

Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej



100100212648

Die
Wohnungs-Warmwasserheizung
(Etagenheizung)

Angaben über die Berechnung derselben und über die
Einzelheiten der Ausführung

von

H. J. Klinger

weil. Oberingenieur in Wien

Fünfte, vollständig neu bearbeitete Auflage

Mit 29 Abbildungen im Text und 9 Zahlentafeln

Herausgegeben von

P. Pakusa und J. Ritter

in Hannover

Halle a. S. 1923

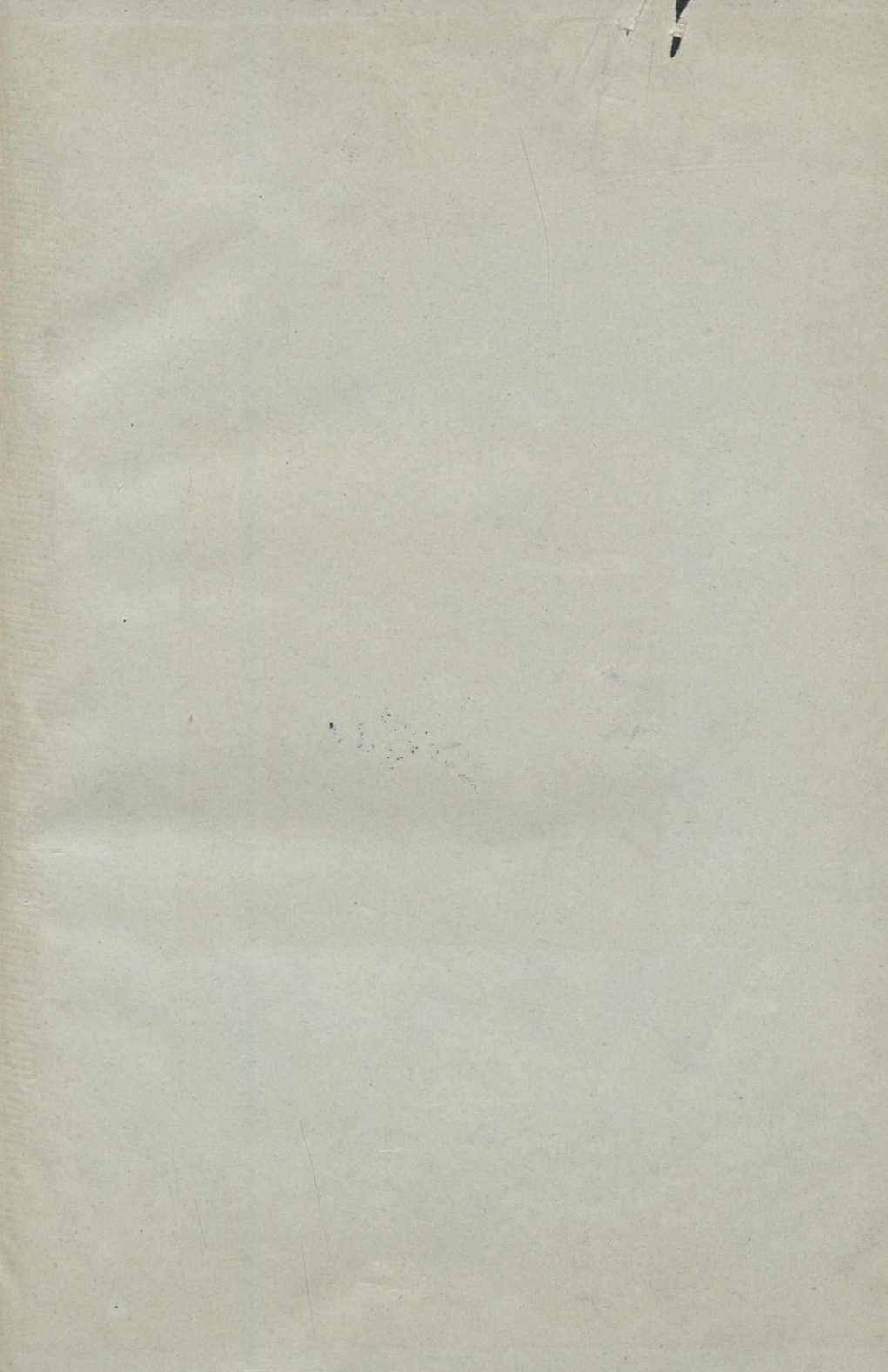
Carl Marhold Verlagsbuchhandlung

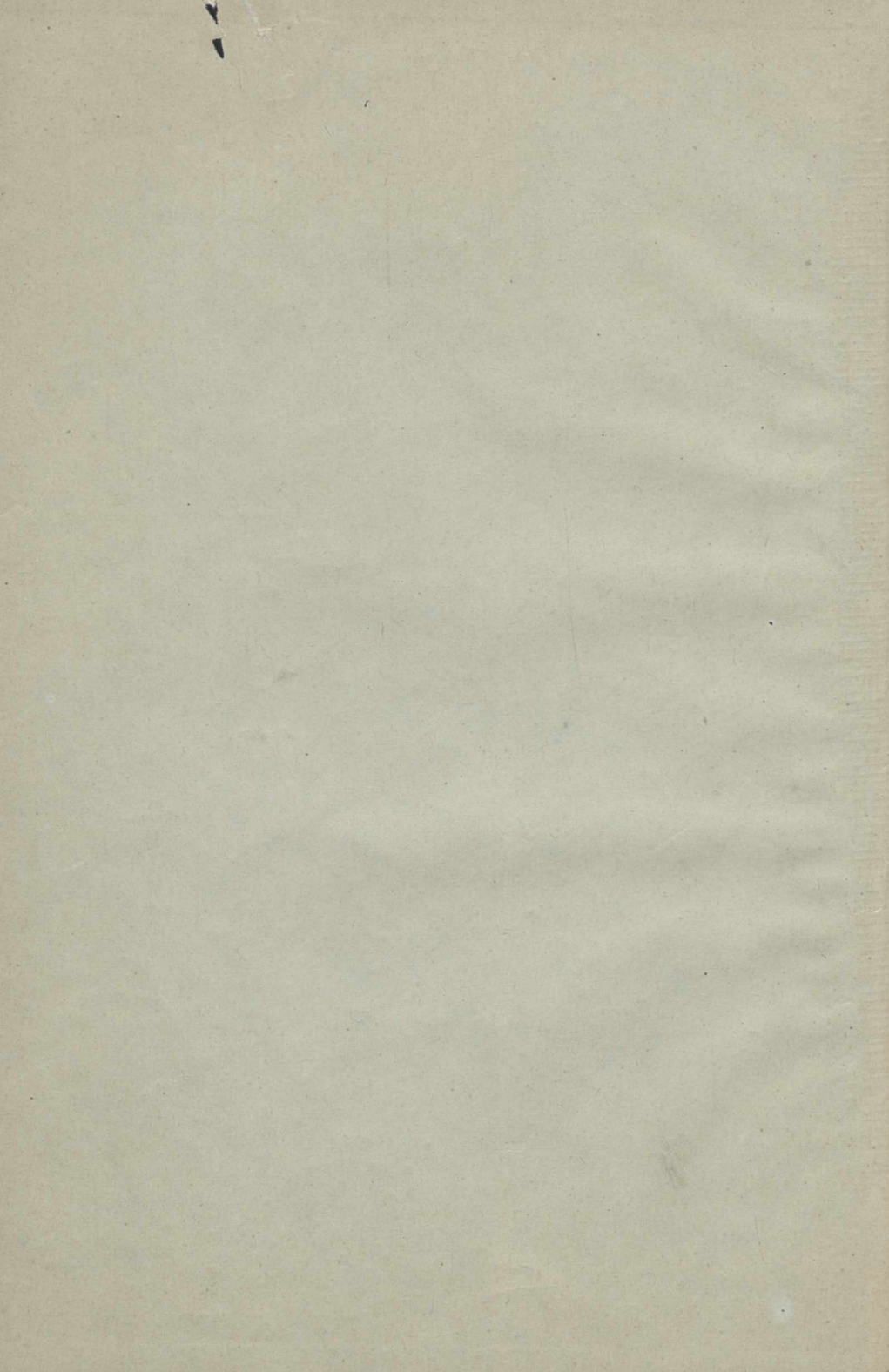
Gr 2
8070

287523 WNB

Biblioteka
Politechniki Wrocławskiej

L ~~1237 II~~





L 1237 11

Die
Wohnungs-Warmwasserheizung
(Etagenheizung)

Angaben über die Berechnung derselben und über die
Einzelheiten der Ausführung

von

H. J. Klínger

weil. Oberingenieur in Wien

Fünfte, vollständig neu bearbeitete Auflage

Mit 29 Abbildungen im Text und 9 Zahlentafeln

2. 1921. 2. Aufl.

Herausgegeben von

P. Pakusa und J. Ritter

in Hannover



Halle a. S. 1923

Carl Marhold Verlagsbuchhandlung

350716 L/1



Jul. 1945.

Aug. 1945 / 47

Inhalt.

