

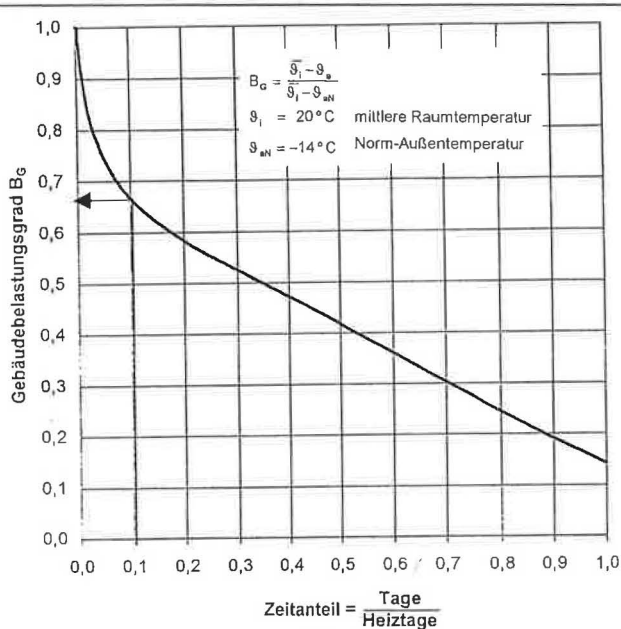
In der Februarausgabe dieser Zeitschrift ist ein Vortrag von Prof. Dr.-Ing. Heinz Bach veröffentlicht [1], den dieser auf dem XXIV. Internationalen Kongreß für Technische Gebäudeausrüstung gehalten hat. Die dort entwickelten Vor-

schläge für die Auslegung von Warmwasserheizungen in hochgedämmten Gebäuden sind in ihrer Auswirkung auf die Voraussetzungen für einen energieökonomischen Betrieb von so weitreichender Bedeutung, daß eine kritische Stellungnahme hierzu, die der Autor des folgenden Beitrages in kurzer Form

schon in den Beiträgen der Vortragsreihe 10659 ben hat, aufgeführt werden soll. Die Auslegung von Gebäuden ist jetzt gültig, novellierten WSVO, nicht auf sog. „Nullenergiehäuser“.

## Erfordern hochgedämmte Gebäude neue Auslegungsmethoden für Heizsysteme?

Horst Esdorn, Berlin



**Bild 1** Gebäudebelastungsgrad in Abhängigkeit vom Zeitanteil Heizlast.



Prof. em. Dr.-Ing. Horst Esdorn. 1954 bis 1959 BASF, Ludwigshafen, 1959 bis 1968 Dipl.-Ing. Christian Esdorn, Hannover, 1968 bis 1991 ordentl. Professor und Direktor des Hermann-Rietschel-Instituts für Heizungs- und Klimatechnik, Technische Universität Berlin, ab 1979 Generalbevollmächtigter Klimasystemtechnik Esdorn Jahn GmbH, Berlin.

In den von Bach entwickelten Vorschlägen geht es im Kern um folgende Aussagen und Empfehlungen:

1. Eine Leistungsmessung der Heizflächen nach der Normheizlast sei falsch. Sie müsse aus Gründen des Aufheizens nach Heizunterbrechungen um ein Vielfaches höher sein.
2. Die Auslegung der Wasserseite sei so vorzunehmen, daß möglichst weitgehend ein proportionaler Zusammenhang zwischen Massenstrom und Heizleistung bestehe, erzielbar durch möglichst niedrige Vorlauftemperaturen und möglichst große Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf.
3. Die Heizflächenabmessungen seien primär unter den Aspekten Strahlungs-Kompensation zwischen Fenster und Heizfläche sowie Vermeidung von Kaltluftabfall oder nach weiteren – z. B. ästhetischen – Gesichtspunkten festzulegen, und die Rücklauftemperaturen im Aus-

legungszustand seien jeweils „rückwärts“, d. h. für jeden Heizkörper unterschiedlich, so zu ermitteln, daß die gewünschte Leistung erreicht wird.

Diese Empfehlungen sind Folgeerungen aus sehr detaillierten Simulationsrechnungen, die im Bereich der Raumregelung durch experimentelle Untersuchungen zusätzlich abgestützt worden sind.

Im folgenden werden die genannten Punkte im Einzelnen behandelt.

### Leistungsbemessung der Heizflächen

Bach fordert eine „Hochheizreserve von etwa 100 bis 200%“, d. h. eine Leistungsbemessung auf etwa 200% bis 300% der Normheizlast. Trotz umfangreicher durchgeführter Simulationsrechnungen wird für diese, die Basis der anerkannten Heizflächenauslegung in Frage stellende, These nur eine verbale Begründung, nicht aber ein rechnerischer Nachweis geliefert. Die Kostenauswirkungen werden ebenfalls ohne Nachweis als „unwesentlich“ bezeichnet. Beidem ist zu widersprechen.

