

*Die Energieverschwendung durch überdimensionierte Heizanlagen*¹

Heizung richtig dimensioniert = minus 1,5 AKW «Typ Gösgen»

Sehr zu Unrecht nimmt die Energieverschleuderung durch überdimensionierte Heizanlagen in den verschiedenen Energiekonzepten nur einen geringen Stellenwert ein. Dabei könnten durch Ersatz der im Mittel dreifach bemessenen Kessel durch richtig dimensionierte Anlagen allein in der Stadt Zürich rund 70 000 Tonnen Heizöl pro Jahr, das sind gegen 20 Prozent des Jahresverbrauchs für Gebäudeheizungen, «eingespart» werden. Gesamtschweizerisch dürfte die Verschwendung durch Überdimensionierung etwa 700 000 Tonnen Heizöl/Jahr betragen, was fast dem Anderthalbfachen der vorgesehenen jährlichen Energieproduktion vom Kernkraftwerk Gösgen entspricht.

Von René Weiersmüller,
Schlieren

Bei Ölpreisen von Franken 40.-/100 kg verbraucht eine dreifach dimensionierte Heizung gegenüber der richtig dimensionierten Anlage bei gleichen prozentualen Verlusten im Mittel zusätzlich pro Jahr ca. Fr. 100.-/10'000 kcal/h Heizleistung (Fr. 80.-/10 kW). Eine 150'000-kcal/h-(174-kW)Anlage durchschnittlicher Überdimensionierung benötigt also je Jahr zusätzlich für Fr. 1500- Heizöl. Der Ersatz durch eine richtig bemessene 50'000-kcal/h-(58-kW-)Anlage macht sich also in wenigen Jahren bezahlt, besonders wenn die Neuanlage verlustärmer als die alte Anordnung ist. Besonders verlustarm sind rostfreie Kessel, bei denen auf der Konstruktionsseite auch wirklich die Möglichkeiten mit den rostfreien Materialien voll ausgeschöpft worden sind. Diese Kessel lassen zusammen mit einem rostfreien und isolierten Kaminfutterrohr Betriebsarten zu, deren Wirkungsgrade auch in Zukunft nur mit grossem Aufwand zu übertreffen sein werden.

Der gesamtschweizerische Austausch fast aller Öl- und Gashei-

zungen für die Raumheizung und Warmwassererzeugung durch richtig dimensionierte, rostfreie Kessel dürfte nach vorsichtiger Schätzung rund drei Milliarden Franken kosten - ebenfalls gleichviel wie 1¹/₂ Kernkraftwerke vom Typ Gösgen. Bei ungefähr gleichen Kosten hätte aber das Vorgehen mit dem Austausch der Kessel einen wesentlichen Vorteil, können doch anstelle von 550 Mio. Franken Betriebskosten pro Jahr (1¹/₂ mal Gösgen) Verbrauchseinsparungen an Heizöl im Werte von gegen 300 Mio. Franken realisiert werden. Diese rund 800 Mio. Franken pro Jahr billigere «Alternative» verschmutzt nicht die Luft durch Feuerungsabgase und produziert auch keine radioaktiven Abfälle. Ein gleichzeitiger Ersatz der unwirtschaftlichen Kombi-Warmwasserbereitungen durch Elektroboiler wäre zusam-

men mit der Elektrizitätsbranche zu prüfen (= vernünftige Substitution!).

Die Energiebeschaffung in der Schweiz wird so oder so durch den Bürger bezahlt. Oft werden aber Vorgehen gewählt, die sich nicht durch besondere Wirtschaftlichkeit auszeichnen. Die Lösungen sind dafür (politisch) einfacher zu verwirklichen. Theoretische Anstrengungen hinsichtlich Energieversorgung sollten deshalb in Zukunft eher darauf ausgerichtet werden, sich zu überlegen, wie man es macht, als was man machen könnte. Dieses ist nämlich in allen Schattierungen bereits seit Jahren bekannt.

