

Verkleidung, Anschlußart und Einbausituation bei Flachheizkörpern

Auswirkungen auf die Wärmeleistung

Dr.-Ing. Dietrich Schlapmann*

Fertiglackierte und kompakte Flachheizkörper sind im Trend. Welchen Einfluß die Verkleidungselemente und Abdeckgitter, die verschiedenen Anschlußarten sowie die unterschiedlichsten Einbausituationen auf die Wärmeleistung der Heizkörper in der Praxis haben, erläutert der nachfolgende Beitrag.

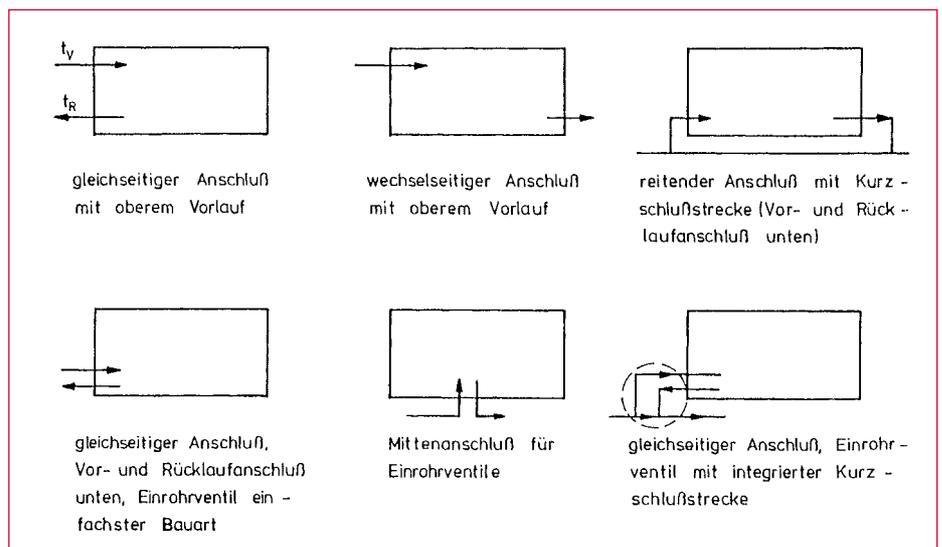
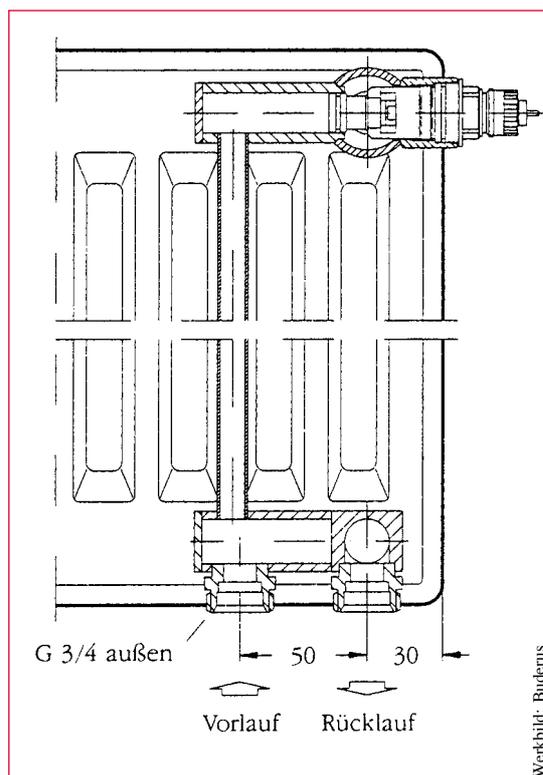


Bild 1 Mögliche Anschlußarten für Raumheizkörper (Prinzipdarstellung)

Normkonforme Einbausituationen führen bei der Prüfung von Raumheizkörpern zu Leistungswerten, die abweichend von der Praxis nur in der Prüfkabine Bestand haben. Diese unter Normbedingungen gemessenen Werte können sowohl als Basisdaten für die Heizkörperauslegung wie auch zum Vergleich der Heizkörper untereinander herangezogen werden. Als normkonformer Einbau eines Heizkörpers wird bei der Prüfung das gleichseitige Anschließen von Vor- und Rücklaufleitungen mit oberliegendem Vorlauf verstanden. In der Praxis werden Heizkörper jedoch in unterschiedlicher Weise (Bild 1) installiert. Nur in Ausnahmefällen, wenn etwa bei einem Konvektor kein gleichseitiger An-



schluß möglich ist, oder bei einem Heizkörper ein übermäßig großes Längen- / Höhenverhältnis vorliegt, ist eine wechselseitige Anschlußart bei der Prüfung erlaubt. Diese Anschlußart muß allerdings ausdrücklich vom Hersteller gefordert und im Prüfbericht protokolliert werden. Aufgrund dieser, bei der Prüfung zugelassenen Ausnahmeregelungen stellt sich die Frage, ob sich die Wärmeleistung mit zunehmender Baulänge tendenziell verändert, wenn statt dem üblichen gleichseitigen Anschluß wechselseitig mit oberem Vorlauf angeschlossen wird.

Bild 2 Fertigheizkörper mit integrierter Ventilgarnitur

* Dr.-Ing. Dietrich Schlapmann, Neuffenstraße 23, 73240 Wendlingen, Telefon (0 70 24) 5 33 51

Bauart	Länge mm	Höhe mm	Gliederzahl	Längen/Höhenverhältnis
Gußradiator nach DIN 4703	3000	430	50	6,98
Flachradiator nach DIN 4703	2990	300	65	9,97
Flachheizkörper einreihig mit einer Konvektorblech 11	3000	350	-	8,57
Plattenheizkörper dreireihig 33	3000	350	-	8,57