Bei einem System mit einer derartig ausgeprägten Kurzzeit-Leistungsspitze wie bei einer Heizanlage (s. Bild 1) wird üblicherweise darüber nachgedacht, wie man aus Wirtschaftlichkeitsgründen eine Auslegung auf den Spitzenwert vermeiden kann. Deshalb muß die obige These überraschen und bedarf der sorgfältigen Nachprüfung.

Beim Hochheizen müssen im wesentlichen drei Fälle unterschieden werden:

- a) Gleichzeitiges Hochheizen aller

Räume z. B. nach einheitlicher Nacht- oder Wochenendabsenkung.

b) Hochheizen einzelner Räume (z. B. Kinderzimmer) am Morgen, die nachts bewußt durch Lüften deutlich in der Temperatur abgesenkt werden, am Tage jedoch schnell auf Normaltemperatur gebracht werden sollen.

c) Unabhängiges Hochheizen einzelner Räume, deren Heizkörper z. B. von den Bewohnern während ihrer Abwesenheit abgestellt werden.

Im Falle a) ist der Temperaturabfall in den üblicherweise etwa acht Nachtabsenkungsstunden bei hochgedämmten Gebäuden gering (dementsprechend auch die mögliche Heizenergieersparnis). Auch beliebig überdimensionierte Heizflächen erfordern jedoch für ein beschleunigtes Aufheizen eine zeitweise Anhebung der Heizkurve (Schnellaufheizung).

Wie Bild 1 für das Beispiel Berlin zeigt, liegt der Belastungsgrad der Gebäude nur an 10% der Tage mit Heizbedarf (unabhängig von dessen Deckung durch die Heizung oder Fremdwärme) höher als 67%. An 90% der Tage (Fall I) steht also bei Schnellaufheizung mit der Auslegungsvorlauftemperatur<sup>1)</sup> und Heizflächenbemessung nach der Normheizlast, bei der bekanntlich Fremdwärme nicht berücksichtigt wird, eine Reserve von mehr als ca. 50% zur Verfügung, bei Berücksichtigung des 15%-Zuschlages nach DIN 4701 Teil 3 eine solche von mehr als 70%. Analog hierzu würde sich eine Reserve von 100% für etwa 80% der Tage (Fall II) ergeben.

Bei Mehrfamilienhäusern, um die es hier primär geht, ist die Reserve noch größer, weil dabei wegen teilweise eingeschränkter Beheizung (TEB) eine noch weitergehende Überdimensionierung der Heiz-

flächen stattfindet. Nach DIN 4701 wird hierbei der mögliche Wärmestrom zu den Nachbarräumen entweder mit vereinbarten Temperaturdifferenzen oder z. B. nach einem von *Esdorn* und *Bendel* vorgeschlagenen Kurzverfahren (siehe [2]) ermittelt. Nach dem letztgenannten Verfahren liegen die entsprechenden Zuschläge z. B. bei nochmals 15% bis 30%, so daß sich für den Aufheizbetrieb die Leistungsreserven auf 100% bis 125% für den obigen Fall I erhöhen und auf 130% bis 160% für den Fall II.

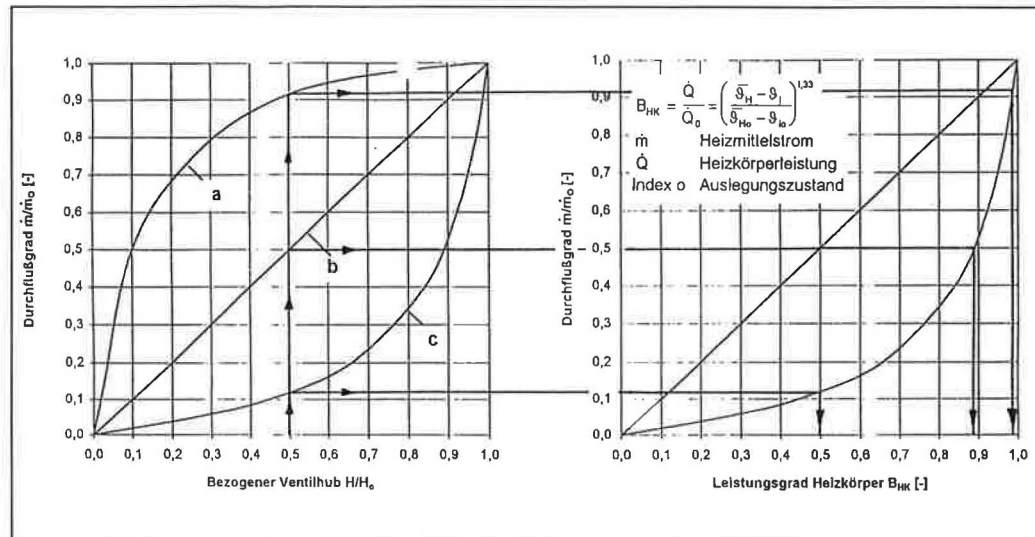
Für die wenigen Tage mit u. U. nicht ausreichender Aufheizreserve müssen die Unterbrechungszeiten entsprechend verkürzt werden, was bei den heutigen Heizungssteuerungen kein Problem darstellt. Bei gewerblichen Gebäuden o. ä. mit Wochenendabsenkung würde sich eine verbrauchsmäßig vernachlässigbare Verlängerung der Aufheizzeit ergeben.