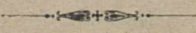
	Seite
Abkürzungen für Maße, Gewichte usw.	4
Abkürzungen	5
Vorwort zur fünften Auflage	6
1. Allgemeines und Wesen	7
2. Einrichtung	9
3. Berechnungen	10
a) Rohrleitungen	10
α) Einleitung	10
β) Grundgleichungen zur Berechnung	12
γ) Näherungsweise Bestimmung der Rohrdurchmesser	17
δ) Bestimmung der Wasserabkühlung im Rohrsystem	26
ϵ) Bestimmung des wirksamen Druckes	37
ζ) Widerstandsberechnung	44
η) Warmwasserheizung in Verbindung mit einem Niederdruckdampfkessel	61
ϑ) Anmerkung zu den Berechnungen des Rohrnetzes einer Wohnungs-Warmwasserheizung	65
b) Kessel	69
c) Heizkörper	72
d) Ausdehnungsgefäß	75
4. Einzelheiten	76
a) Kessel	77
Ausrüstung der Kessel:	
α) Freistehende gußeiserne Rundkessel	77
β) Freistehende schmiedeeiserne Kessel	79
γ) Küchenherdkessel	82
δ) Isolierung	86
ϵ) Rauchrohranschluß	86
ζ) Verbrennungsregler	86
η) Thermometer	86
ϑ) Füllung und Entleerung	87
b) Rohrleitungen	87
c) Formstücke	89
d) Rohrbefestigung	91

	Seite
e) Rohrumhüllung	92
f) Ausdehnungsgefäß	92
g) Heizkörper	94
h) Absperrvorrichtungen	95
5. Betrieb der Wohnungs-(Etagen-)Warmwasserheizung	95
6. Schnellumlaufbetrieb	98
7. Die Verwendung von Gas für Wohnungs-Warmwasserheizungen	98
8. Die Verwendung von Elektrizität für Wohnungs-Warmwasserheizungen	101
9. Schlußbemerkung	103

Abkürzungen für Maße, Gewichte usw.

- m = Meter.
 - mm = Millimeter.
 - qm = Quadratmeter.
 - cbm = Kubikmeter.
 - l = Liter.
 - s = Sekunde.
 - st = Stunde.
 - WE = Wärmeeinheit oder Kilogrammkalorie.
 - ° C = Grad Celsius.
 - WS = Wassersäule.
-

Abkürzungen.

- H = Druck (Umtriebsdruck, sogen. Druckhöhe) in mm WS.
r = Reibungswiderstand (mittlerer Druckabfall für die Reibung) für die Längeneinheit = 1 m in mm WS.
R = rl = Reibungswiderstand in einer Rohrstrecke von l m in mm WS.
l = Rohrlänge in m.
 $Z = \frac{v^2}{2g} \gamma \Sigma \zeta$ = Widerstand infolge von Einzelwiderständen in mm WS.
v = Wassergeschwindigkeit in m/sk.
 γ = Wassergewicht in kg/cbm.
g = Beschleunigung durch die Schwere = 9,81 m/sk.
 $\Sigma \zeta$ = Summe der Einzelwiderstände ζ .
h = (vertikaler) senkrechter Abstand der Vorlaufleitung von der Kesselmitte in m.
 $h_1, h_2, h_3 \dots$ = senkrechter Abstand zwischen Kessel- und Heizkörpermitten in m.
 t_a = Anfangstemperatur des Wassers in einer Rohrstrecke in $^{\circ}$ C.
 t_e = Endtemperatur des Wassers in einer Rohrstrecke in $^{\circ}$ C.
 $t_{a'}$ = Temperatur des Wassers beim Eintritt in einen Heizkörper in $^{\circ}$ C.
 $t_{e'}$ = Temperatur des Wassers beim Austritt aus einem Heizkörper in $^{\circ}$ C.
 \mathcal{J}' = Temperaturgefälle in einem Heizkörper in $^{\circ}$ C.
 \mathcal{J} = Temperaturgefälle in einem Stromkreise in $^{\circ}$ C.
 τ = Temperaturgefälle (Wasserabkühlung) in einer Rohrstrecke (Teilstrecke) in $^{\circ}$ C.
d = innerer Rohrdurchmesser in m bzw. mm.
D = äußerer Rohrdurchmesser in m.
 w' = Wärmeabgabe eines Rohres von 1 m Länge in WE/st.
 $w = lw'$ = Wärmeabgabe eines Rohres von l m Länge in WE/st.
k = Wärmedurchgangszahl in WE/qm/st/1 $^{\circ}$.
 t_m = mittlere Wassertemperatur in einer Rohrstrecke oder in einem Heizkörper in $^{\circ}$ C.
 t_r = Luft-(Raum-)temperatur in $^{\circ}$ C.
 $\mathcal{J}_0 = t_m - t_r$ = Temperaturgefälle zwischen einem Heizkörper (oder Rohr) und der Luft in $^{\circ}$ C.
q = die durch eine Teilstrecke oder einen Heizkörper fließende Wassermenge in l/st.
W = Wärmeabgabe eines Heizkörpers in WE/st.
O = Heizkörper.
K = Kessel.
- 

Vorwort zur fünften Auflage.

Nach dem im Jahre 1919 erfolgten Ableben des Verfassers der ersten vier Ausgaben dieses Buches, Herrn Oberingenieur H. J. Klinger, Wien, und nachdem die letzte Ausgabe längere Zeit vergriffen war, haben sich die Unterzeichneten gemeinsam der Aufgabe unterzogen, das Buch unter Beibehaltung der Grundzüge, die für den Umfang und die Gestalt der früheren Ausgaben maßgebend waren, neu zu bearbeiten.

Daß das Gebiet der Wohnungs-(Etagen-)Warmwasserheizung eine Betrachtung für sich erfordert, wenn auch im engsten Anschluß an die allgemeinen Grundgesetze der normalen Schwerkraft-Warmwasserheizung, ist bekannt. Es rechtfertigt sich damit eine getrennte Behandlung, die sich nicht nur auf die Theorie und ihre praktische Anwendung, sondern auch auf die Darlegung von Einzelkonstruktionen zu beziehen hat, die in der Hauptsache für diese besondere Art der Zentralheizungen zur Anwendung gelangen.

Wenn das Buch in seiner neuen Gestalt dazu beitragen sollte, daß diesen kleinsten der Zentralheizungen diejenige Aufmerksamkeit gezollt wird, die ihnen sowohl in theoretischer Beziehung als auch in Hinsicht eines erweiterten Anwendungsgebietes der Zentralheizung besonders für Wohnhäuser zukommt, so würde sein Zweck erfüllt sein.

Hannover, im Oktober 1922.

P. Pakusa. J. Ritter.

1. Allgemeines und Wesen.

Die Erkenntnis, daß die Vorzüge und Annehmlichkeiten der zentralen Beheizung nicht nur auf die gut situierten Bevölkerungskreise beschränkt bleiben, sondern auch den weniger bemittelten Wohnungsinhabern, seien es Hausbesitzer oder Mieter, zugutekommen sollen, hat dazu geführt, daß auch kleinere Einfamilienhäuser oder aber Miethäuser mit mittleren, ja selbst bescheidenen Wohnungen mit Zentralheizung ausgestattet worden sind. Daß diese Tatsache eigentlich nur für die Zeit vor dem großen Kriege zutrifft, hat seinen Grund in den allgemeinen Verhältnissen nach dem Kriege, die es nicht erlauben, Wohnungsbauten auf privatwirtschaftlicher Grundlage zu errichten. Das Bauen wird z. Zt. derart teuer, daß eine angemessene Verzinsung durch die erreichbaren Mieten nicht zu erwarten steht, die im Hinblick auf die durch die Wohnungszwangswirtschaft gewaltsam niedrig gehaltenen Mieten für die vor 1914 errichteten Häuser, für Neubauten viel zu hoch ausfallen würden. Daß dieser Zustand in Anbetracht des drückenden Wohnungsmangels aber schließlich ein Ende finden und die Bautätigkeit auch für Wohnungsbauten eine Belebung erfahren muß, dürfte nur dann ernstlich bestritten werden können, wenn wir uns als Kulturvolk selbst aufgeben wollen. Die Zeit muß und wird kommen, wo wieder Wohnungen in größerem Maßstabe gebaut werden, wo das Bauen durch eine angemessene Verzinsung des aufgewendeten Kapitals wieder seinen Lohn finden wird und die Mieter Ansprüche stellen werden, die sich von denen der Vorkriegszeit nicht allzuweit entfernen dürften.

Daß die Erfahrungen der Zwischenzeit dabei Berücksichtigung finden werden, steht zu erwarten. Insbesondere werden die hohen Brennstoffpreise, sowie das zeitweise Fehlen von Brennstoffen überhaupt, nicht so bald aus der Erinnerung schwinden.

Daß sich diese Umstände in Miethäusern mit Zentralheizung besonders störend bemerkbar gemacht haben, besonders auch in Hinsicht der Verrechnung der Heizkostenanteile für die einzelnen Mieter, die zu unzähligen Prozessen Veranlassung gegeben hat, ist bekannt.

Erfahrungen solcher Art dürften Veranlassung geben, bei späteren Neubauten von Miethäusern Heizsysteme zu bevorzugen, die es dem Mieter ermöglichen, sein Heizbedürfnis unabhängig von dem der übrigen Mieter oder des Hauswirtes befriedigen zu können.

Nächst der Einzelofenheizung gibt die Stockwerks- oder Etagenheizung das geeignetste Mittel an die Hand, diesem Streben nach Selbständigkeit in der Wärmeezeugung und -verwendung genügend zutun.

Die Einzelofenheizung wird, soweit es sich dabei um die Aufstellung einfacher eiserner Öfen handelt, gegenüber der Etagen- oder Wohnungs-Zentralheizung die billigeren Anschaffungskosten und den bequemeren Einbau voraus haben. Handelt es sich jedoch um den Einbau hochwertiger oder Kachelöfen, so dürfte der Unterschied in den Anschaffungskosten, ob Zentral- oder Einzelofenheizung kaum von ausschlaggebender Bedeutung sein können.

Als Nachteile der Einzelofenheizung gegenüber der Etagen- oder Wohnungs-Zentralheizung sind allgemein zu nennen: Die umständlichere und zeitraubendere Bedienung mehrerer Einzelöfen und die Verunreinigung der Räume durch Kohlen und Aschenstaub.

Diese Nachteile der Einzelofenheizung treten nicht nur im Miethause, also in der Etagenwohnung, sondern auch im Kleinhause in Erscheinung, so daß die zentrale Beheizung auch für dieses in Frage kommen wird, wenn die für den Bau zur Verfügung stehenden Mittel nur einigermaßen Bewegungsfreiheit hinsichtlich der Qualität der zu verwendenden Einrichtungen zulassen.