Bild 3 Für die Untersuchungen verwendeten Raumheizkörper mit Abmessungen

Fertigheizkörper mit kompletten Ventilgarnituren

Fertiglackierte Flachheizkörper mit Abdeckgitter und Seitenverkleidung erfreuen sich ebenso zunehmender Beliebtheit wie Ventilheizkörper mit integrierter Universal-Ventilgarnitur (Bild 2). Anstelle von zwei Anschlüssen wird beim Ventilheizkörper die Ventilgarnitur werksseitig in den Heizkörper eingeschweißt. Mit der integrierten Ventilgarnitur wird bedingt durch den Aufbau der Armatur das Heizmittel wie bei einem einseitigen Heizkörperanschluß geführt. Demzufolge stellt diese Ausführung keine Sonderstellung dar, sondern kann wie der gleichseitige Anschluß eines Flachheizkörpers betrachtet werden. Bereits durchgeführte Messungen an der Prüfstelle HLK der Uni Stuttgart zeigten, daß bei Raumheizkörpern keine nennenswerten Leistungsänderungen auftreten, wenn solche statt der üblichen gleichseitigen und getrennten Vor- und Rücklaufanschlüsse mit Ventilgarnituren ausgerüstet sind. Da Fertigheizkörper mit integrierten Universal-Ventilarmaturen zwischenzeitlich auch bei niedrigen und sehr langen Heizkörperabmessungen gefordert werden ist es notwendig, den Einfluß der Anschlußart – ob gleich- oder wechselseitig – auf die Wärmeabgabe des Heizkörpers zu kennen.

Leistungsmessungen für unterschiedliche Raumheizkörper

Um den Einfluß der Anschlußart, ob gleichseitig oder wechselseitig, jeweils mit oberem Vorlauf oder bei Heizkörpern mit großem Längen- / Höhenverhältnis auf die

Wärmeleistung zu untersuchen, wurden an den in (Bild 3) aufgeführten Raumheizkörpern Leistungsmessungen durchgeführt. Die Abmessungen der zu den Untersuchungen herangezogenen Raumheizkörper-typen – Flach- und Gliederheizkörper – wurden bewußt hoch gewählt, um mit den Aussagen und Ergebnissen für die praktische Anwendung auf der sicheren Seite zu

liegen. Im Bereich der am Heizkörper zu-meist vier vorhandenen $\frac{1}{2}$ "-Anschlüsse, wird der waagerechte Wasserführungskanal, der für die Wasserverteilung innerhalb der Heizkörperbaulänge ursächlich ist, ausgebildet. Die dann senkrecht profilierten schmälere Kanäle leiten das Heizmittel in den entsprechend groß dimensionierten unteren waagerechten Wasserkanal, wobei die

Bild 4 Ergebnisse der Leistungsmessungen bei Normheizmittelstrom

Heizkörper-Typ	Anschlußart	Wärme bei $\Delta\vartheta = 60\text{ K}$	Abweichung bezogen auf gleichseitigem Anschluß	Exponent der Kennlinien
Gußradiator nach DIN 4703	gleichseitig	70,6 W/Gld	-	1,28
	wechselseitig	70,4 W/Gld	- 0,3%	1,27
Stahlrohr radiator nach DIN 4703	gleichseitig	41,8 W/Gld	-	1,30
	wechselseitig	41,3 W/Gld	- 1,2%	1,27
Flachheizkörper einreihig mit einer Konvektorblech 11	gleichseitig	791 W/m	-	1,34
	wechselseitig	802 W/m	+ 1,4%	1,33
Flachheizkörper dreireihig 33	gleichseitig	1243 W/m	-	1,28
	wechselseitig	1253 W/m	+ 0,8%	1,32

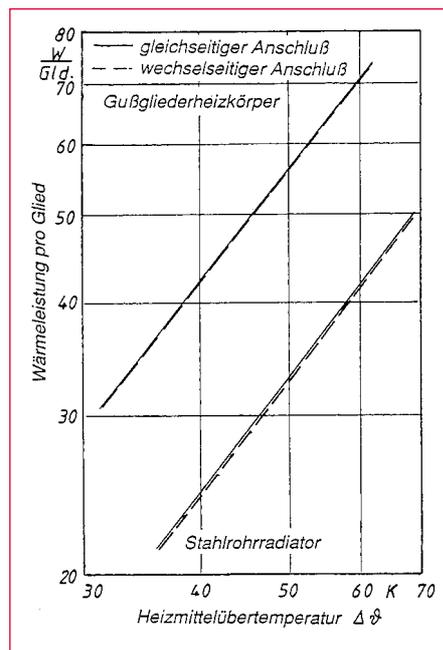


Bild 5 Kennlinien $q = f(\Delta t)$ der Gliederheizkörper mit Normheizmittelstrom

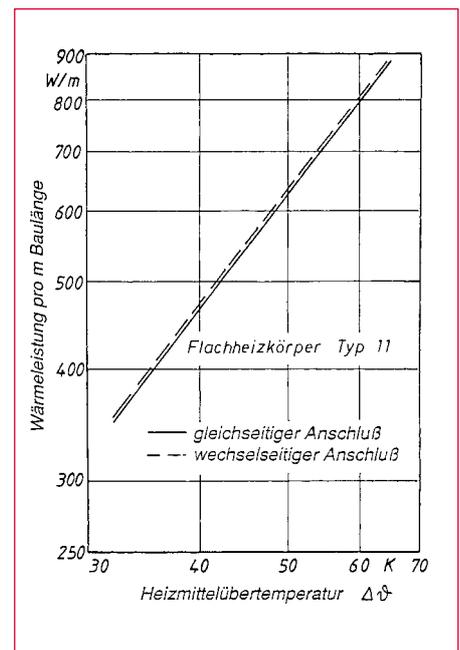


Bild 6 Kennlinien $q = f(\Delta t)$ des Flachheizkörpers 11 mit Normheizmittelstrom

Strömung in der Regel durch natürliche Konvektion erfolgt. Aus den Messungen der Kennlinien bei Normheizmittelstrom ergaben sich die in (Bild 4) aufgeführten charakteristischen Werte. Die Heizkörperkennlinien :

$$\dot{q} = f(\Delta t) \text{ bzw. } \dot{q} \sim (\Delta t)^h$$

mit \dot{q} : der längen- bzw. gliedbezogenen Wärmeleistung in W/m bzw. W/Gld.