Der Fall a) ist also durch die seit Jahrzehnten bekannte und mit den üblichen Vorlaufsteuerungen realisierbare Schnellaufheizung mit maximaler Vorlauftemperatur beherrschbar. Ohne diese nützt auch eine Überdimensionierung der Heizflächen nichts.

Der Fall b) entspricht bis auf die etwas stärkere Temperaturabsenkung dem Fall a). Er erfordert u. U. etwas längere Schnellaufheizzeiten. Sicher ist es aber wirtschaftlich nicht vernünftig, alle Heizflächen des Gebäudes mit Rücksicht auf diesen Fall zu dimensionieren.

Der Fall c) kann durch Überdimensionierung der Heizflächen allein ebenfalls nicht gelöst werden, sondern nur durch eine wasserseitig ständig vorgehaltene Leistungsreserve, d. h. durch eine zu hoch eingestellte Heizkurve der Außen/Vorlaufsteuerung. Genau diese Betriebsweise jedoch führt erfahrungsgemäß zu deutlichen Mehrverbräuchen, da in die Heizanlagen „hineingesteuerte“ Wärme durch mangelnde Kenntnis oder Gleichgültigkeit der Nutzer zu erheblichen Teilen auch abgenommen wird.

Den Beleg hierfür liefert z. B. der bekannte Umstand, daß Mehrfamilienhäuser, bezogen auf die Normheizlast, einen deutlich höheren



Jahresheizenergieverbrauch aufweisen als Einfamilienhäuser oder einzeln zentral beheizte Wohnungen. *Esdorn* und *Mügge* [3] haben hierfür bei einer Auswertung von 26 Objekten Mehrverbräuche von im Mittel ca. 30% festgestellt. Der Grund hierfür ist darin zu sehen, daß bei Gebäuden mit vielen eigenständigen Nutzern die Heizkurven von dem Bedienungspersonal jeweils soweit hochgestellt werden, bis die empfindlichste Person oder die in dem am schlechtesten „laufenden“ Raum zufriedengestellt ist.

Unabhängig von dieser Erfahrung ist die Betriebsweise nach Fall c) auch aus Gründen einer vertretbaren Verteilungsgerechtigkeit für die Heizkosten keineswegs erwünscht, da hierbei die reduziert betriebenen Wohnungen in erheblichem Maße von den benachbarten mit beheizt werden, und dieses um so mehr, je besser die Außenflächen der Gebäude wärmedämmend sind (vergl. *Esdorn/Bendel* [2]). Aus den gleichen Gründen nimmt auch die mögliche Ersparnis durch einen derartigen Heizbetrieb, auf das gesamte Gebäude bezogen, mit zunehmender Wärmedämmung ab.

Einen Kompromiß könnte eine nochmalige Schnellaufheizphase am späten Nachmittag darstellen, bei der wenigstens der Umfang der verfügbaren Überleistung limitiert wäre.

### Heizflächenauslegung mit niedriger Vorlauftemperatur und großer Spreizung zwischen Vor- und Rücklauftemperatur

Von *Esdorn* ([4] und [5]) wurde der in Bild 2 gezeigte Zusammenhang zwischen dem Leistungsgrad und dem Durchflußgrad von WW-Heizflächen entwickelt und analog der für die Betriebscharakteristik von Wärmeaustauschern bekannten Größe ein „Abkühlungsgrad“  $\Phi_0$  als maßgeblicher Parameter wie folgt definiert:

$$\Phi_0 = \frac{\vartheta_{V0} - \vartheta_{R0}}{\vartheta_{V0} - \vartheta_{i0}} \quad (1).$$

Mit:

$\vartheta_V$  Vorlauftemperatur

$\vartheta_R$  Rücklauftemperatur

$\vartheta_i$  Innentemperatur

Index 0: Auslegungszustand.

Der Abkühlungsgrad stellt also das Verhältnis der wirklichen Abkühlung des Heizwassers zu der maximal möglichen Abkühlung im Auslegungszustand dar.