Die Verluste beim Heizkessel

Der Kessel setzt im Brenner die Verbrennungswärme vom zugeführten Heizöl frei. Eine hundertprozentige Umwandlung in Nutzwärme ist nicht möglich. Ein Teil der Wärme - 10 bis 20 Prozent - geht bei laufendem Brenner mit dem heissen Rauchgas durch das Kamin weg und ist grösstenteils verloren. Die Abstrahlungsverluste bewirken - unabhängig davon, ob der Brenner läuft oder nicht läuft - eine Wärmeabgabe durch Konvektion und Strahlung an den normalerweise gut belüfteten Heizraum und sind, zusammen mit den Abstrahlungsverlusten der Heizungsarmaturen, ebenfalls grösstenteils verloren. Bei stehendem Brenner kühlt sich das Kesselinnere durch den natürlichen Kaminzug ab; die inneren Auskühlverluste verschlechtern so den Wirkungsgrad der Heizanlage.

Alle diese Verluste sind stark von der Betriebstemperatur des Kessels bzw. der Rauchgastemperatur abhängig. Aus technischen Gründen - der Taupunktunterschreitung und der damit verbundenen Korrosionsgefahr - sollten diese Temperaturen nur bis zu einer bestimmten Grenze abgesenkt werden (ausgenommen bei rostfreien Kesseln und Kaminen). Die Strahlungs- und inneren Abkühlverluste sind allerdings durch konstruktive

Massnahmen vermindert.

Die einzelnen Verluste können den verschiedenen Betriebszuständen zugeordnet werden. So setzt sich der Betriebsverlust (Brenner in Betrieb) aus den Rauchgas- und den Strahlungsverlusten zusammen; der Bereitschaftsverlust (Brenner läuft nicht) beinhaltet den Strahlungsverlust und den inneren Auskühlungsverlust.

Wenn nun ein Heizkessel keine Strahlungsverluste und keine inneren Auskühlverluste aufweisen würde, wäre das Dimensionierungsproblem - ausgenommen beim Kaufpreis der Anlage - nicht existent, da die Rauchgasverluste unabhängig von der Kesselgrösse auftreten. Der Minimierung der inneren Auskühlungs- und Strahlungsverluste sollte daher von seiten der Konstrukteure so oder so besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden; Ansätze dazu sind bereits vorhanden. Obwohl die Bereitschaftsverluste - in Prozenten der Nennleistung ausgedrückt - sehr viel kleiner als die Rauchgasverluste sind, fallen sie in «der Jahresabrechnung» relativ stark ins Gewicht. Die Leistung der Anlage wird bekanntlich nach dem mittleren Aussenlufttemperaturminimum (Zürich minus 11 °C) bemessen. Dies hat zur Folge, dass der Brenner der Anlage praktisch kaum je voll ausgelastet sein wird. Je geringer die Auslastung, um so schlechter wird aber der Wirkungsgrad (Bild 1) der Heizung. Selbst eine richtig bemessene Heizung mit kombinierter Warmwasserbereitung ist im Jahresdurchschnitt lediglich zwischen 30 und 35 Prozent ausgelastet. Wenn diese Heizanlage - wie im Normalfall - dreifach dimensioniert ist, erreicht sie in den Monaten mit reiner Warmwasserbereitung noch einen Wirkungsgrad von ganzen 10 Prozent.

Der Brennstoffverbrauch

Die für den Wirkungsgrad verantwortlichen Verluste können auch einzeln als Tankinhalt dargestellt werden (Bild 2). Bei glei-