$$\Delta t = \frac{t_v + t_R}{2} - t_L$$

Δt der Heizmittelübertemperatur in K

t_v der Vorlauftemperatur in °C

t_R der Rücklauftemperatur in °C

t_L der Umgebungstemperatur in °C und

h der Exponent der Heizkörper-Kennlinie

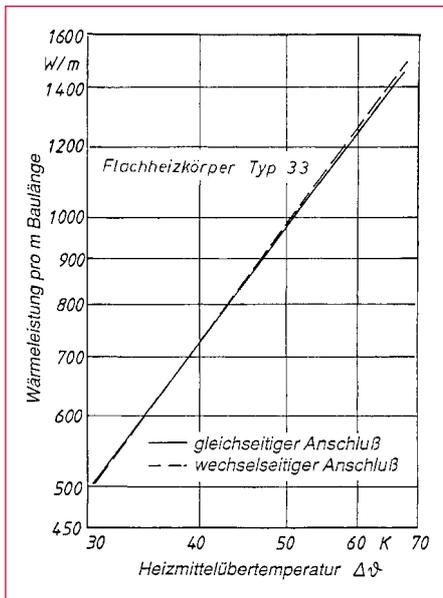


Bild 7 Kennlinien $q = f(\Delta t)$ des Flachheizkörpers 33 mit Normheizmittelstrom

sind in den Bildern 5 bis 7 dargestellt. Die Bereiche, in denen n liegen kann, sind in den Bildern 8 bis 10 dargestellt. Es fällt auf, daß weder in der Wärmeleistung noch bei den Exponenten systematische Abweichungen zwischen gleich- und wechselseitiger Anschlußart auftreten. Die prozentualen Abweichungen in der Wärmeleistung liegen im großen und ganzen im Rahmen der Meß-

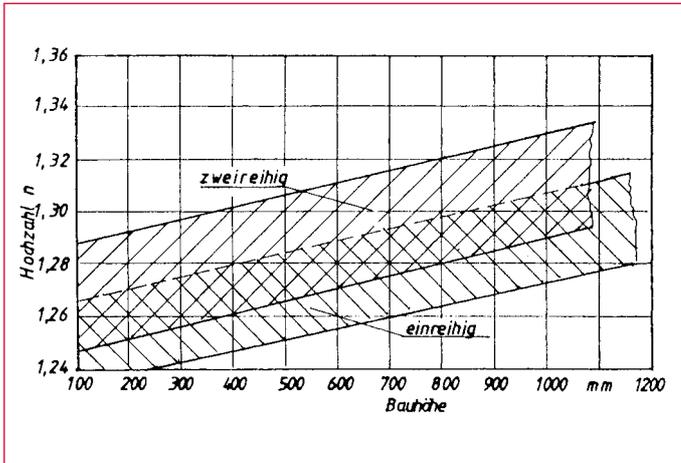


Bild 8 Bereiche der am häufigsten auftretenden Hochzahlen bei ein- und zweireihigen Flachheizkörpern ohne Konvektionsbleche

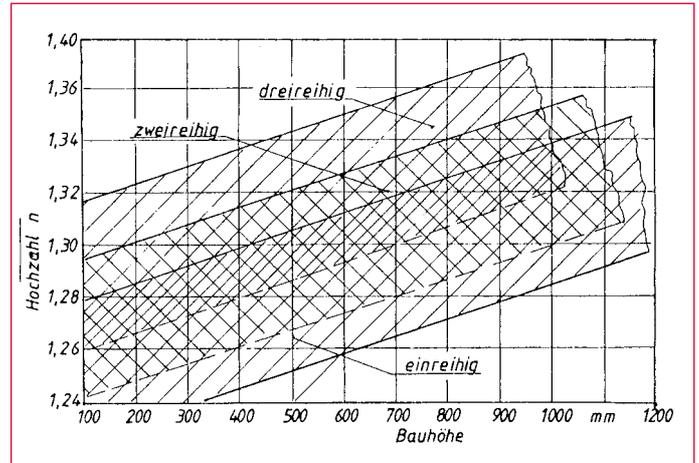


Bild 9 Bereiche der am häufigsten auftretenden Hochzahlen bei ein-, zwei- und dreireihigen Flachheizkörpern mit Konvektionsblechen

genauigkeit. Bei Gliederheizkörpern wurden bei wechselseitigem Anschluß geringfügig niedrigere Leistungswerte bei $\Delta t = 60$ K als bei gegenseitigem Anschluß ermittelt, während die Leistungswerte bei Plattenheizkörpern für wechselseitigen Anschluß etwas höher lagen. Auch bei Betrachtung der ermittelten Exponenten konnte kein systematischer Unterschied festgestellt werden.

Verhalten der Wärmeleistung bei konstanten Vorlauftemperaturen

Wie bei den zuvor betrachteten Leistungswerten liegen die Exponenten für gleich- und wechselseitigen Anschluß ebenfalls recht nahe beieinander. Besonders im praktischen Betrieb eines Heizkörpers, z. B. im geregelten Zustand mit veränderlichem Heizwasserstrom bei Ausstattung mit Thermostatventilen, ist es wichtig zu wissen, wie sich die Wärmeleistung bei einer bestimmten Übertemperatur oder bei konstanten Vorlauftemperaturen in Abhängigkeit des Heizmittelstroms verhält. Hierzu sind die Meßergebnisse in den Bildern 11 bis 15 über dem Heizmittelstrom, der auf den Normheizmittelstrom entsprechend den zuvor gezeigten Heizkörperkennlinien bezogen ist, aufgetragen. Ferner wurden zum einen eine Übertemperatur von $\Delta t = 42,5$ K und zum anderen eine Vorlauftemperatur von 70 °C als feste Parameter gewählt. Letztere Wer-

te stehen im Gegensatz zu den bisher üblichen Werten von $\Delta t = 60$ K und $t_v = 90$ °C, die auf die früher vielfach praktizierte 90/70 °C-Auslegung beruhen. Da mit zunehmendem Bedürfnis zur Energieeinsparung sowohl auf der Wärmeerzeugerseite als auch bei der Auslegung von Heizflächen auf niedrigere Temperaturen übergegangen wurde, ist es für den praktischen Gebrauch der Ergebnisse sinnvoller, die Leistungswerte bei niedrigeren Temperaturen anzugeben. Im Hinblick auf die festgelegte Temperaturpaarung für den Niedertemperaturbetrieb von 70/55 °C, bei der die Mehrzahl der Heizkörperhersteller neben der Normwärmeleistung ihre Leistungswerte angeben, wurde hier zum einen als Parameter die Übertemperatur von $\Delta t = 42,5$ K gewählt. In der Hinsicht, daß moderne Niedertemperatur-Heizkessel eine obere Begrenzung der Vorlauftemperatur von 75 °C haben und gewisse Temperaturminderungen entlang der Rohrstrecken auftreten, wurde zum anderen in den Diagrammen der Bilder 14 bis 16 als Parameter eine Vorlauftemperatur von $t_v = 70$ °C vorgegeben. Aus den Meßergebnissen bei veränderlichem Heizmittelstrom, die in den Diagrammen der Bilder 12 bis 16 dargestellt sind, konnten im Gegensatz zu den Kennlinien Bilder 5 bis 7 eindeutige Zu-