Von den Arten der zentralen Beheizung kommen für Einzelwohnungen oder Kleinhäuser nur die Warmwasserheizungen und von diesen in neuerer Zeit eigentlich auch nur die offenen oder Niederdrucksysteme in Betracht.

Die bei Praktikern früher sehr verbreitete Anschauung, daß es bei Etagenheizungen besonderer Einrichtungen oder Vorkehrungen zur Hervorbringung des Wasserumlaufes bedürfe oder daß zu diesem Zweck die Heizkörper nicht auf dem Fußboden, sondern etwas höher aufgestellt werden müssen, ist nicht zutreffend, wenn die Anlagen, insbesondere das Rohrnetz, richtig berechnet und sachgemäß ausgeführt werden.

In Nachstehendem sollen nun die offenen oder Niederdruck-Warmwasserheizungen, soweit dieselben für einzelne Stockwerke oder Wohnungen zur Anwendung gelangen, bei welchen also Kessel und Heizkörper in annähernd gleicher Höhe liegen, einer näheren Betrachtung unterzogen werden.

2. Einrichtung.

Die Einrichtung der Wohnungs-Warmwasserheizung sei der Vollständigkeit halber kurz erwähnt. Auf dem Wohnungsfußboden, also in gleicher Ebene, seltener sind einzelne Räume mit ihrem Fußboden gegen die anderen höher oder tiefer liegend, werden der Kessel und die Heizkörper aufgestellt. Von dem Kessel steigt die Vorlaufleitung bis in eine gewisse Höhe gegen die Decke und verteilt sich mit Gefälle nach den Enden hin zu den Heizkörpern. Die Rücklaufleitung verläuft von den Heizkörpern ab soweit als angängig über, dann im Wohnungsfußboden, oder auch an der Decke des darunter liegenden Stockwerkes zum Kessel zurück.

Hierzu ist zu bemerken, daß vielfach die irrige Ansicht verbreitet ist, die Vorlaufleitung müsse mit Gefälle vom höchsten Punkt des Steigestranges nach den Heizkörpern zu verlegt werden. Dem ist aber nicht so. Die Vorlaufleitung kann vielmehr auch mit Steigung oder sägeförmig geführt werden, wenn nur dafür Sorge getragen wird, daß die höchsten Punkte durch eine besondere Luftleitung nach dem Ausdehnungsgefäß entlüftet werden.

Auch ist es angängig und manchmal sogar notwendig, die Rücklaufleitung anstatt im Fußboden, über die Türen zurück nach dem Kessel zu führen. Dieser Fall kann namentlich dann eintreten, wenn die Heizung in ein bewohntes Haus eingebaut werden soll oder gar dann, wenn sich der Mieter eine Wohnungs-Warmwasserheizung auf eigene Kosten beschafft, die sein Eigentum verbleibt und die er gegebenenfalls bei Aufgabe der Wohnung, wie einen Ofen oder Kochherd mitnimmt. Auch in diesem Falle ist das Gefälle mit welchem die Rückleitungen verlegt werden, ob nach dem Kessel oder nach den Heizkörpern zu, gleichgültig, wenn auf die Entlüftung der Höchstopunkte, die zur Luftansammlung Veranlassung geben, Bedacht genommen wird.

Wenn die Verlegung der Rückleitung über den Türen hinsichtlich einer guten und sicheren Funktion der Anlage auch keine Schwierigkeiten bereitet, so wird man zu ihr doch nur in Ausnahmefällen greifen, da die Rohrleitungen länger werden und die Ansehlichkeit gut ausgestatteter Wohnräume durch die zweite an der Decke verlegten Leitung nicht gerade gehoben wird.

Für die Höhenlage der Vorlaufleitung kommt das Ausdehnungsgefäß in Betracht, welches am höchsten Punkte der Vorlaufleitung angeschlossen wird. Da man ab und zu das Ausdehnungsgefäß nachsehen muß, so muß es in einer gewissen Entfernung von der

Decke angeordnet werden, so daß bei niedrigen Wohnungen die Vorlaufleitung so tief zu liegen käme, daß man mit ihr kaum über den Türen hinweggehen könnte. Das Ausdehnungsgefäß muß dann in die darüberliegende Wohnung in einem untergeordneten Raume, z. B. Abort, Dienstbotenzimmer, angeordnet werden. Je höher die Vorlaufleitung in der Wohnung gelegt werden kann, desto besser ist die Wirkung der Heizungsanlage, und die Anlagekosten werden etwas geringer.

Im übrigen ist eine Wohnungs-Warmwasserheizung mit den gleichen Ausrüstungsgegenständen wie die gewöhnlichen Warmwasserheizungen zu versehen.

3. Berechnungen.

a) Rohrleitungen.

a) Einleitung.

Die Berechnung der Wohnungs-Warmwasserheizungen oder Etagenheizungen oder Stockwerksheizungen weicht insofern von der Berechnung gewöhnlicher Warmwasserheizungen ab, als hier Kessel und Heizkörper auf gleicher oder wenigstens annähernd gleicher Höhe stehen und der zur Hervorbringung der wirksamen Druckhöhe oder des wirksamen Umtriebsdruckes notwendige Abstand (Mittenabstand) zwischen Kessel und Heizkörper fehlt oder nur sehr gering ist, manchmal sogar negativ sein kann, wenn der Heizkörper tiefer als der Kessel steht. Praktisch kann jede Warmwasserheizung, bei der der Mittenabstand kleiner als 0,5 m ist, als Wohnungs-Warmwasserheizung betrachtet und nach den hierfür geltenden Regeln berechnet werden.

Im Gegensatz zu den normalen Warmwasserheizungen mit vertiefter Kesselaufstellung (Mittenabstand zwischen Kessel und Heizkörper $> 0,5$ m) ist daher bei Wohnungs-Warmwasserheizungen nicht der eigentliche Heizkörper als Erzeuger der Umtriebskraft zu betrachten, sondern in erster Linie die oberhalb des Kessels verlegte Verteilleitung, in der Nähe des Kessels besonders auch der Fallstrang, während der eigentliche Heizkörper, je nach seiner Höhenlage zum Kessel nur noch einen geringen, gar keinen oder sogar einen mindernden Einfluß auf die Höhe des Umtriebsdruckes ausübt.

Der eigentliche Heizkörper ist bei Wohnungs-Warmwasserheizungen gewissermaßen in den Rücklauf des wirksamen Heizkörpers, der Vorlauf-, Verteil- und Falleitung eingeschaltet.

Da aber andererseits auch hier der erzielbare Umtriebsdruck oder die sogen. Druckhöhe von der Abkühlung im Heizkörper und seiner Stellung über dem Kessel abhängt, so ist hierauf bei der Anlegung der Wohnungs-Warmwasserheizung besonders zu achten, und es ist die horizontale Vorlauf-Verteilleitung und der Fallstrang derart anzuordnen, daß in ihnen die notwendige Abkühlung des Wassers erreicht wird.

Gewöhnlich wird deshalb die Vorlaufleitung bei Wohnungs-Warmwasserheizungen überhaupt nicht isoliert, besonders wenn sie in den zu heizenden Räumen selbst liegt. In solchen Fällen, in denen die Vorlaufleitung aus baulichen oder sonstigen Gründen in einem ungeheizten Raume (z. B. in einem über dem geheizten Geschoß gelegenen Geschoß (Dachgeschoß) verlegt werden muß, wird man die Vorlaufleitung zur Vermeidung unwirtschaftlicher Wärmeverluste soweit isolieren, als dieses mit der Wirtschaftlichkeit einerseits und mit der Wirksamkeit der Anlage andererseits vereinbar ist.

Dadurch, daß die Wassertemperatur in den Heizkörpern selbst unter Umständen erheblich tiefer sein kann, als unmittelbar am Kessel, so muß hierauf bei der Bestimmung der Heizkörpergröße Rücksicht genommen werden. Bei Anlagen geringen Umfanges, die gewöhnlich mit 90°C im Vorlauf und 70°C im Rücklauf berechnet werden, wird man den Temperaturverlust in der Rohrleitung allerdings unberücksichtigt lassen können, da die Anlagen ausnahmsweise auch etwas höher, z. B. auf 95°C geheizt werden können, wodurch der Temperaturverlust ausgeglichen ist.

Der Rechnungsvorgang zur Bestimmung der Rohrleitung der Wohnungs-Warmwasserheizungen ist folgender:

Man bestimmt zuerst das Rohrnetz mit Hilfe eines Näherungsverfahrens, bestimmt hierauf die Abkühlung bzw. die Wassertemperaturen an den einzelnen Streckenenden und im Anschluß daran die für jeden Stromkreis erreichbare, wirksame Druckhöhe. Ist der Widerstand in dem Stromkreise gleich dem erzielbaren Umtriebsdruck, so war die Annahme der Rohrdurchmesser richtig, sind wesentliche Unterschiede zwischen Widerstand und Umtriebsdruck vorhanden, so muß so lange eine Berichtigung der Durchmesser vorgenommen werden, bis eine genügende Übereinstimmung zwischen Umtriebsdruck und Widerstand erreicht wird.

Für die folgenden Berechnungen gelten die eingangs (S. 4 und 5) aufgestellten Abkürzungen.

β) Grundgleichungen zur Berechnung der Rohrleitungen für Wohnungs-Warmwasserheizungen.

Bezeichnet man in einem Stromkreise mit

H den zur Verfügung stehenden Umtriebsdruck oder die Druckhöhe in mm WS,

R den Reibungswiderstand in mm WS,

Z den Widerstand infolge der sogenannten Einzelwiderstände d. h. der Richtungs- und Querschnittswiderstände in mm WS,

so muß sein

$$H \geq R + Z \quad (1)$$

H muß also gleich oder größer der Summe der Widerstände in dem betreffenden Stromkreise sein.

R und Z können auf Grund der heute vorliegenden Versuchszahlen ziemlich genau bestimmt werden, wenigstens soweit es sich um die Werte für R handelt; für die Z-Werte ist dagegen eine durchaus einwandfreie Gesetzmäßigkeit noch nicht festgestellt.