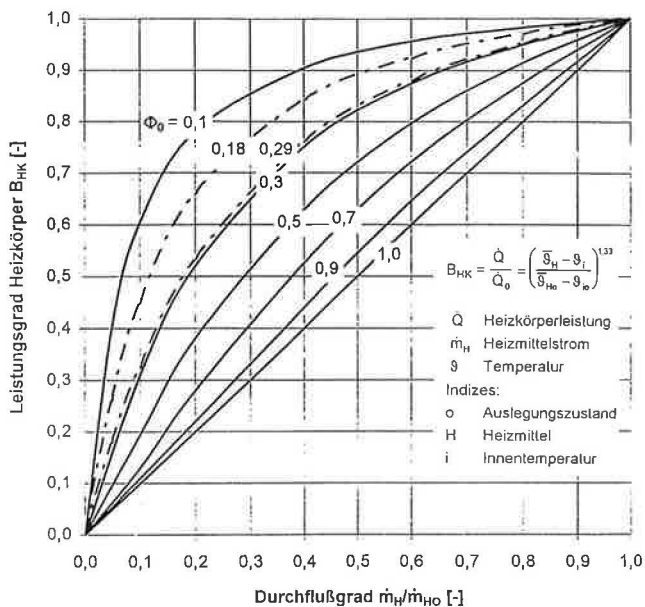
In dem Diagramm sind zwei Kurven strichpunktiert hervorgehoben: Die eine gilt für das früher überwiegend angewandte System 90/70 mit  $\Phi_0 = (90-70)/(90-20) = 0,29$  und für das System 75/65 nach DIN-EN 442 mit  $\Phi_0 = (75-65)/(75-20) = 0,18$ . Beiden Kurven ist gemeinsam, daß sie im Bereich des Durchflußgrades 1, d. h. um den angestrebten Betriebspunkt herum, sehr flach verlaufen.

**Bild 2** Leistungsgrad eines Heizkörpers in Abhängigkeit vom bezogenen Ventilhub für Warmwasser-Pumpenheizungen 75/65.

a Kennlinie eines normalen Heizkörper-Ventils (Beispiel).  
b Kennlinie eines Wassermengen-proportional regulierenden Heizkörper-Ventils.  
c Kennlinie eines leistungs-proportional regulierenden Heizkörper-Ventils (ausgelegt für  $\Phi_0 = 0,18$ ).

\* Differenzdruck am Ventil konstant.

<sup>1)</sup> ist von der sicherheitstechnischen Seite her auch eine höhere Vorlauftemperatur als die der Auslegung möglich, kann die verfügbare Aufheizreserve noch wesentlich höher sein.



**Bild 3 | Heizkörperleistung in Abhängigkeit vom Heizmittelstrom nach Esdorn [4; 5].**

Diesen flachen Kurvenverlauf hat der Autor seinen Studenten immer als das „Wunder der Warmwasserheizung“ erläutert: Die Massenstromabhängigkeit der Leistung ist hier fast vernachlässigbar gering. Dieses ist der Grund dafür, daß zum einen die ohnehin in der Rohrnetzberechnung liegenden Unsicherheiten und Abweichungen in der Ausführung die Funktion der Anlagen nicht wesentlich tangieren und daß zum anderen auch Anlagen funktionieren, bei denen von der Netzberechnung bis zur Einstellung von Kenndaten durch das Montagepersonal nicht die erforderliche Sorgfalt geübt wurde.

Es kann nur eindringlich davor gewarnt werden, von diesen bewährten Pfaden abzuweichen! Unabhängig von Fragen der Regelcharakteristik, auf die weiter unten eingegangen wird, muß bei voll geöffneten Ventilen die volle Leistung erbracht werden. Dieses wird gemäß Bild 2 um so unsicherer, je höher der Abkühlungsgrad gewählt wird.

Mit einer genauen Berechnung, wie postuliert wird, ist es hier nicht getan, die rechnerische Genauigkeit der Wasserverteilung muß real auch erzielbar sein. Hier liegt ein fundamentaler Unterschied zwischen einer Simulation, bei der der Abgleich im Auslegungszustand exakt vorgegeben wird, und der Praxis, in der ein Massenstromabgleich mit um

so größeren Problemen verbunden ist, je kleiner die Ströme werden.

Die Rohrnetzberechnung ist ohnehin mit Unsicherheiten behaftet. Die Querschnitte in den Ventilen werden bei den geringen Leistungen und dann noch großen Spreizungen so klein, daß schon Verschmutzungen einen großen zusätzlichen Störeinfluß darstellen. Die begrenzte Zuverlässigkeit von Einstelldiagrammen für Armaturen – gerade bei geringen Wasserströmen – kommt hinzu.

Eine Leistungsregelung über den Massenstrom ist selbstverständlich wirksamer, wenn die Abhängigkeit möglichst stark ist, d. h. wenn große Abkühlungsgrade vorliegen. Wie bekannt und in Bild 3 verdeutlicht, läßt sich das Gleiche jedoch auch mit einer geeigneten Ventilkennlinie erreichen. Ein angemessener Widerstandsanteil des Regelventils ist dabei Voraussetzung, damit eine solche Kennlinie auch in der Praxis annähernd erzielt wird. Es besteht also kein Anlaß, aus regelungstechnischen Gründen bewährte thermische Auslegungskriterien zu verlassen. Es müssen statt dessen entsprechende Forderungen an die Regelventile bzw. an die Regler und an die hydraulische Auslegung der Ventile gestellt und durchgesetzt werden.

