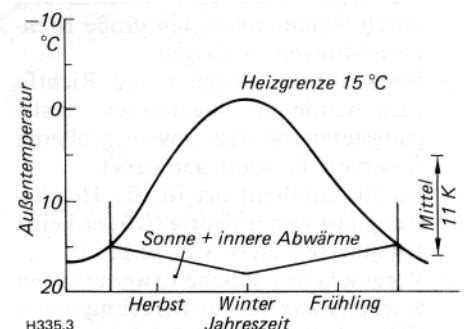
- Bei den früher niedrigeren Heizölpreisen wurde der Wirkungsgrad und somit die Dimensionierung allgemein zu wenig beachtet
- Viele Heizanlagen in der Schweiz sind mit Umstellbrandkesseln ausgerüstet,



H335.1
Bild 1: Brennerauslastung als Funktion der Außentemperatur



H335.2
Bild 2: Gemessene Brennerauslastung als Funktion der Brennerauslastung nach Bild 1 mit Brauchwassererwärmung



H335.3
Bild 3: Mittlerer Außentemperaturverlauf im Zeitraum eines Jahres

◀ Bild 2: Gemessene Brennerauslastung als Funktion der Brennerauslastung nach Bild 1 mit Brauchwassererwärmung

Bemessungsscheibe für die Bestimmung der Heizkesselleistung

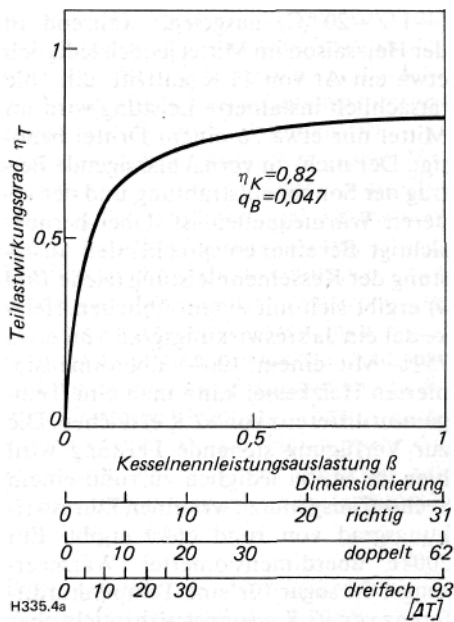


Bild 4a: Teillastwirkungsgrad als Funktion der Kesselnennleistung

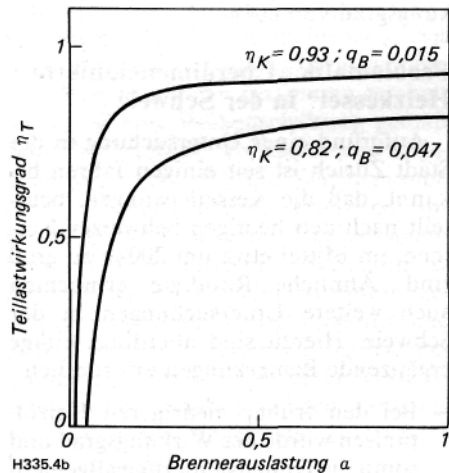


Bild 4b: Teillastwirkungsgrad als Funktion der Brennerauslastung

die trotz Feuerraumverkleinerung durch Schamottesteinen große Brennerleistungen benötigen

- Nach älteren Normen und Richtlinien wurde mit niedrigeren Auslegungstemperaturen sowie größeren Reserven als heute gerechnet
- Im Einfamilienhaus ist die Heizleistung fast zwangsläufig (früher keine Kleinkessel) meist viel zu groß
- Vorgesehene bauliche Erweiterungen wurden zwar bei der Berechnung des Wärmebedarfs berücksichtigt, aber später nicht ausgeführt
- Durch nachträgliche Wärmedämmmaßnahmen wurde eine Reduzierung des ursprünglich erforderlichen Wärmebedarfs bewirkt

- Eine gewisse Rolle spielt auch der Einfluß des Käufers. Kleine Kesselleistungen galten vielfach als unseriös.

Trotzdem werden vielfach auch heute noch oft zu große Kessel in Unkenntnis der tatsächlichen Verhältnisse durch noch leistungsstärkere Wärmeerzeuger ersetzt.