Als zuverlässigste Versuchswerte^{1) 2)} für R und Z können die von Dr. Brabbée in der Prüfungsanstalt für Heizungs- und Lüftungseinrichtungen an der Technischen Hochschule zu Berlin gefundenen Werte angesehen werden.

Für die in dem vorliegenden Buche angeführten Übungsbeispiele sollen daher diese Werte auch durchweg benutzt werden.

In der älteren Literatur wurde R sowohl als Z auf die Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$ des Wassers in der betreffenden Teilstrecke bezogen, in der neueren Literatur^{1) 2)} wird durch eine Zusammenfassung der Reibungszahl mit der Geschwindigkeitshöhe eine etwas abweichende Gleichungsform gewählt.

Bezeichnet:

v die Geschwindigkeit des Wassers in einer Teilstrecke in m/sk,

g die Beschleunigung durch die Schwere = 9,81 m/sk,

l die Länge der Rohrstrecke in m,

d den lichten (inneren) Rohrdurchmesser in m,

ρ die Reibungszahl,

γ_m das mittlere Gewicht des Wassers in kg/cbm,

¹⁾ Rietschel-Brabbée, Leitfaden zum Berechnen von Heizungs- und Lüftungsanlagen. Verlag J. Springer, Berlin, 5. Aufl. 1913, 6. Aufl. 1922.

²⁾ Dr. Brabbée, Reibungs- und Einzelwiderstände in Warmwasserheizungen, Beiheft 1 zum Gesundheits-Ingenieur 1913, Verlag R. Oldenbourg, München.

so schrieb man früher

$$R = \frac{v^2}{2g} \gamma_m \frac{\varrho}{d} l \quad (2)$$

Die Reibungszahl ϱ setzte man

nach Weisbach zu $\varrho = 0,0144 + \frac{0,00947}{\sqrt{v}}$ (3)

nach Darcy zu $\varrho = 0,0199 + \frac{0,000508}{d}$ (4)

nach Lang zu $\varrho = 0,012 + \frac{0,0018}{\sqrt{v d}}$ (5)

usw.

Der erstere (Weisbachsche) Wert wurde in der Hauptsache in der Heizungstechnik angewandt, so benutzte auch Rietschel in den vier ersten Auflagen seines „Leitfadens“ diesen Wert.

Recknagel benutzte dagegen für seine Tabellen zur Berechnung von Warmwasserheizungen³⁾ die von Biel⁴⁾ abgeleitete empirische Gleichung für den Reibungswiderstand

$$R = \frac{4 K l v^2}{d} \gamma_m \quad (6)$$

worin R , l , v , d , γ_m die gleiche Bedeutung wie vorher haben, während für K Biel den Ausdruck

$$K = a + \frac{2f}{\sqrt{d}} + \frac{2b[\eta]}{v\sqrt{d}\gamma} \quad (7)$$

entwickelte.

In der Gleichung (7) bedeuten:

a einen Beiwert (Grundfaktor) = 0,12,

f einen Rauheitsfaktor, der von der Beschaffenheit der inneren Rohrwand abhängt und je nach der Rauigkeit dieser Wand einen Wert von 0 bis 0,072 annehmen kann; Biel unterschied 5 Rauheitsgruppen I bis V für Rohre und setzte für den

Rauheitsgrad I den Wert $f = 0,0064$,

„ II „ „ $f = 0,018$,

„ III „ „ $f = 0,036$,

„ IV „ „ $f = 0,054$,

„ V „ „ $f = 0,072$.

Die in der Heiztechnik gebräuchlichen schmiedeeisernen

³⁾ Recknagel, Hilfstabellen zur Berechnung von Warmwasserheizungen. Verlag R. Oldenbourg, München.

⁴⁾ Biel, Über den Druckhöhenverlust bei der Fortleitung tropfbarer und gasförmiger Flüssigkeiten, Heft 44, Mitteilungen über Forschungsarbeiten. Verlag des Vereins deutscher Ingenieure.



Zahlentafel 1.

Bestimmung der Rohrweiten bei Stockwerks-Warmwasserheizungen für ein Temperaturgefälle von 20° in den Heizkörpern.

Reibungs- widerstand r für 1 m Rohr- länge in mm WS.	Stündlich geförderte Wärmemenge in WE bei einer Wassergeschwindigkeit v in m/sk von einem Rohr vom Durchmesser d =													I II	
	14	20	25	34	39	49	57	64	70	76	82	88	94	100	
0,01				560	980	2200	3050	4050	5300	6700	8300	10100	12000	14200	I
				0,01	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,025	0,025	0,025	0,025	II
0,02			330	1150	1750	3100	4300	6050	7800	9700	12000	14600	17500	20500	I
			0,01	0,02	0,02	0,025	0,025	0,03	0,03	0,03	0,035	0,035	0,035	0,04	II
0,03		210	500	1500	2150	3950	5500	7450	9600	12200	15000	18000	22000	25500	I
		0,01	0,015	0,025	0,03	0,03	0,03	0,035	0,04	0,04	0,04	0,045	0,045	0,05	II
0,04		270	660	1770	2510	4700	6450	8850	11500	14200	17700	20800	25000	30100	I
		0,015	0,02	0,03	0,03	0,035	0,035	0,04	0,045	0,045	0,05	0,05	0,05	0,06	II
0,05		330	780	1980	2850	5300	7200	10000	12800	16000	20000	23000	28500	33500	I
		0,015	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,045	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	II
0,06		390	890	2160	3130	5850	7950	10900	14100	18000	21800	25700	31500	36700	I
		0,02	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	II
0,07	120	440	980	2350	3400	6300	8700	11900	15300	19500	23500	28100	34000	39900	I
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	II
0,08	130	490	1070	2530	3670	6750	9450	12700	16500	21000	25300	30300	37000	42700	I
	0,015	0,025	0,035	0,04	0,045	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	II
0,09	140	550	1140	2700	3900	7200	10000	13500	17400	22000	27000	32000	39000	45000	I
	0,015	0,03	0,035	0,045	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	II
0,10	160	600	1200	2850	4100	7600	10500	14200	18200	23000	28500	33500	41000	47000	I
	0,015	0,03	0,04	0,045	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	II
0,11	170	650	1280	3000	4300	8000	11000	14900	19000	24000	30000	35000	43000	49000	I
	0,02	0,035	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	II
0,12	190	700	1360	3150	4500	8400	11500	15600	20000	25000	31500	37000	45000	52000	I
	0,02	0,035	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	II
0,13	200	750	1440	3300	4700	8800	12100	16400	21000	26000	33000	39000	47000	55000	I
	0,02	0,04	0,045	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	II
0,14	220	800	1520	3450	4900	9200	12700	17200	22000	27500	34500	41000	49000	58000	I
	0,02	0,04	0,045	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,15	240	850	1600	3600	5200	9600	13000	18000	23000	29000	36000	43000	52000	62000	I
	0,025	0,04	0,045	0,06	0,06	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,16	250	880	1640	3700	5350	9900	13400	18500	23500	30000	37000	44000	54000	65000	I
	0,025	0,045	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,17	260	900	1680	3800	5500	10200	13800	19000	24000	30500	38000	46000	56000	68000	I
	0,025	0,045	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,18	280	930	1720	3900	5650	10500	14300	19500	24700	31500	39000	48000	59000	72000	I
	0,025	0,045	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,19	290	950	1760	4000	5800	10800	14800	20000	25500	32000	40000	49000	60000	74000	I
	0,03	0,045	0,05	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,20	310	980	1800	4100	5950	11100	15200	20500	26200	33000	41000	50000	62000	76000	I
	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,22	330	1030	1880	4300	6300	11700	16000	21500	27500	34000	42000	52000	64000	79000	I
	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,24	360	1080	1960	4500	6600	12300	16800	22500	28500	35000	43000	54000	67000	83000	I
	0,035	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,26	390	1130	2050	4700	6900	12900	17600	23500	29500	36000	44000	56000	70000	87000	I
	0,04	0,05	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,28	410	1180	2200	4900	7200	13300	18300	24500	30500	37000	45000	58000	73000	91000	I
	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,30	430	1230	2250	5100	7450	13700	18800	25000	31000	37500	45500	59000	75000	94000	I
	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,35	480	1320	2450	5600	8100	14500	19800	26500	32500	39000	47000	61000	78000	99000	I
	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,40	540	1450	2650	6000	8700	15500	21000	28000	34000	41000	49000	64000	82000	104000	I
	0,06	0,07	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,45	580	1550	2850	6400	9300	16500	22000	29000	35000	42000	50000	66000	86000	110000	I
	0,06	0,07	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	II
0,50	620	1650	3000	6800	9900	17500	23000	30000	36000	43000	51000	68000	90000	116000	I
	0,06	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	II

Gewinde- und Flanschenrohre besitzen nach Biel etwa den Rauheitsgrad II.

b einen Zähigkeitsfaktor, der der Rauheit proportional gesetzt werden und einen Wert zwischen 0,95 bis 0,27 annehmen kann, für den Rauheitsgrad II den Wert 0,71.

$[\eta]$ den Zähigkeitskoeffizienten, der von der Temperatur t des Wassers abhängt und nach O. E. Meyer gleich

$$[\eta] = \frac{0,01775}{1 + 0,0331t + 0,000244t^2} \quad (8)$$

gesetzt werden kann.

$$\begin{aligned} \text{Für Wasser von } 20^{\circ} \text{ ist } [\eta] &= 0,0101, \\ 30^{\circ} \quad [\eta] &= 0,00805, \\ 100^{\circ} \quad [\eta] &= 0,00298. \end{aligned}$$

γ das Gewicht des Wassers bei der Temperatur t in kg/l.

Den Ausdruck $\frac{[\eta]}{\gamma}$ bezeichnet Biel als Zähigkeitsmodul.