Bach definiert für die Wärmeabgabe der Heizflächen an den Raum eine Aufwandszahl  $e_r$ , die das Verhältnis der im Jahresmittel wirklich abgegebenen Wärme zu der theoretisch erforderlichen Wärmeabgabe darstellt. In Bild 4 ist der von Bach aus Simulationsrechnungen gewonnene Zusammenhang zwischen dieser Aufwandszahl und dem Kehrwert des Abkühlungsgrades<sup>2)</sup> wiedergegeben. Für Werte zwischen 3 und 4 für  $1/\Phi_0$  sind hier für Heizflächen mit P-Regler Aufwandszahlen zwischen 1,2 und 1,6 angegeben.

Wie kann es zu diesen Zahlen kommen? Zutreffende Berechnungsergebnisse für die Normheizlast vorausgesetzt, kann ein über den theoretischen Bedarf hinausgehender Wärmeverbrauch nur auftreten, wenn die mittlere Innentemperatur höher als die Norminnentemperatur ist oder wenn ein höherer Luftwech-

sel als in der Berechnung vorgesehen vorgelegen hat. Auch beide Abweichungen zusammen sind als Ursachen möglich.

Ohne Fremdwärmeeinfluß entspricht einer Raumtemperaturanhebung von 1 K (in jedem Raum über 24 Stunden!) etwa ein Mehrbedarf an Jahresheizenergie von ca. 6%. Bei einer angenommenen Fremdwärmedeckung von 50% ergäben sich ca. 12%. Wenn man nur Temperatureinfluß unterstellen würde, müßten also bei der Spanne von  $e_r = 1,2$  bis 1,6 als ganzjährige Mittelwerte Raumtemperaturen von 22 bis 25 °C statt des Sollwertes von 20 °C geherrscht haben. Da jedoch oberhalb 26 °C in der Simulation überschüssige Leistung „abgelüftet“<sup>3)</sup> wurde, liegen diese Mitteltemperaturen vermutlich etwas niedriger. Für das Ergebnis ist es ohne Belang, auf welchem Wege die Überschußleistung abgeführt wurde. In jedem Falle ist der gesamte Mehraufwand nur auf die vorausgesetzten regelungstechnischen Randbedingungen zurückzuführen.

Nach den mir zur Verfügung gestellten Unterlagen sind bei der Simulation Thermostatventile als P-Regler mit einem Proportionalbereich von 3 K + 1 K Hysterese zugrundegelegt. Da außerdem die Bedingung gestellt war, daß die Solltemperatur nie unterschritten werden durfte, heißt das, daß – simulationstechnisch – der Sollwert der Ventile am kältesten Tage und bei geringstem Fremdwärmeeinfluß einmal „eingestellt“ und die gesamte Heizperiode über trotz erheblicher Übertemperaturen nicht wieder „verstellt“ wird. Die Ventile schließen also – z. B. bei entsprechend hohem Fremdwärmeeinfluß – erst bei 4 K über dem Sollwert.

Die zugrundegelegte P-Abweichung ist extrem hoch, und die angegebenen Betriebsvoraussetzungen entsprechen keineswegs einem üblichen Nutzerverhalten. Wenn trotzdem aus den Ergebnissen ein Schluß gezogen werden soll, so kann es nur der sein, daß die der Untersu-

<sup>2)</sup> Bach bezeichnet den oben definierten Abkühlungsgrad mit „Abkühlzahl“.

<sup>3)</sup> Auf Rückfrage mitgeteilt.

chung zugrundeliegenden P-Regler empfindlich gegen falsches Nutzerverhalten sind.

In dem Diagramm für die Aufwandszahl (Bild 4) aus der Veröffentlichung von Bach [1] sind auch zwei Geraden für „Idealregler“ eingetragen. Sie weisen ebenfalls aus, daß sich nur durch die Unvollkommenheit der zugrundegelegten Regler eine Abhängigkeit der Aufwandszahl vom Abkühlungsgrad der Heizflächen ergibt.

Es gibt seit etwa zehn Jahren Thermostatventile mit elektrischer Hilfsenergie<sup>4)</sup>, die PI-Regelverhalten haben. Sie sind einzeln zeitprogrammierbar und auch in Temperaturgraden skaliert, da sie keine bleibende Sollwertabweichung haben. Damit sind sie auch für Laien problemlos bedienbar. Natürlich sind diese Regler deutlich teurer als die untersuchten Thermostatventile. Nach den Ergebnissen der hier behandelten Untersuchungen von Bach dürften sie dennoch sicherlich wirtschaftlicher und zweifellos energieökonomisch besser als übliche Thermostatventile sein.

Zu den Vor- und Nachteilen sehr niedriger Auslegungs-Vorlauftemperaturen sei noch Folgendes ausgeführt: Energetisch und i.d.R. auch wirtschaftlich vorteilhaft sind sie ohne Zweifel für Wärmepumpen und ähnliche Systeme, deren Nutzungsgrad mit fallender Heizmittelmtemperatur zunimmt. Energetisch vorteilhaft sind sie bei sorgfältigem Betrieb (Außen/Vorlaufsteuerung, Nutzerverhalten) auch in Verbindung mit Brennwertkesseln, wenn gleich hier die Mehrkosten für größere Heizflächen durch die besseren Nutzungsgrade des Kessels wirtschaftlich nicht ausgeglichen werden.