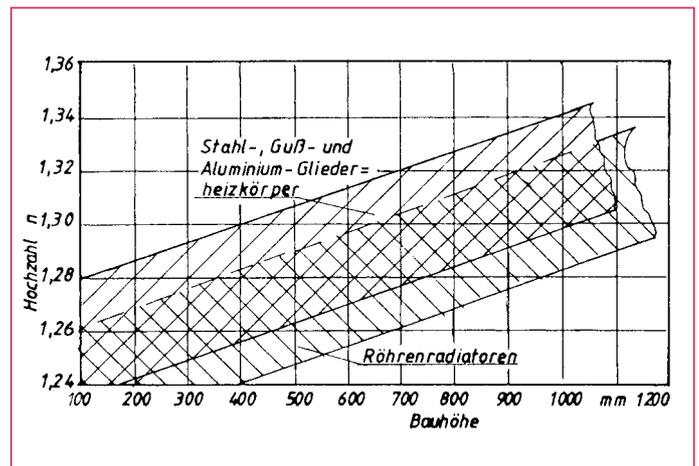


Bild 10 Bereiche der am häufigsten auftretenden Hochzahlen bei Gliederheizkörpern und Röhrenradiatoren

sammenhänge zwischen der Anschlußart und der ermittelten Wärmeleistung festgestellt werden.

Umkehrendes Verhältnis bei größeren Heizmittelströmen

Generell ergeben sich bei gleichzeitigem Anschluß höhere Leistungswerte wenn die Heizkörper mit geringem Heizmittelstrom, etwa unter dem 0,7- bis 1fachen Normheizmittelstrom, betrieben werden. Bei wesentlich größeren Heizmittelströmen kehrt sich das Verhältnis um und die Leistungswerte liegen bei wechselseitigem Anschluß

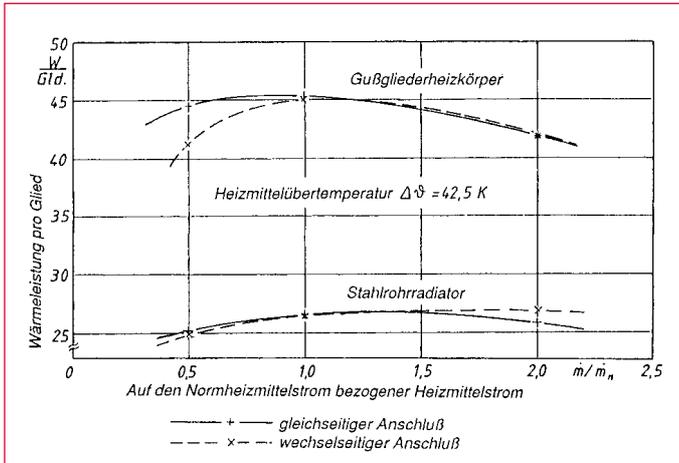


Bild 11 Wärmeleistung in Abhängigkeit des Heizmittelstroms der Gliederheizkörper bei der konstanten Übertemperatur von $\Delta t = 42,5\text{ K}$

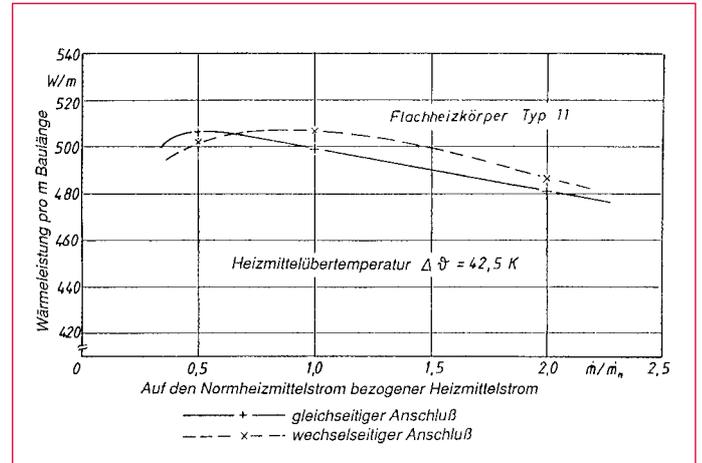


Bild 12 Wärmeleistung in Abhängigkeit des Heizmittelstroms des Flachheizkörpers 11 bei der konstanten Übertemperatur von $\Delta t = 42,5\text{ K}$

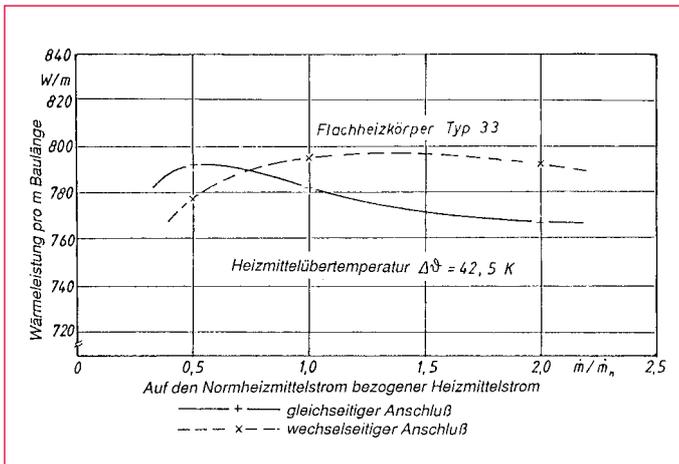


Bild 13 Wärmeleistung in Abhängigkeit des Heizmittelstroms des Flachheizkörpers 33 bei der konstanten Übertemperatur von $\Delta t = 42,5\text{ K}$