Der Ausdruck $\frac{b[\eta]}{\gamma}$ wird für Wasser von etwa 80° und für Rohre mit dem Rauheitsgrad II gleich 0,003.

Führt man den Bielschen Wert für die Reibung in die Gleichung (2) ein, so wird ϱ für 80° und Rauheit II

$$\varrho = \frac{8g}{1000} K = 0,009 + \frac{0,028}{\sqrt{d}} + \frac{0,471}{v\sqrt{d}} \quad (9)$$

Dr. Brabbée fand für den Reibungswiderstand in schmiedeeisernen Muffenrohren die empirische Formel

$$R = 2570 \frac{v^{1,84}}{d^{1,26}} \quad (10)$$

für Siederohre

$$R = 4920 \frac{v^{1,86}}{d^{1,37}} \quad (11)$$

Beide Gleichungen sind für Wasser von 70° abgeleitet.

Mit Rücksicht darauf, daß diese beiden Gleichungen, wie bereits erwähnt, heute wohl die zutreffendsten Werte für die Reibung in Heizungsrohren ergeben, so sollen sie, wie ebenfalls schon bemerkt, in der Folge ausschließlich in diesem Werke Anwendung finden.

Die Zahlentafel 1 zeigt die Werte für den Reibungswiderstand für den in Wohnungs-Warmwasserheizungen üblichen Geschwindigkeitsbereich des Wassers.

In den weitaus meisten Fällen werden bei Wohnungs-Warmwasserheizungen schmiedeeiserne Gewinderohre angewandt, da

Siederohre, falls ihre Verbindung durch Flanschen erfolgen müßte, ihres weniger schönen Aussehens wegen in Wohnräumen gern vermieden werden. Infolge der in Wohnungs-Warmwasserheizungen auftretenden geringen Umtriebskräfte wird der Umfang dieser Anlagen so wie so nur beschränkt bleiben müssen, so daß man aus diesem Grunde schon in den meisten Fällen mit Gewinderohren bis 65 mm l. W. ($2\frac{1}{2}''$) auslangen wird.

Es steht der Verwendung von Siederohren natürlich nichts im Wege, wenn ihre Verbindung durch autogene Rundschweißungen erfolgt.

γ) Näherungsweise Bestimmung der Rohrdurchmesser.

Da sich, wie schon eingangs erwähnt, die wirksamen Kräfte für den Umlauf in Wohnungs-Warmwasserheizungen in der Haupt-

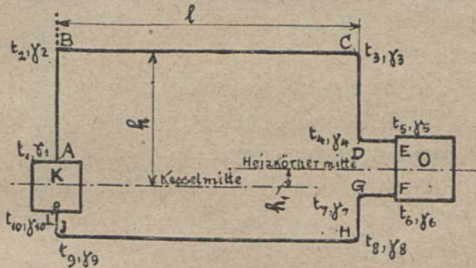


Abb. 1.

sache aus den Temperaturgefällen ableiten, die infolge der Abkühlung in der Vorlaufverteiler- und den Fallsträngen auftreten, so ist die Aufstellung einer einfachen und klaren Druck- und Widerstandsgleichung allein aus den zunächst gegebenen bzw. bekannten Bestimmungswerten nicht möglich, es empfiehlt sich vielmehr ein Verfahren einzuschlagen, das zunächst eine überschlägliche Bestimmung der Rohrdurchmesser gestattet, worauf die Abkühlung und die wirksamen Umtriebsdrucke ermittelt werden und geprüft wird, ob diese so gefundenen Umtriebsdrucke der Widerstandsgleichung genügen.

Es soll daher eine einfache Beziehung zwischen den als bekannt vorauszusetzenden maßgeblichen Höhen- und Längenwerten und dem wirksamen Umtriebsdruck nachstehend gezeigt werden. Ist nach Abb. 1:

- l die wagerechte Entfernung des Fallstranges eines Stromkreises vom Kessel in m,
- h der Abstand der Vorlaufleitung von der Kesselmitte in m,

h_1 der Abstand zwischen Kessel- und Heizkörpermitte in m,
 H der wirksame Druck (Umtriebsdruck oder die sogen. Druckhöhe) in mm WS,
 b ein Beiwert, der von der Anfangstemperatur im Rohrnetz abhängt,
 a der Gewichtsunterschied des Wassers zwischen Eintritt und Austritt im Heizkörper in kg/cbm,
 so erhält man den wirksamen Druck in einem Stromkreise angenähert durch die Gleichung

$$H = bh(1 + h) \pm ah_1 \quad (12)$$

Der Beiwert b kann hierbei für die üblichen Anfangstemperaturen von 80 bis 95° zu $b = 0,4$ gesetzt werden, die a -Werte zeigt Zahlentafel 2 für die verschiedenen Temperaturgefälle in den Heizkörpern.

Vom wirksamen Umtriebsdruck H können bei Wohnungswarmwasserheizungen etwa 50 v. H. zur Deckung des Widerstandes infolge der sogen. Einzelwiderstände und etwa 50 v. H. zur Deckung des Widerstandes infolge der Reibung in den Rohrleitungen angenommen werden.

Man erhält also für den Reibungswiderstand R den Wert

$$R = \frac{H}{2} = \frac{bh(1 + h) \pm ah_1}{2} \quad (13)$$

Ist weiterhin Σl die Gesamtlänge der Rohrleitungen eines Stromkreises, so erhält man den angenäherten mittleren Druckbedarf für den Reibungswiderstand r zu

$$r = \frac{H}{2 \Sigma l} = \frac{bh(1 + h) \pm ah_1}{2 \Sigma l} \quad (14)$$

Mit Hilfe der Zahlentafel 1 lassen sich danach ohne Weiteres die Rohrdurchmesser angenähert bestimmen, die notwendig sind, um die in den einzelnen Teilstrecken zu fördernden Wasser- bzw. Wärmemengen zu erhalten.

Sind die wagerechte Vorlaufleitung, der Steigestrang, die Fallstränge oder die wagerechte Rücklaufleitung gegen Wärmeverluste geschützt, wobei der Wärmeschutz einen mittleren Wirkungsgrad η ergeben möge, so erhält man den angenäherten Umtriebsdruck, indem man den Beiwert b mit $1 - \eta$ multipliziert.

Die Gl. 12 kann also, sobald auch ein Teil der Rohrleitung gegen Wärmeverluste geschützt ist, in der nachstehenden Erweiterungsform geschrieben werden:

$$H = b(1 - \eta)h(1 + h) \pm ah_1 \quad (12a)$$

Hierbei muß nur von Fall zu Fall der η -Wert richtig eingeschätzt werden. Für Wärme ungeschützte Rohre ist $\eta = 0$ und die Gl. 12a geht in die Form der Gl. 12 über. Gewöhnlich wird der Steigestrang und die wagerechte Rücklaufleitung gegen Wärmeverluste geschützt. Ist der Wirkungsgrad des Wärmeschutzes η' , so wird der mittlere Wirkungsgrad eines Stromkreises dann $1 - \frac{\eta}{2} = 1 - \frac{\eta'}{4}$ gesetzt werden können, wobei $\eta = \frac{\eta'}{2}$ sein möge.

Der übliche Wärmeschutz (Kieselgur 20 mm stark) zeigt einen Wirkungsgrad $\eta' \sim 0,6$, so daß hierbei

$$1 - \frac{\eta}{2} = 1 - \frac{\eta'}{4} = 1 - \frac{0,6}{4} = 0,85$$

einzusetzen wäre.

Der Beiwert b erniedrigt sich also von 0,4 für ungeschützte Rohre auf 0,34 für teilweise geschützte Rohre eines Stromkreises.

Wird das ganze Rohrnetz isoliert, so kommt der ganze η' -Wert zur Geltung. Für $\eta' = 0,6$ wäre

$$1 - \eta = 1 - \eta' = 1 - 0,6 = 0,4$$

zu setzen und der Beiwert b ermäßigt sich auf 0,16.

Zahlentafel 2.

Tafel der a -Werte.

Temperatur des Wassers		$a =$
beim Eintritt in den Heizkörper	beim Austritt aus dem Heizkörper	
95°	75°	13,0
90°	70°	12,5
85°	65°	11,9
80°	60°	11,4
75°	55°	10,9

Beispiel 1.

Für den durch Abb. 2 dargestellten Stromkreis einer Stockwerks-Warmwasserheizung sind annähernd zu bestimmen:

1. Verfügbarer Umtriebsdruck,
2. Mittlerer Druckabfall,
3. Rohrdurchmesser.

Es mögen sein:

$$l_1 = 2,6 \text{ m}, \quad l_2 = 5 \text{ m}, \quad l_3 = 2,4 \text{ m}, \quad l_4 = l_5 = l_6 = l_8 = 0,5 \text{ m},$$

$$l_7 = 5,0 \text{ m}, \quad l_0 = 1,0 \text{ m}, \quad l_k = 0,8 \text{ m},$$

$$h = 3,0 \text{ m}, \quad h_1 = 0,1 \text{ m}.$$

Temperaturgefälle im Heizkörper $\vartheta' = 20^\circ$ ($85^\circ - 65^\circ$).

Anfangstemperatur des Heizwassers 90° .

Wärmeabgabe des Heizkörpers 3000 WE/st.

An wirksamem Umtriebsdruck erhält man nach Gl. 12 überschläglich:

$$H = 0,4 \cdot 3,0 (5,0 + 3,0) + 0,1 \cdot 11,9 = 10,8 \text{ mm WS.}$$

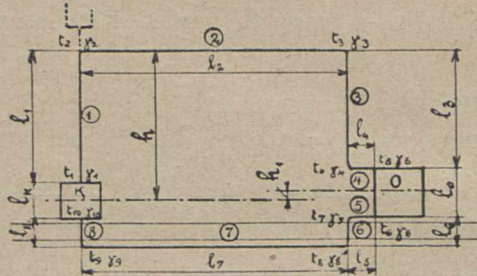


Abb. 2.