Bild 1: Ölfeuerungswirkungsgrad

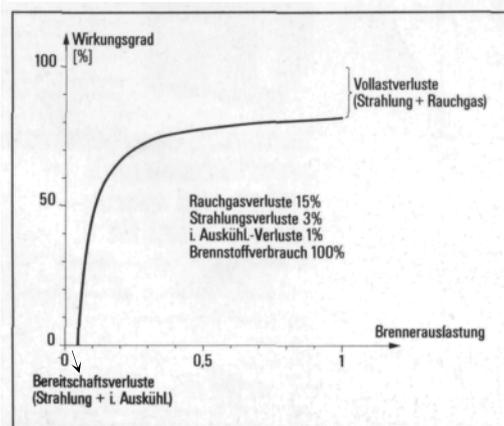
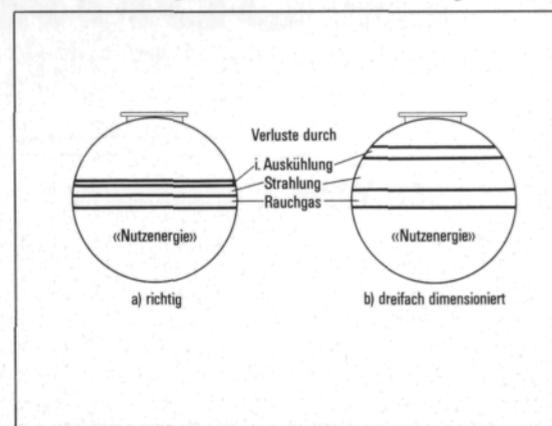


Bild 2: Jahresverluste bei unterschiedlicher Dimensionierung (Heizung mit Warmwasserbereitung)



¹ Aus Platzgründen ist auf die Herleitung der einzelnen Angaben und Graphiken verzichtet worden. Die Grundlagen mit den Basisdaten sind bereits veröffentlicht worden und können vom besonders interessierten Leser dort nachgesehen werden (R. Weiersmüller: «Dimensionierungsprobleme bei Heizanlagen in der Stadt Zürich», Schweizerische Bauzeitung, 26, 1978).

ENERGIESPARENDES BAUEN

Dimensionierung	ohne WW-Bereitung RT= 22 °C	Ohne WW-Bereitung RT= 20 °C	Mit WW-Bereitung RT= 22 °C
Richtig	2650	2150	2900
Zweifach	1500	1200	1750
Dreifach	1100	850	1350

Tabelle 1: Vollbenutzungsstunden je Jahr, Mittelland

cher Nutzwärmeabgabe ist der Strahlungsverlust - gleiche prozentuale Verluste vorausgesetzt - bei der dreifach dimensionierten Anlage exakt dreimal so gross. Die inneren Auskühlverluste (inneren Stillstandsverluste) steigen um mehr als das Dreifache, da die grössere Ausführung mit der grösseren Leistung ja bedeutend weniger lang pro Jahr in Betrieb bleibt (Tabelle 1). Mit dem Brennstoffverbrauch der Heizanlage (aus der Kesselleistung) und den Vollbenutzungsstunden je Jahr kann der mittlere jährliche Ölverbrauch ausgerechnet werden.

Beispiel:

- Kombiheizung, richtig dimensioniert, Raumlufttemperatur 22 °C
- Heizleistung 116 kW entspricht 100 000 kcal/h
- Vollastwirkungsgrad = 0,81
- Brennstoffverbrauch pro Stunde:

$$\frac{116 \text{ kW}}{10 \text{ kWh/l Öl} \times 0,81} = 14,3 \text{ l Öl/h}$$

- Brennstoffverbrauch pro Jahr 14,3 l/h x 2900 h/Jahr = 41 500 l

Im praktischen Einsatz wird eine 116-kW-Kombiheizung kaum je 41 500 l Öl pro Jahr konsumieren. Der erste Gedanke des Besitzers, die Ursache sei im besonders energiebewussten Heizen zu suchen, ist fast immer falsch. In Wahrheit ist sein Ofen für die benötigte Heizleistung viel zu gross und entsprechend wenig in Betrieb. Eine kleinere und richtig dimensionierte Anlage würde wohl öfter laufen, pro Jahr aber dennoch weniger Öl verbrauchen.

Diese Zusammenhänge können nun dazu benutzt werden, aus dem mittleren Jahresbrennstoff-

verbrauch und der Kesselleistung in erster Näherung den Dimensionsgrad zu bestimmen (Bilder 3 und 4). Kleinere Ungenauigkeiten entstehen durch fehlerhafte Leistungsangaben und extreme Bereitschaftsverluste bei stark überdimensionierten Anlagen. Die Leistung ist aber durch Auslitterung des Ölverbrauches und Bestimmung des feuerungstechnischen Wirkungsgrades einigermassen genau überprüfbar.