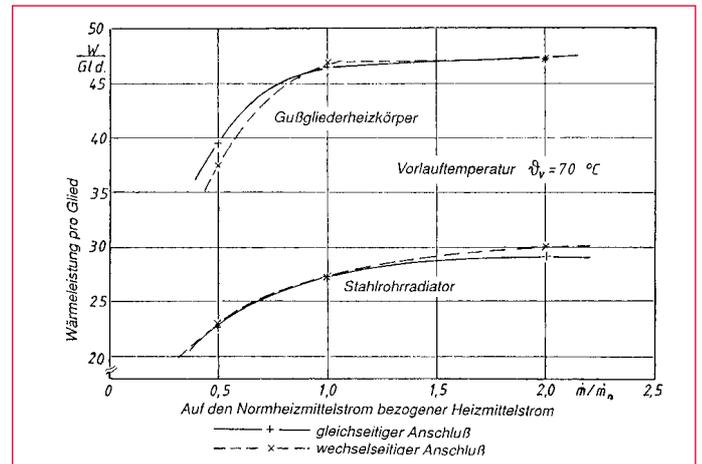


Bild 14 Wärmeleistung in Abhängigkeit des Heizmittelstroms der Gliederheizkörper bei konstanter Vorlauftemperatur von $t_v = 70\text{ °C}$

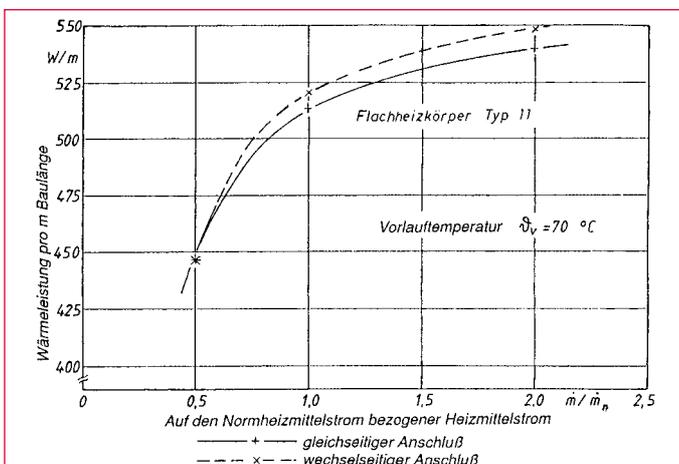


Bild 15 Wärmeleistung in Abhängigkeit des Heizmittelstroms des Flachheizkörpers 11 bei konstanter Vorlauftemperatur von $t_v = 70\text{ °C}$

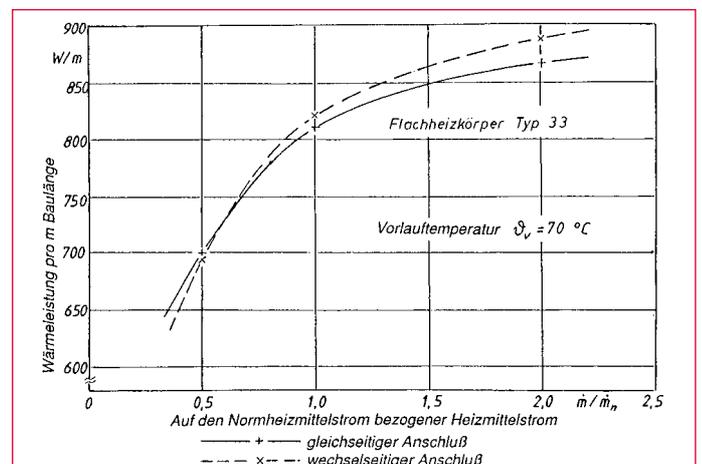


Bild 16 Wärmeleistung in Abhängigkeit des Heizmittelstroms des Flachheizkörpers 33 bei konstanter Vorlauftemperatur von $t_v = 70\text{ °C}$

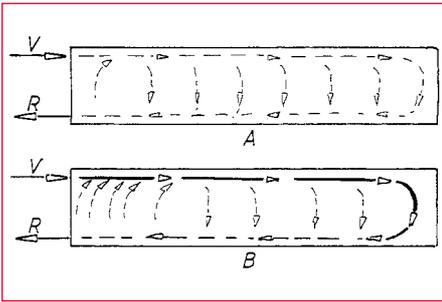


Bild 17 Strömungsverhältnisse im Heizkörper bei gleichseitigem Anschluß A – etwa Normheizmittelstrom, B – etwa doppelter Normheizmittelstrom

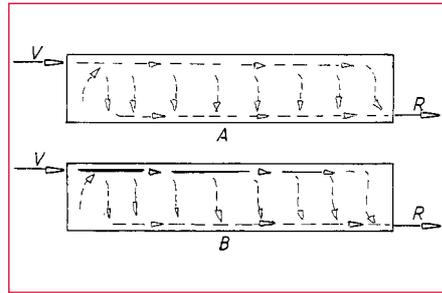


Bild 18 Strömungsverhältnisse im Heizkörper bei wechselseitigem Anschluß A – etwa Normheizmittelstrom, B – etwa doppelter Normheizmittelstrom

höher. Zur Erklärung dieses Verhaltens kann die Wasserströmung im Heizkörper herangezogen werden. Bei geringem Heizmittelstrom und gleichseitigem Anschluß stellt sich naturgemäß eine gute und unge-

störte Temperaturschichtung im Heizkörper ein und die natürliche Konvektion auf der Wasserseite erfolgt gleichmäßig über die gesamte Heizkörperlänge. Wird der Heizmittelstrom bei gleichseitigem Anschluß

wesentlich erhöht, schießt mit großer Sicherheit ein Teil des Vorlaufwassers in den Sammler nach hinten, wird dort nach unten umgelenkt und strömt im unteren Sammler direkt wieder zurück. Gleichzeitig wird hinter dem Heizmitteleintritt aufgrund der erhöhten Geschwindigkeit Rücklaufwasser injiziert, so daß neben dem etwas kälteren Vorlaufwasser im oberen Sammler besonders im vorderen Bereich des Heizkörpers kälteres Wasser nach oben strömt. Hierdurch liegt die mittlere Oberflächentemperatur des Heizkörpers niedriger und er gibt weniger Wärme ab. Bild 17 zeigt die sich einstellende Strömung bei gleichzeitigem Anschluß. Wird der Heizkörper nun wechselseitig angeschlossen (Bild 18), so erhält man bei kleinem Heizmittelstrom über den Rücklauf ein gewisses Totwasser, so daß sich hier die natürliche Schichtung nicht mehr ausbilden kann. Bei größeren Heiz-