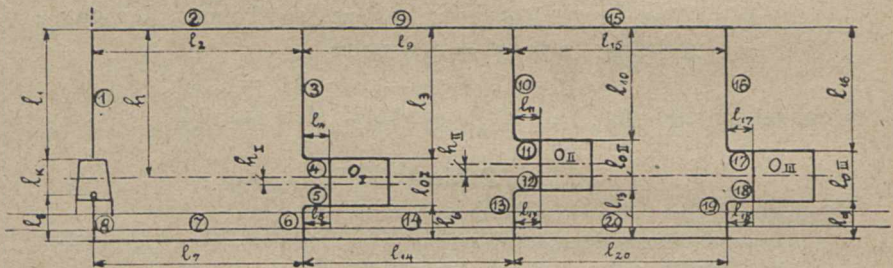


Abb. 3.

Der zulässige mittlere Druckabfall für den Reibungswiderstand ergibt sich danach nach Gl. 14 zu

$$r = \frac{10,8}{2 \cdot 17} = 0,3 \text{ mm WS/1 m}$$

$$l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8 = 17,0 \text{ m.}$$

Der Durchmesser der Teilstrecken 1—8 ist für eine Heizkörperwärmeleistung von 3000 WE/st nach Z.-T. 1 mit

$$d = 34 \text{ mm}$$

zu wählen.

In der Regel wird jede Anlage aus mehreren Stromkreisen bestehen und man verfährt dann bei der vorläufigen Bestimmung des Leitungsnetzes folgendermaßen:

Die Betrachtungen sollen auf die durch Abb. 3 dargestellte Anlage bezogen werden.

Man beginnt mit der Bestimmung des verfügbaren Druckes für den ungünstigsten Stromkreis. Das ist bei Etagen-Warmwasserheizungen im Gegensatz zu den Warmwasserheizungen mit vertieft aufgestelltem Kessel meist der Stromkreis desjenigen Heizkörpers, der dem Kessel am nächsten liegt, also in Abb. 3 der Heizkörper O_I .

Nach Gl. 12 erhält man für

$$H_I = b h (l_2 + h) - h_I a_I$$

und nach Gl. 14

$$r_I = \frac{b h (l_2 + h) - h_I a_I}{2 (l_1 + l_2 + \dots + l_8)}$$

Mit Hilfe der Zahlentafel 1 lassen sich dann ohne weiteres die für die einzelnen Teilstrecken zu wählenden Rohrdurchmesser entsprechend ihrer Wärmeförderung ablesen.

Für den Stromkreis des Heizkörpers O_{II} steht angenähert ein Druck von

$$H_{II} = b h (l_2 + l_9 + h) + h_{II} a_{II}$$

zur Verfügung.

In den für die Stromkreise der Heizkörper O_I und O_{II} gemeinsamen Teilstrecken l_1, l_2, l_7 und l_8 wurden bereits an Druck erforderlich

$$r_I (l_1 + l_2 + l_7 + l_8) \text{ mm WS,}$$

so daß für die Teilstrecken $l_9, l_{10}, l_{11}, l_{12}, l_{13}, l_{14}$ an Druck

$$H_{II} - r_I (l_1 + l_2 + l_7 + l_8)$$

verbleibt und das zulässige Druckgefälle für die Reibung ergibt sich für diese Teilstrecken zu

$$r_{II} = \frac{\frac{H_{II}}{2} - r_I (l_1 + l_2 + l_7 + l_8)}{l_9 + l_{10} + l_{11} + l_{12} + l_{13} + l_{14}} \text{ mm WS.}$$

Für den Stromkreis des Heizkörpers O_{III} erhält man nach Gl. 12 annähernd einen wirksamen Druck von

$$H_{III} = b h (l_2 + l_9 + l_{15}) \text{ mm WS,}$$

das zweite Glied fällt hier fort, da

$$h_{III} = 0 \text{ ist.}$$

In den mit den Stromkreisen der Heizkörper O_I und O_{II} gemeinsamen Teilstrecken wurde vorher an Druck aufgebraucht

$$r_I (l_1 + l_2 + l_7 + l_8) + r_{II} (l_9 + l_{14}) \text{ mm WS,}$$

so daß also für die Teilstrecken $l_{15}, l_{16}, l_{17}, l_{18}, l_{19}$ und l_{20} des Stromkreises III (d. h. des Heizkörpers O_{III}) an Druck noch verbleibt

$$H_{III} - \{r_I (l_1 + l_2 + l_7 + l_8) + r_{II} (l_9 + l_{14})\} \text{ mm WS.}$$

Zahlentafel 3.

Bestimmung der Rohrweiten bei Warmwasserheizungen für ein Temperaturgefälle von 20° in den Heizkörpern.

Reibungs- widerstand r für 1 m Rohr- länge in mm WS.	Stündlich geförderte Wärmemengen in WE bei einer Wassergeschwindigkeit von v in m/sk von einem Rohr vom Durchmesser d =													I	II	
	14	20	25	34	39	49	57	64	70	76	82	88	94	100		
	0,60	680 0,07 740	1800 0,09 2000	3300 0,10 3600	7600 0,12 8200	11000 0,13 12000	20500 0,16 22000	28000 0,16 30000	37000 0,17 41000	48000 0,18 52000	61000 0,19 66000	75000 0,20 82000	92000 0,22 100000	109000 0,22 119000	127000 0,24 138000	I II I
0,70	800 0,08 850	2100 0,10 2200	3900 0,11 4100	8800 0,14 9300	12800 0,15 13400	23000 0,18 24500	32000 0,18 34000	44000 0,19 47000	57000 0,22 60000	71000 0,22 76000	89000 0,24 94000	108000 0,26 114000	127000 0,26 136000	150000 0,28 160000	I II I	
0,80	900 0,09 909	2300 0,11 2300	4300 0,13 4300	9800 0,16 9800	14000 0,17 14000	25500 0,20 25500	36000 0,20 36000	50000 0,22 50000	63000 0,24 63000	80000 0,26 80000	99000 0,26 99000	120000 0,28 120000	144000 0,30 144000	168000 0,30 168000	I II I	
1,00	1000 0,10 1100	2500 0,12 2800	4800 0,14 5250	10800 0,17 12000	15500 0,19 17000	28500 0,22 31500	40000 0,24 44000	54500 0,26 60000	69000 0,28 76000	89000 0,30 98000	110000 0,32 120000	132000 0,34 144000	157000 0,36 172000	185000 0,38 202000	I II I	
1,20	1100 0,11 1150	2800 0,14 3000	5250 0,16 5600	12000 0,20 12500	17000 0,22 18500	31500 0,26 34000	44000 0,28 47000	60000 0,30 64000	76000 0,32 83000	98000 0,34 104000	120000 0,36 129000	144000 0,38 155000	172000 0,40 185000	202000 0,40 218000	I II I	
1,40	1150 0,11 1200	3000 0,15 3200	5600 0,17 5900	12500 0,22 13500	18500 0,24 20000	34000 0,28 36000	47000 0,28 50000	64000 0,30 68000	83000 0,34 88000	104000 0,34 110000	129000 0,36 136000	155000 0,38 165000	185000 0,40 195000	218000 0,40 218000	I II I	
1,60	1200 0,12 1300	3200 0,16 3400	5900 0,18 6200	13500 0,24 14000	20000 0,26 21000	36000 0,30 38000	50000 0,30 52000	68000 0,32 71000	88000 0,36 92000	110000 0,36 117000	136000 0,38 142000	165000 0,40 174000	195000 0,40 195000	218000 0,40 218000	I II I	
1,80	1300 0,13 1450	3400 0,17 3800	6200 0,19 7000	14000 0,24 16000	21000 0,28 23000	38000 0,32 42000	52000 0,30 58000	71000 0,34 79000	92000 0,36 100000	117000 0,38 129000	142000 0,40 150000	174000 0,40 174000	195000 0,40 195000	218000 0,40 218000	I II I	
2,00	1350 0,14 1450	3600 0,17 3800	6600 0,19 7000	15000 0,24 16000	22000 0,28 23000	40000 0,32 42000	55000 0,30 58000	75000 0,34 79000	96000 0,36 100000	123000 0,38 129000	150000 0,40 150000	174000 0,40 174000	195000 0,40 195000	218000 0,40 218000	I II I	
2,20	1450 0,14 1450	3800 0,17 3800	7000 0,20 7000	16000 0,26 16000	23000 0,28 23000	42000 0,34 42000	58000 0,32 58000	79000 0,34 79000	100000 0,38 100000	129000 0,40 129000	150000 0,40 150000	174000 0,40 174000	195000 0,40 195000	218000 0,40 218000	I II I	
2,40	1450 0,14 1450	3800 0,17 3800	7000 0,20 7000	16000 0,26 16000	23000 0,28 23000	42000 0,34 42000	58000 0,32 58000	79000 0,34 79000	100000 0,38 100000	129000 0,40 129000	150000 0,40 150000	174000 0,40 174000	195000 0,40 195000	218000 0,40 218000	I II I	

2,60	1500 0,14	4000 0,18	7300 0,22	16500 0,28	23500 0,28	44000 0,34	61000 0,34	83000 0,36	105000 0,40							I II
2,80	1550 0,15	4150 0,19	7600 0,22	17000 0,28	24000 0,30	46000 0,36	63000 0,36	87000 0,38								I II
3,00	1600 0,15	4300 0,20	8000 0,24	18000 0,30	25000 0,32	48000 0,38	65000 0,38	91000 0,40								I II
3,20	1650 0,16	4500 0,20	8300 0,24	18500 0,30	26000 0,32	50000 0,38	67000 0,38									I II
3,40	1750 0,17	4650 0,20	8500 0,24	19000 0,30	27000 0,34	52000 0,40	70000 0,40									I II
3,60	1800 0,17	4800 0,22	8800 0,26	19500 0,30	28000 0,36											I II
3,80	1850 0,17	4950 0,22	9100 0,26	20000 0,32	29000 0,36											I II
4,00	1900 0,18	5100 0,24	9400 0,28	20500 0,34	30000 0,38											I II
4,20	2000 0,18	5200 0,24	9600 0,28	21000 0,34	31000 0,38											I II
4,40	2050 0,19	5300 0,24	9800 0,28	21500 0,36	32000 0,40											I II
4,60	2100 0,20	5450 0,24	10000 0,28	22000 0,36												I II
4,80	2150 0,20	5600 0,26	10300 0,30	22500 0,38												I II
5,00	2200 0,22	5700 0,26	10500 0,30	23000 0,38												I II
5,50	2300 0,22	6000 0,28	11000 0,32	24500 0,40												I II
6,00	2400 0,22	6300 0,30	11500 0,34													I II
6,50	2500 0,24	6500 0,30	12000 0,36													I II
7,00	2600 0,24	6800 0,30	12500 0,36													I II

Der mittlere Druckabfall für Reibung kann daher in den Teilstrecken 15 bis 19 mit

$$r_{III} = \frac{\frac{H_{III}}{2} - \{r_I (l_1 + l_2 + l_7 + l_8) + r_{II} (l_9 + l_{11})\}}{l_{15} + l_{16} + l_{17} + l_{18} + l_{19} + l_{20}} \text{ mm WS}$$

gewählt werden.