Durch die Verbrauchsgewohnheiten wird die Genauigkeit der Dimensionierung ebenfalls etwas beeinflusst. Höhere Raumtemperaturen sind einem erhöhten Brennstoffbedarf gleichzusetzen und täuschen insofern eine geringere Überdimensionierung vor. Zudem ergeben andere Heizgrenzen bei besonders gut oder schlecht wärmedämmten Gebäuden gewisse Abweichungen. Ohne Einfluss ist dagegen der spezifische Energieverbrauch des Gebäudes: Die Dimensionierungsbilder basieren auf dem Verhältnis Leistung bei Auslegungstemperatur und mittlere Leistung pro Jahr; sie sind also gebäudeunabhängig.

Beispiel zu Bild 3

- Kesselleistung 200 000-kcal/h (232 kW)
- Mittlerer Jahresverbrauch 33 000 l

Eine 70'000-kcal/h-(81,2-kW)-Anlage würde es auch tun.

Die Bestimmung der Überdimensionierung mit einem Betriebsstundenzähler bei besonders tiefen Aussentemperaturen - zusammen mit der Brennerauslitterung und der Bestimmung des feuerungstechnischen Wirkungsgrades - ist aber genauer!

Die Vorteile einer zu grossen Heizanlage

Damit eine Heizanlage so verlustarm wie möglich betrieben werden kann, muss sie also richtig dimensioniert sein und möglichst geringe Eigenverluste aufweisen. Diese werden vom Bund ab 1981 mit dem «Reglement über die Konstruktion und den Betrieb von Heizkesseln und Zerstäuberbrennern» vorgeschrieben. Es soll aber nicht verschwiegen werden, dass die dort geforderten Werte zu unterbieten sind.

Selbst eine besonders verlustarme Heizung läuft energieverwendend, wenn sie zu gross ist. Zudem bietet eine überdimensionierte Heizung überhaupt keinen Nutzen, es sei denn, die zehn Minuten schnellere Aufheizzeit des Wasserkreislaufs auf Solltemperatur nach einem Betriebsunterbruch werde zu einem Vorteil erhoben. Als Triebfeder für eine Überdimensionierung kann somit lediglich die Angst vor einer ungenügenden Heizleistung - vor dem Frieren - geltend gemacht werden.

Wenn nun eine Heizung exakt und ohne Reserven für eine Auslegungstemperatur von minus 11°C (Zürich) bemessen wird, kann sie mit dem Gewinn aus inneren Abwärmen und der zumindest diffusen Sonnenstrahlung auch im Dezember/Januar bei etwa minus 14 °C noch eine Raumlufttemperatur von 20 °C aufrechterhalten. Bei einem auch nur halbwegs vernünftig wärmedämmten Gebäude ist der prozentuale Fremdenergieanteil noch grösser. Die Aussentemperatur kann somit noch tiefer absinken. Nach Angaben der MZA ist in Zürich (570 m ü.M.) im Mittel während rund neun Stunden pro Jahr mit einer Aussentemperatur von minus 15° C oder darunter zu rechnen. Pro zehn Jahre ist durchschnittlich eine solche Kälteperiode während eines Tages, pro fünfzig Jahren während zweier Tage wahrscheinlich. Eine auf minus 11 °C und ohne Reserven (k-Werte, Luftwechselzahlen usw.) ausgelegte Anlage ist auch bei tiefe-

ren Temperaturen als minus 15 °C noch nicht an Ende, wenn einige Massnahmen wie Läden schliessen in der Nacht, sparsam lüften, Raumlufttemperatur in nicht genutzten Räumen und Schlafzimmern reduzieren usw. in Kauf genommen werden. Es ist daher absolut unnötig, die schon bei einer Auslegungstemperatur von minus 11 °C vorhandenen Reserven noch weiter auszubauen. Zudem wird normalerweise selbst eine nach den üblichen Regeln zu kleine Anlage bei störungsfreiem Betrieb gar nicht als solche erkannt:

Bei einem Neubau mit siebzehn 1- bis 3 1/2-Zimmer-Wohnungen konnte aus Platzgründen lediglich noch eine 65 000-kcal/h-(75-kW-)Heizung inkl. Warmwasserbereitung installiert werden. Der Ersatz ist - mal sehen, ob es nicht doch reicht - hinausgeschoben worden: Bis heute hat noch niemand reklamiert!