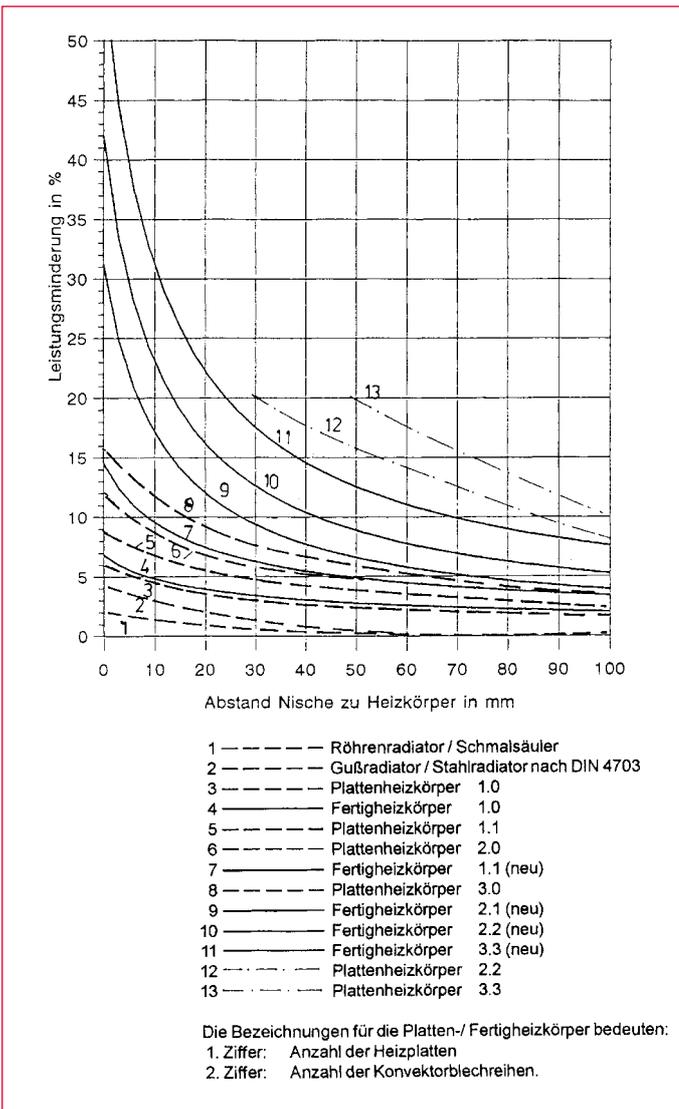


Bild 19 Prozentuale Leistungsminderung unterschiedlicher Heizkörper beim Nischeneinbau in Abhängigkeit des Abstandes Heizkörperoberkante zur oberen Nischenbegrenzung

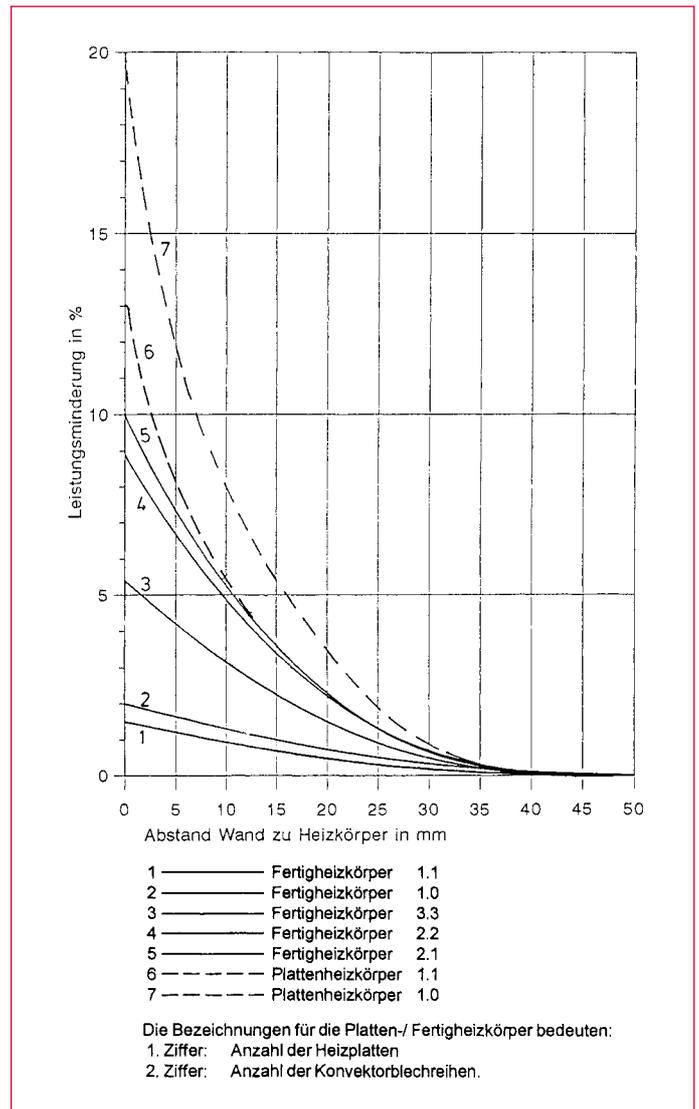


Bild 20 Prozentuale Leistungsminderung unterschiedlicher Fertigheizkörper in Abhängigkeit des Wandabstandes. Abstand 50 mm entspricht Normaufstellung nach DIN 4704