Besteht eine Anlage aus weiteren Stromkreisen, so erfolgt die Bestimmung für die weiteren Stromkreise in der gleichen Weise durch entsprechende Berücksichtigung der jeweiligen vorher gemeinsamen Druckverbrauchsdaten. Die Anwendung dieses näherungsweisen Berechnungsverfahrens wird außerdem in weiteren Beispielen gezeigt werden.

Dieses Näherungsverfahren liefert, wie die folgenden Beispiele zeigen werden durchweg so genaue Werte, daß es für die Bestimmung des Rohrnetzes für einen Entwurfs-Kostenanschlag voll auf genügt. Für die Ausführung einer Anlage ist jedoch eine genaue Durchrechnung der wirksamen Drucke und auftretenden Widerstände unerlässlich.

Beispiel 2.

Für das in Abb. 3 dargestellte Stromnetz einer Wohnungswarmwasserheizung sind die verfügbaren Drucke, die mittleren Druckgefälle für die einzelnen Stromkreise zu berechnen und die erforderlichen Rohrdurchmesser für die Teilstrecken zu bestimmen.

Steigestrang und Rücklaufsammelleitung sollen gegen Wärmeverluste geschützt sein. Wirkungsgrad des Wärmeschutzes $\eta' = 0,6$.

Es mögen sein:

$$\begin{aligned} l_1 = l_3 = 3,0 \text{ m}, l_2 = l_7 = 4,0 \text{ m}, l_4 = l_5 = l_{11} = l_{12} = l_{17} = l_{18} = 0,5 \text{ m}, \\ l_6 = 0,6 \text{ m}, l_8 = 0,8 \text{ m}, l_9 = l_{14} = 5,0 \text{ m}, l_{10} = 2,6 \text{ m}, l_{13} = 1,0 \text{ m}, \\ l_{15} = l_{20} = 6,0 \text{ m}, l_{16} = 2,9 \text{ m}, l_{19} = 0,7 \text{ m}, \\ l_{oI} = l_{oII} = l_{oIII} = 1,0 \text{ m}, l_k = 0,8 \text{ m}, \\ h = 3,4 \text{ m}, h_I = 0,1 \text{ m}, h_{II} = 0,3 \text{ m}, h_{III} = 0 \\ t_a = 95^\circ, \vartheta' = 20^\circ, \end{aligned}$$

ferner wird angenommen

$$t_a \sim 90^\circ \text{ für Eintritt in die Heizkörper } O_I \text{ und } O_{II}$$

$$t_a \sim 85^\circ \text{ „ „ „ den Heizkörper } O_{III}.$$

Wärmeabgabe der Heizkörper O_I , O_{II} und O_{III} je 2500 WE/st.

Da etwa die Hälfte eines jeden Stromkreises gegen Wärmeverluste geschützt ist, so ist nach Gl. 12a

$$1 - \frac{\eta}{2} = 1 - \frac{0,6}{4} = 0,85$$

zu setzen und die Druckgleichung erhält hier den b-Wert zu $0,4 \cdot 0,85 = 0,34$.

Die Gl. 12 lautet also für den vorliegenden Fall

$$H = 0,34 h (1 + h) \pm a h,$$

Stromkreis des Heizkörpers O_I .

Verfügbarer Druck (angenähert!)

$$H_I = 0,34 \cdot 3,4 (4 + 3,4) - 0,1 \cdot 12,5 = 7,3 \text{ mm WS.}$$

Für Reibung verfügbarer Druck

$$R_I = \frac{H_I}{2} = \frac{7,3}{2} = 3,6 \text{ mm WS.}$$

Länge der Teilstrecken 1 bis 8 = 16,4 m.

Mittlerer Druckabfall in den Teilstrecken 1 bis 8

$$r_I = \frac{3,6}{16,4} = 0,22 \text{ mm WS/1 m.}$$

Anzunehmende Rohrdurchmesser nach Z.-T. 1: Teilstrecken 1, 2, 7, 8 mit je 7500 WE stündlicher Wärmeförderung sind mit

$$d_1 = d_2 = d_7 = d_8 = 49 \text{ mm,}$$

die Teilstrecken 3, 4, 5, 6 mit je 2500 WE stündlicher Wärmeförderung mit

$$d_3 = d_4 = d_5 = d_6 = 34 \text{ mm}$$

zu wählen.

Stromkreis des Heizkörpers O_{II} .

Verfügbarer wirksamer Druck nach Gl. 12

$$H_{II} = 0,34 \cdot 3,4 (4,0 + 5,0 + 3,4) + 0,3 \cdot 12,5 = 18,0 \text{ mm WS.}$$

Für Reibung können

$$R_{II} = \frac{18,0}{2} = 9,0 \text{ mm WS}$$

verbraucht werden.

Für die Teilstrecken 9 bis 14 verfügbar

$$9,0 - 0,22 (3,0 + 4,0 + 4 + 0,8) = 6,4 \text{ mm WS.}$$

Zulässiges Druckgefälle in den Teilstrecken 9 bis 14

$$r_{II} = \frac{6,4}{5,0 + 2,6 + 2 \cdot 0,5 + 1,0 + 5,0} = 0,44 \text{ mm WS/1 m.}$$

Da die Teilstrecken 9 und 14 je 5000 WE/st zu fördern haben; sind deren Durchmesser nach Z.-T. 1 mit 34 mm zu wählen.

$$d_9 = d_{14} = 34 \text{ mm.}$$

Die Teilstrecken 10 bis 13 haben je 2500 WE/st zu fördern, deren Durchmesser sind mithin mit

$$d_{10} = d_{11} = d_{12} = d_{13} = 25 \text{ mm}$$

bei 0,4 mm Druckabfall je m zu wählen.

Stromkreis des Heizkörpers O_{III} .

Wirksamer Druck angenähert

$$H_{III} = 0,34 \cdot 3,4 (4,0 + 5,0 + 6,0 + 3,4) = 21,3 \text{ mm WS.}$$

Für Reibung verfügbar

$$R_{III} = \frac{21,3}{2} = 10,7 \text{ mm WS.}$$

In den gemeinsamen Teilstrecken 1, 2, 9, 14, 7, 8 wurde bereits verbraucht

$$0,22 (3,0 + 4,0 + 4,0 + 0,8) + 0,44 (5,0 + 5,0) = 7,0 \text{ mm WS.}$$

Für die Strecken 15 bis 20 verbleiben mithin

$$10,7 - 7,0 = 3,7 \text{ mm WS.}$$

Der mittlere Druckabfall kann in den Strecken 15 bis 20 mit

$$r_{III} = \frac{3,7}{6,0 + 2,9 \cdot 2 \cdot 0,5 + 0,7 + 6,0} = 0,22 \text{ mm WS/1 m}$$

gewählt werden.

Die Teilstrecken 15 bis 20 haben je 2500 WE/st zu fördern und ihr Durchmesser ist daher mit

$$d_{15} = d_{16} = d_{17} = d_{18} = d_{19} = 34 \text{ mm}$$

anzunehmen.

d) Bestimmung der Wasserabkühlung im Rohrsystem.

Nach der Festlegung der Rohrdurchmesser mit Hilfe des im Abschnitt γ) angegebenen Näherungsverfahrens erfolgt die Bestimmung der Wassertemperaturen an den einzelnen Temperaturpunkten. Unter einem Temperaturpunkt ist jeder Anfangs- und Endpunkt einer wagerechten oder senkrechten Teilstrecke mit gleichbleibenden Wassermengen- bzw. Wärmemengendurchfluß zu verstehen.

In dem durch Abb. 1 dargestellten Stromkreise sind die mit den Buchstaben A bis K bezeichneten Punkte als Temperaturpunkte anzusehen.

Bezeichnet man mit

w' die Wärmeabgabe in WE/st eines Rohres von 1 m Länge,
 w die Wärmeabgabe in WE/st eines Rohres von 1 m Länge, wobei also $w = 1 w'$,

D den äußeren Durchmesser des Rohres in m,

k die Wärmedurchgangszahl WE/qm/1⁰/st,

t_m die mittlere Wassertemperatur in dem Rohr in ⁰ C,

t_r die Raumtemperatur in ⁰ C,

$\vartheta_0 = t_m - t_r$, den Temperaturunterschied zwischen der Wassertemperatur und der Lufttemperatur, so ist

$$w = \pi D l k (t_m - t_r) = \pi D l k \vartheta_0 \quad (15)$$

Da in Warmwasserheizungen jede Wärmeabgabe mit einer Änderung der Wassertemperatur verbunden ist und die Wärmedurchgangszahl k nicht gleich bleibt, sondern von der Höhe des Temperaturunterschiedes $\vartheta_0 = t_m - t_r$ und dem Rohrdurchmesser D abhängt, so soll für diese Abhängigkeit zunächst eine analytische Lösung versucht werden.