In den meisten Fällen kann der überdimensionierte Kessel seine ganze Wärmeproduktion gar nicht «loswerden»: Bei einem neueren Altbau (elf 2 1/2- bis 5 1/2-Zimmer-Wohnungen) muss der defekte Kessel mit Warmwasserbereitung ausgewechselt werden. Die noch mögliche Kontrolle der Laufzeiten mit einem Betriebsstundenzähler zusammen mit der genauen Erfassung der Aussentemperatur, hat ergeben (Bild 5), dass die Anlage ohne Risiko durch eine halb so grosse (58 kW) ersetzt werden kann. Bei Aussentemperaturen von etwa plus 15° C und höher ist die Laufzeit wegen der Warmwasserbereitung und der Eigenverluste des Kessels konstant - eine Heizlast für die Raumwärmeerzeugung wird nicht benötigt. Ab minus 5° C nähert sich die Brennerauslastung mehr oder weniger asymptotisch dem Wert 0,5, was auf zunehmende Schwierigkeiten bei der Wärmeabnahme vom Kessel hindeutet (kleine Radiatoren, Leitungen oder Pumpe usw.). Durch Höherstellen der Kesseltemperatur (jetzt 72 °C) könnte die Wärmeabgabe allerdings angehoben werden; ein

Bild 3: Heizölverbrauch bei verschiedenen Kesselleistungen (Mittelland, ohne Warmwasserbereitung)

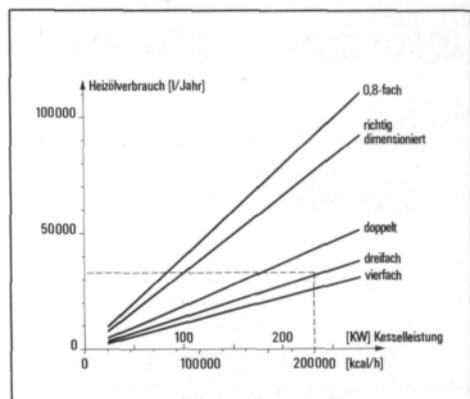


Bild 4: Heizölverbrauch bei verschiedenen Kesselleistungen (Mittelland, mit Warmwasserbereitung)

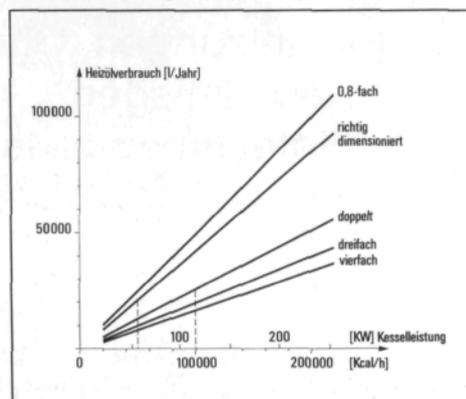
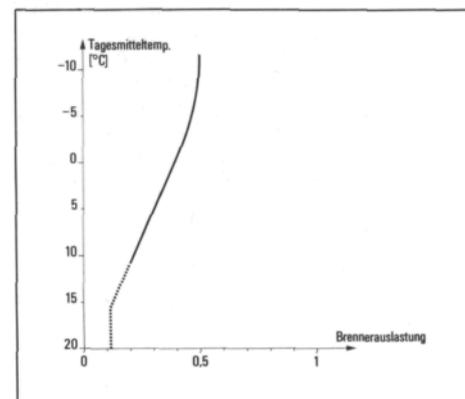


Bild 5: Gemessene Auslastung bei einer bestehenden Anlage



ENERGIESPARENDES BAUEN

Kessel mit noch grösserer Leistung bringt aber *bei gleicher Temperatur* ausser den grösseren Verlusten überhaupt keine Vorteile.