Verbesserungsmöglichkeiten

Es ist an sich naheliegend, den Wirkungsgrad eines überdimensionierten Heizkessels durch Reduzierung der Brennerleistung zu verbessern. Aufgrund der verringerten Brennerleistung ergeben sich zwar niedrigere Abgastemperaturen und somit eine Verbesserung des feuerungstechnischen Wirkungsgrades. Durch die bessere Brennerauslastung wird auch die Zeit verringert, während der Auskühlverluste im Kessel auftreten. Die Strahlungs- und die inneren Auskühlverluste in der übrigen Zeit bleiben aber unverändert, weshalb insgesamt gesehen der Teillastwirkungsgrad nur unwesentlich ansteigt. Eine wirkungsvolle Verbesserung ist daher nur durch Ersatz des zu großen Wärmeerzeugers durch einen richtig ausgelegten Heizkessel möglich.

Heizkesselauslegung für Altbauten

Die nachfolgend beschriebenen Methoden zur Überprüfung der Kesselleistung für Altbauten sollen nicht als Ersatz für die vorwiegend für Neubauten bestimmten Berechnungsverfahren verstanden werden. Sie sollen vielmehr zu einer schnellen Hilfe für die Lösung der vorstehend aufgeführten Probleme dienen.

Bestimmung der Kesselleistung aufgrund der gemessenen Brennerauslastung bei tiefen Außentemperaturen

Aus dem feuerungstechnischen Wirkungsgrad des Heizkessels und dem Öl-

durchsatz des Brenners kann näherungsweise die tatsächlich notwendige Kesselleistung ermittelt werden. Die Nutzung des Gebäudes muß dabei dem „Normalfall“ entsprechen. In bezug auf die Brennerlaufzeit wird von einer Messung mittels eines Betriebsstundenzählers an einigen möglichst sonnenarmen Tagen mit tiefen Außentemperaturen ausgegangen.

Beispiel:

Öldurchsatz 2,8 l/h
 Feuerungstechnischer Wirkungsgrad 83%
 (Heizwert Öl ≈ 10 kWh/l)
 Maximale Wärmeerzeugung 2,8 l/h \cdot 10 kWh/l \cdot 0,83 = 23,24 kW
 Mittlere Außentemperatur (Dreitagemittel)-7 °C
 Brennerlaufzeit während 72 h = 26 h
 Gemessene Brennerauslastung 26 h = 36%
 Mittlere stündliche Leistung des Wärmeerzeugers 23,24 kW \cdot 0,36 = 8,367 kW.
 Notwendige Leistung bei Auslegungstemperatur

$$8,4 \frac{33^2}{27^2} = 10,2 \text{ kW}$$

Bestimmung der Kesselleistung anhand der jährlichen Brennerlaufzeit

Bei dieser Methode wird die mittlere Auslastung der Kesselnennleistung als Funktion des Temperaturverlaufes über die gesamte Heizzeit erfaßt (Bild 3). Zusätzlich sind noch der Jahreswirkungsgrad des Wärmeerzeugers (Bild 4, aber $\eta_K = 0,85$ und $q_B = 0,03$) sowie erforderliche

¹⁾ Differenz zwischen 20 °C Raumtemperatur und der Auslegungstemperatur nach VDI 2067, zusätzlich 3 K. Die Auslegungstemperatur setzt keinen Wärmegegewinn durch Sonneneinstrahlung und innere Wärmequellen voraus. Diese werden durch einen Zuschlag von 3 K berücksichtigt.

²⁾ Gemessene Differenz zwischen der Temperatur beheizter Räume und der mittleren Außentemperatur.

Tabelle I: Jährliche Brennerlaufzeiten bei richtiger Heizkesselauslegung

Gebäudestandort m N.N.	Brennerlaufzeit in h je a					
	ohne Brauchwassererwärmung			mit Brauchwassererwärmung		
	bei Raumtemperatur			bei Raumtemperatur		
	18 °C	20 °C	22 °C	18 °C	20 °C	22 °C
0	1600	2000	2400	2000	2300	2600
400	1800	2100	2400	2200	2400	2700
800	1900	2200	2400	2300	2500	2700

chenfalls der Wärmebedarf für die Brauchwassererwärmung bzw. die dafür notwendigen Leistungsreserven zu berücksichtigen. Die Umrechnung der Klimadaten nach VDI 2067 auf die jeweilige Höhe über N.N. des Gebäudes erfolgte mit Regressionsgraden. Zum Ausgleich von Unsicherheiten in bezug auf die Klimadaten dient ein Leistungszuschlag von 10% (siehe auch im übernächsten Abschnitt).