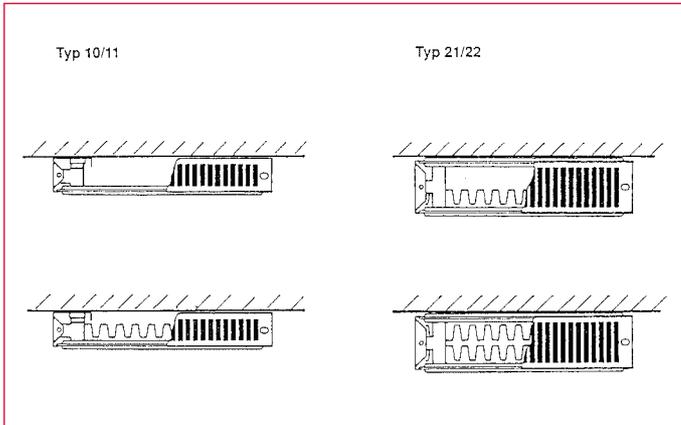


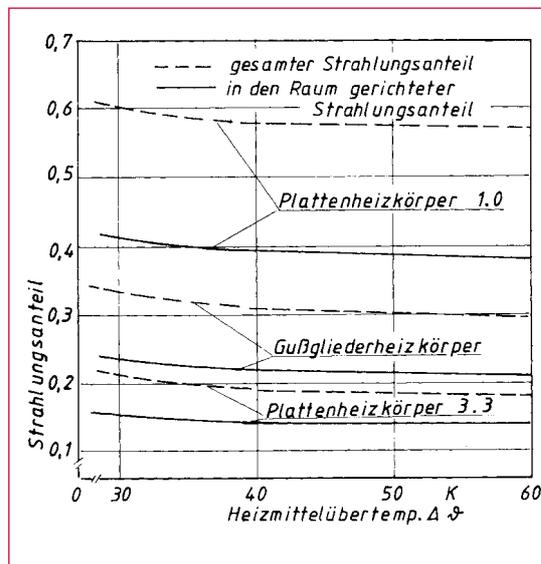
Bild 21 Ein- und zweireihige Fertigheizkörper, direkt an die Wand montiert. (Schematische Draufsicht)

Bild 22 Strahlungsanteil in Abhängigkeit von der Ansichtsfläche ▼

mittelströmen ist die Beimischung am Vorlauf aufgrund der Druckverhältnisse nicht mehr so stark. Damit wird bei gleichzeitigem Anschluß auftretende Abkühlung des Vorlaufwassers im oberen Sammler im gewissen Maße abgeschwächt.

Geringere Wärmeabgabe aufgrund Einbausituation

Neben unterschiedlichen Anschlußarten stellt sich die Frage, wie wirken sich verschiedene Einbausituationen auf die Wärmeleistung der Heizkörper aus. Raumheizkörper werden vielfach in Nischen, unter Fensterbänken und mit unterschiedlichem Boden- oder Wandabstand montiert. Durch derartige Einbausituationen geben Heizkörper meist weniger Wärme ab, als die nach DIN 4704 ermittelte Normwärmeleistung, die in den Katalogen der Hersteller zu finden ist. Eine Berücksichtigung der Einbausituation ist somit bei der Auslegung von Raumheizkörpern unbedingt notwendig. Von den angebotenen Flachheizkörpern werden die meisten als Kompaktheizkörper ausgeliefert, also Modelle mit Seitenverkleidungen und Abdeckgitter. Da diese Abdeckgitter und Seitenverkleidungen wesentlich die Luftströmung um den Heizkörper beeinflussen, sind die bereits bekannten Werte zu Leistungsminierungen beim Nischeneinbau oder durch zu geringen Wandabstand nicht unbedingt auf diese Kompaktheizkörper übertragbar. Zur Erzielung gesicherter Auslegungsgrundlagen und um den Einfluß vom Nischeneinbau und unterschiedlichen Wandabständen auf die Wärmeabgabe von Fertigheizkörpern zu ermitteln, wurden auf einem Heizkörperprüfstand nach DIN 4704 umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. Hierbei wurde die Leistungsabgabe unterschiedlicher Heiz-



körper mit verschiedenen Größen unter simulierten Einbaubedingungen ermittelt. Entgegen einer Aufstellung nach DIN 4704 wurde künstlich ein Nischeneinfluß simuliert, um so Auswirkungen auf die Wärmeleistung zu erkunden. Durch diesen Einfluß wurde vorwiegend die Abströmung der Warmluft vom Heizkörper verhindert, was eine Leistungsminierung zur Folge hatte.

Veränderung der Wärmeleistung beim Nischeneinbau

Die Auswirkungen auf die Wärmeleistung bei einem Nischeneinbau bezogen auf den Abstand der Heizkörperoberkante zur oberen Nischenbegrenzung zeigt Bild 19. Besonders bei mehrreihigen Platten- und Kompaktheizkörpern fällt die Leistung mit geringer werdendem Nischenabstand rapide ab. Stößt der Heizkörper etwa an der Nischenoberseite an, kann die Leistungsminierung sogar bis zu 50 % betragen und macht eine Berücksichtigung bei der Auslegung unbedingt erforderlich. Bei einer Betrachtung der Meßergebnisse an Kompaktheizkörpern fällt auf, daß insbesondere bei

mehrreihigen Heizkörpern mit Seitenverkleidung und einem Abstand von unter 50 mm zur Nischenoberkante, die Leistungsminierung ausgeprägter ist, wie bei Plattenheizkörpern ohne Seitenverkleidung. Dies rührt daher, daß bei letztgenannten selbst noch bei geringstem Abstand zur Nischenoberkante Warmluft vom Heizkörper zur Seite abströmen kann. Bei Kompaktheizkörpern ist das durch die Seitenwände nicht mehr möglich. Bei Abständen von 50 mm und mehr zwischen Heizkörper und Nischenoberkante ist ein Unterschied zwischen diesen Heizkörpervarianten nicht mehr feststellbar. Die neuen Messungen zeigen, daß mehrreihige Flach- oder Kompaktheizkörper mit Konvektionsblechen in Nischen unbedingt mit einem lichten Abstand von über 150 mm zur Oberkante montiert werden müssen, oder aber frei an der Wand aufzustellen sind. Ansonsten ist eine Leistungsminierung rechnerisch zu berücksichtigen.