Von den Bewohnern ist während der besonders kalten Tage nicht über ungenügende Raumlufttemperaturen geklagt worden, ob schon nach Bild 5 bei Aussen-temperaturen von unter -5° Celsius offensichtlich ein Manko bei der Heizenergieabgabe zu verzeichnen ist. Die Vorlauf-temperaturen muss demnach zusätzlich noch zu hoch sein, so dass das Manko durch weniger überheizte Räume und teilweise volles Aufdrehen der Radiatorenventile kompensiert werden kann. Ein Absenken der Vorlauf-temperaturen drängt sich daher auf.

Die bestehende Heizanlage - ein Umstellbrandkessel - hat bei einem gemessenen feuerungstechnischen Wirkungsgrad von gut 87 Prozent einen Kesselwirkungsgrad von etwa 80 Prozent bei 50prozentiger Auslastung. Der gemessene Brennstoffverbrauch beträgt $13,9$ l/h, bei etwa 84 Prozent Vollastwirkungsgrad ist die Nennleistung daher wie angegeben etwa $100'000$ kcal/h (116 kW). Bei 50prozentiger Auslastung wird die Heizleistung $100'000 \times 0,5 \times 0,8 : 0,84 = 47'600$ kcal/h ($55,2$ kW) sein. Die vorgesehene Neuanlage in rostfreier Ausführung mit 58-kW-Leistung wird bei gleicher Kesseltemperatur sogar noch etwas Reserven ausweisen können. Zudem liegen etwa 2°C in den jetzt zu hohen Raumlufttemperaturen drin.

Bei einem mittleren Brennstoffverbrauch von $25'000$ l/Jahr ist die alte Anlage nach Bild 4 ca. doppelt, nach Bild 5 etwas weniger als doppelt dimensioniert. Sofern die alte und die neue Anlage gleiche prozentuale Verluste aufweisen, kann aus Bild 4 der zukünftige Minderverbrauch an Heizöl herausgelesen werden; er ist $25'000$ l/Jahr (doppelte Dimensionierung) minus $21'000$ l/Jahr (richtig dimensioniert), was einem Minderver-

brauch von etwa 4000 l/Jahr entspricht.

Sanierung bei Altbauten

Es ist zu überlegen, ob eine überdimensionierte Anlage bis an ihr «Lebensende» betrieben werden sollte oder ob es besser ist, die Anlage so bald als möglich durch eine richtig bemessene Heizung mit erst noch kleineren prozentualen Verlusten zu ersetzen. Dem Informationsnotstand jedes Einzelnen - wieviel zu gross ist meine Anlage? - könnte abgeholfen werden, indem beispielsweise entsprechend ausgebildete Personen zusammen mit dem Hauswart oder Hausbesitzer eine Grobbestimmung nach den Bildern 4 und 5 vornehmen würden. Bei genügend grosser Überdimensionierung wäre die Anlage mit einem Betriebsstundenzähler auszurüsten, damit einerseits die Überdimensionierung an kalten Tagen exakt bestimmt werden kann und andererseits der Fachmann dann auch gleich genaue Angaben für die richtige Bemessung der Neuanlage bekommt. (Zukünftige wärmetechnische Sanierungen wie Nachisolation oder Fensterersatz usw. sind natürlich zu berücksichtigen!)

Eine ansehnliche Verminderung des Energieverbrauchs ist - unabhängig von einem Kesselersatz - oft durch eine Nachkontrolle bzw. Nachregulierung der Vorlauf-temperaturen erreichbar. Diese sind normalerweise beim Anlagebau einmal eingestellt und, gleich wie die Umwälzpumpe, so bemessen worden, dass «man für immer Ruhe hat». Diese beiden Umstände erschweren eine richtige Einstellung der Radiatorenventile gewaltig und führen letzten Endes selbst bei technisch vorbelasteten Benutzern zu überheizten Räumen. Die zu starke Pumpe kann wohl bei dann grösserer Leistungsaufnahme manchmal durch einen internen Umgang (Bypass) «geregelt» werden. Besser ist aber eine kleinere Pumpenausführung. Bei einer

sauber ausgeführten Verrohrung ist übrigens selbst bei einem Mehrfamilienhaus die kleinste Pumpe noch zu gross.