Die Brennerlaufzeiten nach *Tabelle 1* gelten für alle Wohnbauten, setzen allerdings eine Brennerleistung entsprechend der Kesselnennleistung voraus. Wird die angegebene Brennerlaufzeit nicht erreicht, so ist der Heizkessel überdimensioniert. Zu beachten ist, daß ein 100% überdimensionierter Heizkessel aufgrund der erforderlichen Betriebsbereitschaftszeiten mehr als die Hälfte der jährlichen Brennerlaufzeit nach *Tabelle 1* erreicht.

Bestimmung der Kesselleistung mit dem Bemessungspfeil

Mit den Brennerlaufzeiten nach *Tabelle 1* läßt sich bei einem richtig ausgelegten Heizkessel der Jahresölverbrauch wie folgt bestimmen:

Beispiel:

Heizkesselleistung 41 kW (ohne Brauchwassererwärmung)
 Ölverbrauch bei Vollastbetrieb 4,6 l/h
 Brennerlaufzeit aus *Tabelle 1*: 2100 h/a (mittlere Raumtemperatur 20 °C; 400 m N.N.)

Jährlicher Brennstoffverbrauch
 $4,6 \text{ l/h} \cdot 2100 \text{ h/a} = 10\,000 \text{ l/a}$

Ein richtig ausgelegter Heizkessel mit doppelt so großer Leistung würde demnach unter gleichen Verhältnissen die zweifache Ölmenge verbrauchen. Umgekehrt müssen daher aus dem jährlichen Heizölverbrauch Rückschlüsse auf die tatsächlich notwendige Heizkesselleistung möglich sein. Als Beispiel sei der „Bemessungspfeil“, gültig für Wohnbauten im Schweizer Mittelland bei einer mittleren Raumtemperatur von 21 °C und Brauchwassererwärmung, aufgeführt (*Bild 5*). Für niedrigere Raumtemperaturen, milderes Klima oder für Anlagen ohne kombinierte Brauchwassererwärmung sind die erhaltenen Heizleistungen geringfügig aufzurunden.

Die Nebenskala „Anzahl Wohnungen“ gibt einen ganz groben Hinweis auf den mittleren Heizölverbrauch von durchschnittlichen Ein- und Mehrfamilienhäusern in der Schweiz.

Bestimmung der Kesselleistung mit der Bemessungsscheibe

Eine Weiterentwicklung des Bemessungspfeils ist die Bemessungsscheibe (*Bild 6*). Mit ihr kann man nicht nur die mittlere Raumtemperatur der beheizten Gebäudeteile während der Heizperiode, sondern auch die Höhenlage des Gebäudes berücksichtigen.

Beispiel:

Gebäudestandort 800 m N.N., mittlere Raumtemperatur der beheizten Gebäudeteile während der gesamten Heizperiode 21 °C, durchschnittlicher jährlicher Heizölverbrauch (ohne Brauchwassererwärmung) 12000 l. Ablesung: Benötigte Heizleistung $\approx 41 \text{ kW}$.

Ausreichende Erfahrungen mit der Bemessungsscheibe Version Schweiz liegen seit längerer Zeit vor. Sowohl die Vorteile als auch die Schwächen sind bekannt. Bei ihrer Anwendung sind folgende Punkte besonders zu beachten:

1. Die Bemessungsscheibe ist nur für Wohnbauten ohne zusätzliche Heizanlage geeignet.
2. Die erhaltene Kesselleistung bezieht sich auf eine Brennerlaufzeit von 24 h je Tag bei Auslegungstemperatur.
3. Vergleiche zwischen den klimatischen Verhältnissen in der Schweiz und in der Bundesrepublik Deutschland lassen den Schluß zu, daß die zugrunde gelegte Anzahl Heizgradtage nach VDI 2067 eher etwas zu hoch ist, und zwar vor allem wegen der Heizgrenze von 15 °C bei ei-