Wärmeleistung bei geringen Wandabständen

Bei geringen Wandabständen treten im Gegensatz zu mehrreihigen Flachheizkörpern bei einreihigen Ausführungen erhebliche Unterschiede auf. Dabei ist es egal, ob es sich um einfache Flach- oder Kompaktheizkörper handelt (Bild 20). Im Gegensatz zu einreihigen Flachheizkörpern ohne Verkleidung haben einreihige Kompaktheizkörper mit oder ohne Konvektorbleche kaum Leistungsverluste, sofern sie direkt bündig an die Rückwand montiert werden. Durch die nach hinten herausragende Verkleidung bleibt genügend Abstand zur Rückwand und es ergibt sich sogar eine Schachtwirkung (Bild 21), wobei die Rückseite der Platte genügend Wärme konvektiv an die hierin aufsteigende Raumluft abgeben kann. Schließlich stellt sich die Frage nach dem Strahlungsanteil der Heizkörper, bzw. wieviel von der abgegebenen Wärme des Heizkörpers Strahlung ist. Die Wärmestrahlung bei Raumheizkörpern hängt lediglich von der Temperatur und der Hüllfläche des Heizkörpers ab. Nun haben aber auch bei gleicher Ansichtsfläche bzw. annähernd gleichen Hüllflächen verschiedene Raumheizkörpervarianten die unterschiedlichsten Wärmeleistungswerte. Da die Strahlungs-

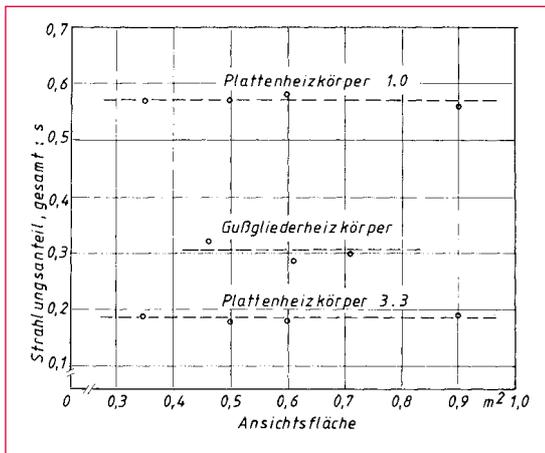


Bild 23 Strahlungsanteil in Abhängigkeit von der Anichtsfläche

werte nur noch von der Hüllfläche des Heizkörpers abhängen, kann eine Leistungssteigerung nur durch eine Erhöhung der Konvektion erzielt werden. Das heißt auch: der Strahlungsanteil wird mit zunehmender Leistung bei den Heizkörpern mit gleicher Anichtsfläche geringer.

Strahlungsanteil in Abhängigkeit von der Heizkörpertemperatur

Die angegebenen Werte für die Wärmestrahlung gelten alle bei Abgabe der Normwärmeleistung der Raumheizkörper. Die mittlere Heizkörperoberflächentemperatur über den wasserführenden Teilen beträgt hierbei nahezu 80 °C. Abstehende Konvektorbleche sind geringfügig kälter. Wird der Heizkörper nun im Niedertemperaturbereich betrieben, das heißt: Vorlauf-, Rücklauf- und Übertemperatur liegen wesentlich niedriger als die vorgenannten Normtemperaturen, so gibt der Heizkörper entsprechend der Heizkörperkennlinie weniger Wärme ab. Aber auch die abgegebene Strahlungswärme verändert sich und es stellt sich die Frage nach der Abhängigkeit des Strahlungsanteils von der Heizmittelübertemperatur. Im Bild 22 sind die Strahlungsanteile, die in den Raum und insgesamt abgegeben werden, von drei verschiedenen Heizkörperarten in Abhängigkeit von der Übertemperatur aufgetragen. Es wird deutlich, daß im Bereich der üblichen Betriebsbedingungen eines Heizkörpers, also vom Normalbetrieb bei $t_v/t_r = 90/70$ °C bis zum Niedertemperaturbetrieb, z. B. 55/45 °C mit $\Delta t = 30$ K, der Strahlungsanteil nur geringfügig zunimmt. Wird die Übertemperatur und damit die Leistung des Heizkörpers aber bis auf Null verringert, so steigt der Strahlungsanteil rechnerisch auf $S = 1,0$ bzw. 100 %.

Einfluß des Heizkörperanstrichs auf die Wärmeleistung

Raumheizkörper sind in der Regel mit einem Heizkörperlack (Emissionsverhältnis $\epsilon = 0,925$), Pulverbeschichtung oder sonstigem Farbanstrich versehen. Die Farbe des Anstrichs oder der Beschichtung – auch Klarsichtlack – hat keinen Einfluß auf die Wärmeleistung. Wird der Heizkörper jedoch mit einem Bronzeanstrich oder einer Metallic-Farbe versehen, so ist mit Leistungsminderungen aufgrund der kleineren Emissionsverhältnisse, die je nach Oberflächenstruktur unter 0,6 liegen können, zu rechnen.

Gleiches trifft auch für Heizkörper aus Aluminiumprofilen ohne Anstrich zu. In Bild 23 ist die Verringerung der Leistung bei $\Delta t = 60$ K in Abhängigkeit des Emissionsverhältnisses der Heizkörperoberfläche für drei verschiedene Heizkörperarten aufgetragen. Es zeigt sich, daß bei einem Emissionsverhältnis unter $\epsilon = 0,6$ die Leistungsminderung je nach Raumheizkörperart bis zu 20 % betragen kann.

Neben herkömmlichen unverkleideten Heizkörpern werden in zunehmendem Maße Kompaktheizkörper zur Raumbeheizung eingesetzt. Diese bestehen aus ein- und mehrreihigen Flachheizkörpern mit Seitenverkleidung und Abdeckgitter und verfügen gegebenenfalls über eine integrierte Ventilgarnitur. Da die Wärmeleistungsangaben auf Messungen nach DIN 4704 basieren, in der Praxis aber Heizkörper in unterschiedlichen Situationen eingebaut werden, müssen Veränderungen im Leistungsverhalten der Heizkörper, z. B. unter Einbaubedingungen, berücksichtigt werden. Es zeigte sich, daß bei Nischeneinbau und zu geringem Abstand zur Nischenoberkante für alle Flachheizkörper, ob mit oder ohne Verkleidung, erhebliche Leistungsminderungen zu erwarten sind. Bei zu geringem Wandabstand sind einreihige Kompaktheizkörper durch die zusätzliche Schachtwirkung aufgrund der Seitenteile vorteilhafter als unverkleidete Flachheizkörper. □