Empfehlenswertes bei Neubauten

Bei Neubauten kann nicht wie beim Altbau nach der einen oder anderen Methode «nachdimensioniert» werden. Man ist vielmehr auf eine Art Prognose mit all ihren Unsicherheiten angewiesen. Offensichtlich war aber in der Vergangenheit ganz allgemein das Visier etwas falsch eingestellt. Die Möglichkeiten des direkten Vergleichs mit realisierten Anlagen sowie deren Überwachung zur Erarbeitung von Daten sind eindeutig zu wenig genutzt worden. Neuanlagen sollten daher mit Betriebsstundenzähler ausgerüstet werden. Der Anlageplaner kann dem Bauherrn dann auch gleich mit den erreichten Vollbetriebsstunden pro Jahr seine «Dimensionierungsfähigkeiten» beweisen. Daneben ist die Gelegenheit zur Aneignung von mittleren Leistungskennzahlen zu nutzen. Als Basis soll einmal die notwendige durchschnittliche Heizleistung pro 1000 m³ beheiztem Innenvolumen in der Stadt Zürich dienen. Sie beträgt, ohne Warmwasserbereitung,

etwa 20 kW/1000 m³ (entspricht ca. 8 kW/1000 m² beheizte Nutzfläche) und liegt damit an der alleruntersten Grenze der in den Empfehlungen aufgeführten Werte. Bei kleinen und schlecht wärme geschützten Bauten sind etwas grössere Werte einzusetzen, bei grossen und zeitgerecht isolierten Bauten ist die spezifische Leistung wesentlich kleiner.

Die Berechnung der Kesselleistung nach SIA 380 erfolgt zweckmässigerweise von der ganzen Gebäudehülle aus und nicht aus der Summe der Einzelräume. Bei natürlich belüfteten Gebäuden genügt die Annahme eines Luftwechsels von $0,2$ h⁻¹. Es ist ferner zu beachten, dass die λ - und α -Werte schon «Fettpol-

ster» enthalten; Sicherheits- bzw. Unsicherheitszuschläge sind also nicht mehr nötig.

Auf Kompromisslösungen wie Wechsel-, Doppel- und Umstellbrandkessel sollte verzichtet werden. Anstelle von Kombiheizungen ist der Einsatz von elektrischen Einzelboilern zu prüfen. Warmwasserzirkulationsleitungen sind bei vernünftigen Warmwasserleitungsdurchmessern, zusammen mit nicht viel über 50° liegenden Warmwassertemperaturen (Verkalkungsgefahr), überflüssig.

Generell sollte die Anlage für eine möglichst geringe Vorlauf-temperaturen ausgelegt werden. Bodenheizungen oder mindestens genügend grosse Radiatoren, zusammen mit einem rostfreien Kessel und dem entsprechenden Kamin, haben in Zukunft bessere Aussichten als Einrohrsysteme mit hohen Vorlauf-temperaturen.

Besser als eine Nachtabsenkung, welche besonders bei zu hohen Vorlauf-temperaturen und Thermostatenventilen «fast nichts bringt», ist die Abschaltung der Heizung. Zudem wird bei tageszeitlich nicht allzu verschiedenen Luftwechseln zumindest in der Übergangszeit die Nachtabsenkung besser auf den Tag verlegt.

Eine Heizanlage ist mit einem geflochtenen Behälter für den Transport von Wasser vergleichbar: Mit dem grösseren Behälter kann wohl mehr Wasser befördert werden. Die Wasserverluste durch Undichtheiten sind aber auch grosser als mit dem kleineren Gefäss. Besonders ungünstig sind die Verhältnisse, wenn eine kleinere Wassermenge mit einem grösseren Gerät transportiert wird. Die anfängliche Füllung reicht dann kaum mehr zur Deckung der Verluste, m. a. W. der Korb ist beim Ziel fast leer und der Wirkungsgrad somit klein.