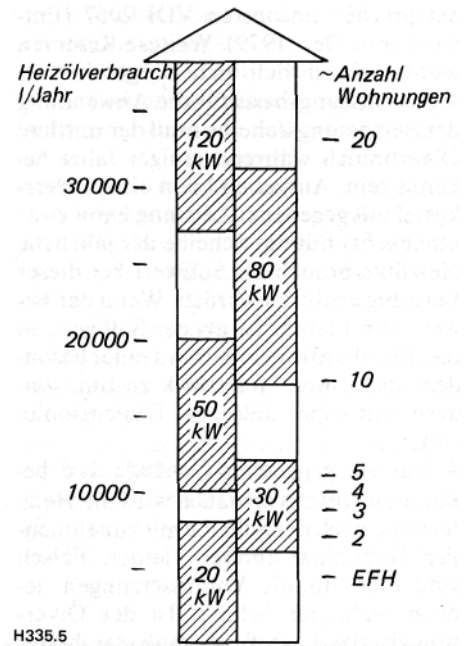


Bild 5: Erforderliche Heizleistung nach dem jährlichen Ölverbrauch

ner Raumtemperatur von 20 °C (der Verfasser rechnet übrigens in der Schweiz mit gutem Erfolg seit Jahren mit 14/20°C). Da die Schweizer Scheibe (trotz höherer Auslegungstemperaturen in der Schweiz) praktisch ohne Korrekturen auch für Deutschland gelten würde, wurde in die Version „BRD“ ein einmaliger Zuschlag von 10% auf der Heizleistung „eingearbeitet“. Die Basisdaten

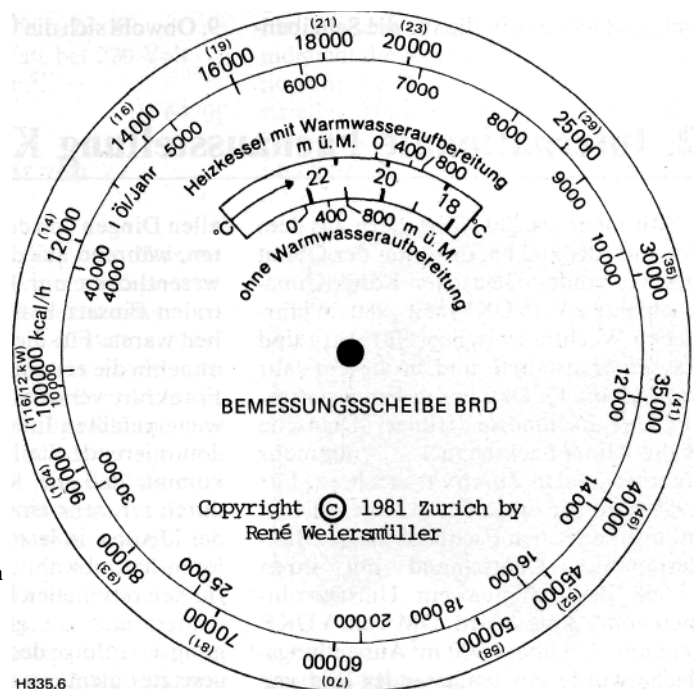


Bild 6: Bemessungsscheibe zur Bestimmung der tatsächlich notwendigen Kesselleistung aus dem mittleren jährlichen Heizölverbrauch („Version BRD“)

Bemessungsscheibe für die Bestimmung der Heizkesselleistung

entsprechen ansonsten VDI 2067 (Entwurf vom Dez. 1979). Weitere Reserven wurden absichtlich nicht vorgesehen.

4. Als Ausgangsbasis für die Anwendung der Bemessungsscheibe muß der mittlere Ölverbrauch während einiger Jahre bekannt sein. Ausgehend von einem Heizkessel mit gegebener Leistung kann zwar umgekehrt mit der Scheibe der jährliche Heizölverbrauch als Sollwert bei dieser Leistung ermittelt werden. Wenn der Istwert nun kleiner ist als der Sollwert, so hat dies allerdings nichts mit einer besonders sparsamen Heiztaktik zu tun, sondern mit einer falschen Dimensionierung.

5. Für ein gegebenes Gebäude und bekannten Heizölverbrauch wird die Heizleistung nach der Scheibe mit zunehmender Höhenlage immer kleiner. Falsch sind hier nur die Voraussetzungen, jedoch nicht der Schluß: Ist der Ölverbrauch gleich groß, so muß das höher gelegene Gebäude kleiner oder besser wärmegeklämt sein; ist das Gebäude und das Benutzerverhalten dagegen gleich, wird die Heizanlage am höheren Standort mehr Öl verbrauchen, was zu einer höheren Heizleistung führt. Das gleiche gilt sinngemäß für andere Raumtemperaturen bzw. für Vergleiche zwischen Anlagen mit und ohne Brauchwassererwärmung.