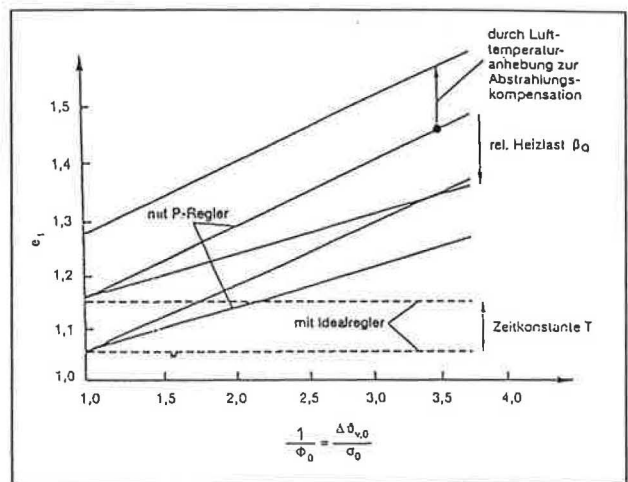
Bezüglich eines energieökonomischen Betriebes nachteilig ist jedoch die erhöhte Empfindlichkeit von Niedertemperaturheizanlagen gegen falsches Nutzerverhalten (Lüftungsverhalten, Thermostatven-

tilbedienung, Heizkurveneinstellung). Diese Frage ist von Esdorn in [6] und [7] behandelt. Bach zitiert hier aus der Arbeit [6] nicht genau und sieht deshalb „nur scheinbar“ einen Widerspruch zu seinen Thesen: Nicht das „vollständige Öffnen von Fenstern“, sondern gerade das schwache Dauerlüften während der – sehr lang andauernden – Übergangszeit stellt das Problem für den Mehrverbrauch dar. Bei geringer Heizmittelmtemperatur steigt die Heizleistung bei geringem Absinken der Raumtemperatur relativ stark an. Der Nutzer merkt die Auswirkung des übermäßigen Lüftens praktisch nicht oder jedenfalls deutlich weniger, als bei höherer Heizmittelüberetemperatur, bei der die relative Leistungssteigerung geringer ist.

Bild 5 zeigt für drei unterschiedlich hohe Auslegungs-Heizmittelmtemperaturen die Auswirkung einer Heizkurvenanhebung von nur 5 K auf das Leistungsvermögen der Heizflächen. Man sieht, daß für eine 60/50-Auslegung bereits bei einem Belastungsgrad von 0,25 eine Mehrleistung von 50% eintreten kann. Die oben wiedergegebenen Erfahrungen zeigen, daß Überangebote an Leistung durch falsches Nutzerverhalten zu Mehrverbräuchen führen.

Vor dem Hintergrund der vorstehenden Ausführungen kann auch die Feststellung von Bach, daß die große Streubreite von gemessenen Heizenergieverbräuchen „vorzeitig auf den unkontrollierten Nutzereinfluß“ zurückgeführt werden, nicht unwidersprochen bleiben. Die Untersuchungen weisen im Gegenteil gerade einen möglichen Nutzereinfluß nach, und zwar einen solchen, der auf falsche Bedienung von – sicher nicht optimal geeigneten – Regelventilen zurückgeht.

Die vorgelegten Ergebnisse sollten Anlaß sein, mit Nachdruck die Anwendung und die Weiterentwicklung fehlertoleranter und zur optimalen Fremdwärmenutzung hinreichend empfindlicher Raumregelsysteme voranzutreiben. Auch für die Heiztechnik liegt die Chance von morgen darin, in fortschrittliche Technologien zu investieren und



nicht in Reparaturen mit Mitteln von gestern.

### Heizflächenauslegung auf nicht einheitliche Rücklaufemperaturen

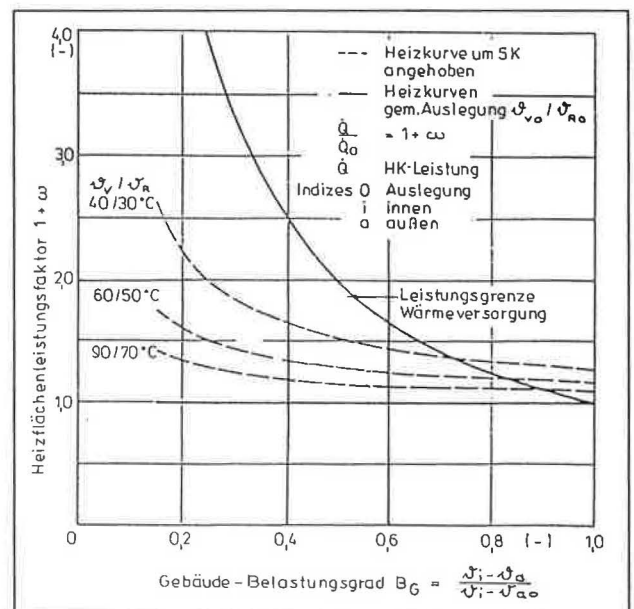
Für die Auslegung von Heizflächen wird von Bach folgender Weg vorgeschlagen:

- Länge entsprechend der Abkühlungsfläche darüber (z. B. Fenster).
- Höhe so, daß bei der noch festzulegenden mittleren Heizkörpertemperatur eine möglichst vollkommene Strahlungskompensation mit der Abkühlungsfläche erreicht wird.
- Tiefe so, daß bei der gleichen mittleren Heizkörpertemperatur die Normheizlast gedeckt wird.

Auf die weiteren Festlegungen, die nur der Fixierung einer ange-

**Bild 4** Aufwandszahlen für die Nutzübergabe in Abhängigkeit des Kehrwertes der Abkühlzahl im Auslegungsfall; Parameter: Zeitkonstante, relative Heizlast, Reglereigenschaften, Heizkörperanordnung nach Bach [1].

**Bild 5** Heizflächenleistungsfaktor in Abhängigkeit von Heizflächenauslegung und Gebäudebelastungsgrad nach Esdorn [6].



<sup>4)</sup> Daneben sind aufwendigere zentrale Raumregelsysteme am Markt, die alle denkbaren Ansprüche an Regelcharakteristik, Empfindlichkeit und Bedienungskomfort erfüllen. Neuere Entwicklungen beziehen sogar die Heizkostenverteilung in solche Systeme mit ein.



## Literaturangaben

- [1] *Bach, H.*: Mit der Dämmung der Gebäude steigt die Anforderung an die Nutzenübergabe – Neues zur Konzeption, Bewertung und Auslegung von Heizanlagen. HLH 48 (1997) Nr. 2, S. 32–37.
- [2] *Esdorn, H.; Bendel, H. P.*: Zur Heizflächenauslegung bei eingeschränkter Beheizung der Nachbarräume. HLH 33 (1982) Nr. 12, S. 417–427.
- [3] *Esdorn, H.; Mügge, G.*: Untersuchungen zur Anpassung der Rechenansätze für den Jahresheizwärmeverbrauch an die veränderten Verhältnisse bzgl. der Wärmebedarfsrechnung, der hochgedämmten Bauarten und des Nutzerverhaltens; Forschungsbericht B I 6-800183-108 BMBau, Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik der Technischen Universität Berlin, Dezember 1986.
- [4] *Esdorn, H.*: Vorlesung Heizungstechnik II 1986, Technische Universität Berlin.
- [5] *Esdorn, H.*: Heizflächenforschung – Wissenschaft für die Praxis. gi 117 (1996) Nr. 6, S. 295–299.
- [6] *Esdorn, H.*: Zur Bandbreite der Jahresenergieverbrauchs von Gebäuden. HLH 36 (1985) Nr. 12, S. 620–622.
- [7] *Esdorn, H.; Mügge, G.*: Neue Rechenansätze für den Jahres-Heizenergieverbrauch. HLH 39 (1988) Nr. 2, S. 57–64 und Nr. 3, S. 113–121.

strebten Leistungsreserve und der Einhaltung eines für gut gehaltenen Mindestwertes für die Abkühlzahl dienen, sei hier nicht nochmal eingegangen. Hierzu ist in den vorangegangenen Abschnitten eingehend Stellung genommen.

Zunächst ist zu bemerken, daß diese Methode genau nur für Heizflächen mit drei Abmessungsvariablen anwendbar ist. Für einen Großteil der heute üblichen Heizflächen fehlt die dritte Veränderliche, so daß die Leistungsanpassung nur über den Massenstrom möglich ist.

Die empfohlene Festlegung der Länge entspricht der üblichen Bemessung und bleibt auch für hochgedämmte Gebäude gültig. Die Ermittlung der mittleren Heizkörpertemperatur in Verbindung mit der für die Strahlungskompensation passenden Heizkörperhöhe setzt umständliche Iterationen voraus, die allerdings mit entsprechenden Computerprogrammen durchführbar sind.

Es bleibt aber der für die praktische Anwendung gravierende Nachteil, daß sich für jeden Heizkörper eine andere Rücklauftemperatur ergibt. Damit wird die wichtige einfache Funktionskontrolle durch das Montagepersonal beim Probeheizen praktisch unmöglich. An eine evtl. erforderlich werdende Einregulierung wagt ein Praktiker gar nicht zu denken.