6. Die Genauigkeit der Umrechnung von Klima- und Auslegungsdaten auf die jeweilige Standorthöhe muß nicht allzu groß sein: Die beiden Parameter korrelieren stark miteinander und gehen lediglich als Quotient in die für die Scheiben-

entwicklung notwendigen Berechnungen ein.

7. Der jährliche Ölverbrauch und die erforderliche Heizleistung werden u.a. auch durch das Mikroklima beeinflusst. Bei der Bestimmung der Heizkesselleistung mit der Bemessungsscheibe wird dieser Einfluß zwangsläufig über den erhöhten Heizölverbrauch berücksichtigt. Die Auswirkung des Mikroklimas auf die Heizleistung muß dagegen beim Neubau über Zuschläge oder (seltener) Abzüge angerechnet werden.

8. Oft ist der Wirkungsgrad einer Wärmeerzeugungsanlage deutlich schlechter als der sich nach der Bemessungsscheibe ergebende Wert ($q_B > 0,03$, $\eta_k < 0,85$). Der dadurch größer ausfallende Ölverbrauch führt dann im Zusammenhang mit der Bemessungsscheibe auch zu einer etwas höheren Heizleistung. Dieser Wert könnte in bezug auf seine Genauigkeit dadurch verbessert werden, daß man den Ölverbrauch von Heizkesseln mit besonders schlechtem Wirkungsgrad (zu groß ausgelegte Wärmeleistung, hohe Bereitschaftsverluste, schlechter feuerungstechnischer Wirkungsgrad) vor der Anwendung der Scheibe fiktiv etwas erniedrigt. Umgekehrt ist bei Verwendung von Raumthermostaten, sorgfältig eingestellten und bedienten Thermostatventilen, überdurchschnittlichen Fremdenergiegewinnen, tiefer oder gleitender Kesselbetriebstemperatur, Wochenendabsenkungen und Warmwasseraufbereitung nur während der Heizperiode der Verbrauch eher aufzurunden.

9. Obwohl sich die Überdimensionierung

eines Heizkessels in fast allen Fällen negativ auf den Jahresnutzungsgrad auswirkt, ist damit allein eine Aussage über die Höhe des Jahresnutzungsgrades bzw. über das entsprechende Sanierungspotential nicht möglich: So haben beispielsweise ältere Umstellbrandkessel beim Betrieb mit gleitenden Kesseltemperaturen trotz beachtlicher Überdimensionierung und fehlender Wärmedämmung teilweise einen recht hohen Jahresnutzungsgrad.

Man sollte auch bedenken, daß der Ölverbrauch eines richtig bemessenen Heizkessels mit einer Leistung von z.B. 58 kW jährlich etwa 15 000 bis 20 000 l beträgt, das ist in DM ausgedrückt jährlich ein Mehrfaches der Kosten für die Anschaffung des Kessels. Dies zeigt deutlich die Bedeutung des Jahresnutzungsgrades. Die im Anschluß an die Anwendung der Bemessungsscheibe durchzuführende Untersuchung der Heizanlage macht sich daher fast immer in kürzester Zeit bezahlt. [H 335]

Schrifttum

A. Dittrich: „Zum Jahreswirkungsgrad von Ein- und Mehrkesselanlagen.“ HLH, 12, 1972.

R. Weiersmüller: „Dimensionierungsprobleme bei Heizanlagen in der Stadt Zürich.“ Schweiz. Bauzeitung, 26, 1978.

R. Weiersmüller: „Heizung richtig dimensioniert = minus 1,5 AKW Typ Gösgen.“ Aktuelles Bauen, 6, 1979.

R. Weiersmüller: „Abbau der Energieverschwendung: Anpassen der Kesselleistung mit der Bemessungsscheibe.“ Schweiz. Ingenieur und Architekt, 27/28, 1980.

R. Weiersmüller: „Neue Bemessungsscheiben - für Gasheizungen und Ölbrenner.“ Schweiz. Ingenieur und Architekt, in Vorbereitung, 1981.