Mit diesem nicht akzeptablen Nachteil und der beträchtlichen Komplikation des Auslegungsvorganges wird mit der rechnerischen Strahlungskompensation scheinbar ein Vorteil erkaufte, der bei hochgedämmten Gebäuden praktisch nicht mehr als ein solcher anzusehen ist; denn selbst die Fensterinnenflächen weisen unter Auslegungs-Witterungsbedingungen (nach DIN 4701 einmal in zwei Jahren erreicht oder unterschritten!) nur ca. 6 bis 8 K Untertemperatur auf, an mehr als 90% der Tage mit Heizwärmebedarf nur ca. 4 bis 5 K. Es ist demnach völlig ausreichend, die Heizflächen wie bisher üblich unter den Fenstern anzuordnen und für hohe Komfortansprüche solche mit einem seit Jahrzehnten bewährten Strahlungsanteil von ca. 30% (DIN-Radiato-

ren) bis ca. 50% (Plattenheizkörper) zu verwenden.

## Zusammenfassung

Das von *Bach* [1] vorgestellte neue Auslegungskonzept für WW-Heizungen ist auf maximalen Komfort und weitestgehende individuelle Nutzerfreiheit abgestellt. Es setzt voraus, daß zu jeder Zeit in jedem Raum ein namhafter Leistungsüberschuß vorhanden sein soll, der nur durch die – bei den preisgünstigen Thermostatventilen bis heute nicht befriedigende – Raumregelung begrenzt wird.

Es wird zunächst kritisch festgestellt, daß trotz Durchführung umfangreicher Simulationsrechnungen für eine aus Aufheizgründen als erforderlich bezeichnete Leistungsbemessung der Heizflächen auf das Zwei- bis Dreifache der Normheizlast keinerlei Nachweis geführt und außerdem die Kostenkonsequenzen nicht hinreichend bewertet werden.

Ferner wird aufgrund vorliegender Untersuchungsergebnisse über das Nutzerverhalten auf die Gefahr negativer Auswirkungen einer ständig vorgehaltenen Überleistung auf den Heizenergieverbrauch hingewiesen.

Darüber hinaus sind bei den empfohlenen geringen Massenströmen in gänzlich anderem Umfang als bisher leistungsmäßige Auswirkungen ungleichmäßiger Wassermengenverteilung im Netz zu erwarten, die den vorgenannten Aspekt verstärken, da als Abhilfe erfahrungsgemäß die Leistungsreserven erhöht werden (Anheben der Heizkurve).

Die für die empfohlenen geringen Heizmittelströme abgeleitete Begründung (verbessertes Regelverhalten der Thermostatventile) wird als nicht stichhaltig angesehen, da lediglich ein nicht der Realität entsprechendes Nutzerverhalten, das den Simulationsrechnungen zugrundegelegt ist, auf die dargestellten Mehrverbräuche bei üblicher Auslegung der Anlagen führt.

Erhebliche praktische Probleme werden bei der ebenfalls vorgeschlagenen Auslegung der Heizflächen mit beliebig unterschiedlichen Rücklauftemperaturen gesehen, da

damit die übliche einfache Überprüfung der Wasserverteilung beim Probeheizen nicht mehr möglich ist.

Das von *Bach* vorgestellte Konzept stellt im Grunde die Abkehr von dem Gedanken der Zentralheizung und eine Hinwendung zur Einzelraumheizung dar, ohne daß dieser Schritt wie etwa bei der Elektro-Speicherheizung mit letzter Konsequenz gegangen wird. Dieses würde analog bedeuten: Drehzahlregelbare Ventilator-konvektoren als Heizflächen und hochempfindliche Regler ohne bleibende Sollwertabweichung.

Hieran soll sicher nicht ernsthaft gedacht werden, sondern an das ursprüngliche Ziel der Zentralheizung: Bedienungsfreie, komfortable, energieökonomisch günstige, wirtschaftliche und gleichmäßige Beheizung von Gebäuden, nicht von Einzelräumen.

Diese Gegenstellungnahme wird gegeben, da mit dem vorgeschlagenen Konzept der bewährte Weg einer einfachen, übersehbaren und auf festen Grundsätzen aufbauenden Heizungsauslegung, die auch angemessenen wirtschaftlichen Anforderungen gerecht wird, ohne nachvollziehbaren Grund verlassen wird.

Unabhängig von den vorstehenden kritischen Darlegungen kommt den behandelten Untersuchungen wesentliche Bedeutung zu: *Bach* quantifiziert erstmalig das Einsparpotential, das in einer Verbesserung der heute meist angewendeten Einzelraumregelung mit proportional regelnden Thermostatventilen liegen kann. Die Ziele müssen dabei weitestgehende Fehlertoleranz gegen falsches Nutzerverhalten und optimale Fremdwärmenutzung sein. Sie erfordern hochempfindliche Regler ohne bleibende Sollwertabweichung und Stellventile mit angepaßten Kennlinien sowie vom Anlagenbauer eine sorgfältige hydraulische Auslegung der Ventile.

Damit gibt die Veröffentlichung von *Bach* einen wichtigen Anstoß zu weiteren Fortschritten auf dem Gebiet der Warmwasser-Heizung.

[H 626]