Rietschel gibt in seinem Leitfaden in Zahlentafel 15 eine Auswahl von Versuchswerten für k bei verschiedenen Rohrdurchmessern und den Temperaturunterschieden zwischen Wasser und Luft. Unter Benutzung dieser Versuchswerte und eigener Versuchswerte kann man k etwa durch die Exponentialgleichung

$$k = \frac{\vartheta_0^{0,42}}{D^{0,21}} \quad (16)$$

ausdrücken.

Setzt man jetzt den Wert für k aus Gl. 16 in Gl. 15 ein, so erhält man für w

$$w = \pi D l \frac{\vartheta_0^{0,42}}{D^{0,21}} = \pi D^{0,79} \vartheta_0^{1,42} \quad (17)$$

Die Werte für w' sind für Rohrdurchmesser von 14 bis 100 mm lichter Weite und für die Temperaturunterschiede ϑ_0 von 26 bis 105° in der Zahlentafel 4 zusammengestellt.

Ist weiterhin

τ die Abkühlung des Wassers in der betrachteten Teilstrecke in ° C,

q die durch die Teilstrecke hindurchfließende Wassermenge in l/st,

W die Wärmeabgabe der von der Teilstrecke versorgten Heizkörper in WE/st,

ϑ' das Temperaturgefälle in den Heizkörpern,

so bestehen folgende Beziehungen:

$$q = \frac{W}{\vartheta'} \quad (18)$$

$$\tau = \frac{w}{q} = \frac{l w'}{q} = \frac{l w'}{\frac{W}{\vartheta'}} = \frac{l w' \vartheta'}{W} \quad (19)$$

d. h. man erhält die Abkühlung des Wassers in einer Teilstrecke, wenn man die Wärmeabgabe dieser Teilstrecke durch die hindurchfließende Wassermenge dividiert.

$w' = F k \vartheta$

$k = \frac{\vartheta_0^{0,42}}{D^{0,21}} \text{ (D in m)}$

$w = \pi D \frac{\vartheta_0^{0,42}}{D^{0,21}} \vartheta_0 = \pi D^{0,79} \vartheta_0^{1,42}$

Wärmeabgabe w in WE/st eines nicht iso-

Zahlen-
tafel 4.

lierten Rohres von 1 m Länge bei Schwerkraft-Warmwasserheizung.

Temperatur- gefälle zwischen Wasser und Luft $\vartheta_0 =$	14	20	25	34	39	49	57	64/70	76	82	88	94	100	d (mm)
	21	26	33	42	48	59	63	76	83	89	95	102	108	D (mm)
	0,064	0,083	0,104	0,132	0,150	0,185	0,200	0,239	0,261	0,280	0,299	0,320	0,329	F (qm)
105°	110	131	157	191	212	249	263	303	326	345	361	384	400	
104	109	129	155	188	209	246	260	298	322	340	356	379	394	
103	107	127	153	185	206	242	256	294	317	335	351	374	389	
102	106	125	151	183	203	239	253	290	313	331	346	369	384	
101	104	124	149	180	200	236	249	286	309	326	342	364	379	
100	103	122	147	178	197	232	246	282	305	322	337	359	374	
99	101	120	145	175	194	229	242	278	300	317	332	353	368	
98	100	118	143	173	191	226	238	274	296	312	327	348	363	
97	99	117	141	170	189	223	235	270	292	308	323	343	358	
96	97	115	138	168	186	219	232	266	287	303	318	338	353	
95	96	113	136	165	183	216	228	262	283	299	313	333	347	
94	94	112	134	163	180	213	225	258	279	294	308	328	342	
93	93	110	132	160	178	210	222	254	275	290	304	323	337	
92	91	108	130	158	175	206	218	250	270	285	299	318	332	
91	90	106	128	155	172	203	215	246	266	281	294	313	326	
90	88	105	126	153	170	200	211	243	262	276	290	308	321	
89	87	103	124	150	167	197	208	239	258	272	285	303	316	
88	86	101	122	148	164	193	205	235	254	268	280	299	311	
87	84	100	120	146	162	190	201	231	250	264	276	294	306	
86	83	98	118	143	159	187	198	228	246	259	272	289	301	
85	82	97	116	141	157	184	195	224	242	255	267	284	296	
84	80	95	114	139	154	181	192	220	238	251	263	280	291	
83	79	93	112	136	151	178	189	216	234	247	258	275	286	
82	78	92	110	134	149	175	185	213	230	243	254	270	282	
81	76	90	109	132	146	172	182	209	226	238	250	266	277	
80	75	89	107	130	144	169	179	206	222	234	245	261	272	
79	74	87	105	127	141	166	176	202	218	230	241	256	267	
78	72	86	103	125	138	163	173	198	214	226	236	252	262	
77	71	84	101	123	136	160	169	195	210	222	232	247	258	
76	70	82	99	120	133	157	166	191	206	218	228	243	253	
75	68	81	98	118	131	154	163	188	202	214	224	238	248	
74	67	79	96	116	128	151	160	184	198	210	220	234	243	
73	66	78	94	114	126	149	157	181	195	206	215	229	239	
72	64	76	92	112	124	146	154	177	191	202	211	225	234	
71	63	75	90	109	121	143	151	173	187	198	207	220	229	
70	62	73	88	107	119	140	148	170	184	194	203	216	225	
69	61	72	87	105	116	137	145	166	180	190	199	211	220	
68	59	70	85	103	114	134	142	163	176	186	195	207	216	
67	58	69	83	100	111	131	139	160	172	182	190	203	211	
65	57	67	81	98	109	129	136	156	168	178	186	198	207	

Temperatur- gefälle zwischen Wasser und Luft $\vartheta_0 =$	14	20	25	34	39	49	57	64/70	76	82	88	94	100	d (mm)
	21	26	33	42	48	59	63	76	83	89	95	102	108	D (mm)
	0,064	0,083	0,104	0,132	1,150	0,185	0,200	0,239	0,261	0,280	0,299	0,320	0,329	F (qm)
65°	56	66	79	96	107	126	133	153	165	174	182	194	203	
64	55	65	78	94	104	123	130	150	161	170	178	190	198	
63	53	63	76	92	102	120	127	146	157	166	174	185	194	
62	52	62	74	90	100	118	124	143	154	163	170	181	189	
61	51	60	72	88	97	115	121	140	151	159	166	177	185	
60	50	59	71	86	95	112	119	136	147	155	162	173	180	
59	49	58	69	84	93	110	116	133	144	152	159	169	176	
58	47	57	68	82	91	107	113	130	140	148	155	165	172	
57	46	55	66	80	89	104	110	127	137	145	151	161	168	
56	45	53	64	78	86	102	108	124	133	141	147	157	164	
55	44	52	63	76	84	99	105	121	130	138	144	153	160	
54	43	51	61	74	82	97	102	118	127	134	140	149	156	
53	42	49	60	72	80	94	100	115	124	131	137	145	152	
52	41	48	58	70	78	92	97	112	121	127	133	141	148	
51	40	47	57	69	76	90	94	109	118	124	130	138	144	
50	38	46	55	67	74	87	92	106	114	120	126	134	140	
49	37	44	53	65	72	85	89	103	111	117	123	130	136	
48	36	43	52	63	70	82	87	100	108	114	119	127	132	
47	35	42	50	61	68	80	85	97	105	111	116	123	128	
46	34	40	49	59	66	77	82	94	101	107	113	119	124	
45	33	39	47	57	64	75	80	91	98	104	109	116	120	
44	32	38	46	56	62	73	77	88	95	100	105	112	117	
43	31	37	44	54	60	70	75	85	92	97	102	108	113	
42	30	36	43	52	58	68	72	82	89	94	99	105	109	
41	29	34	41	50	56	66	69	80	86	91	95	101	105	
40	28	33	40	49	54	64	67	77	83	88	92	98	102	
39	27	32	39	47	52	61	65	74	80	85	89	94	98	
38	26	31	37	45	50	59	62	72	77	82	86	91	95	
37	25	30	36	43	48	57	60	69	74	79	82	88	91	
36	24	28	34	42	46	54	58	66	71	75	79	84	87	
35	23	27	33	40	44	52	55	64	69	72	76	81	84	
34	22	26	32	39	43	50	53	61	66	70	73	78	81	
33	21	25	31	37	41	48	51	59	63	67	70	75	78	
32	20	24	29	35	39	46	49	56	61	64	67	72	75	
31	20	23	28	34	37	44	47	54	58	61	64	68	71	
30	19	22	27	32	36	42	45	51	55	59	61	65	68	
29	18	21	25	31	34	40	43	49	53	56	59	62	65	
28	17	20	24	30	33	39	41	47	51	54	56	60	62	
27	16	19	23	28	31	37	39	45	48	51	53	57	59	
26	15	18	22	27	29	35	37	42	45	48	50	54	56	

Die Anwendung der Zahlentafel 4 und der Gl. 19 soll sofort in einem Übungsbeispiele gezeigt werden.

Beispiel 3.

An dem in Abb. 2 dargestellten Stromkreise einer Stockwerks-Warmwasserheizung sollen die Wassertemperaturen an den einzelnen Temperaturpunkten bestimmt werden.

Als Raumtemperatur t_o ist durchweg 20^0 anzunehmen. Im Übrigen gelten die im Beispiel 1 angegebenen bzw. errechneten Werte.

Die Rohrdurchmesser werden danach durchweg mit 34 mm gewählt.

Teilstrecke 1.

Anfangstemperatur $t_{a1} = 90^0$.

$$l_1 = 2,6 \text{ m, } w' \text{ für } \vartheta_o = 90 - 20 = 70^0 \text{ nach Z.-T. 4} = 107$$

$$W = 3000, \vartheta' = 85 - 65 = 20^0 \text{ (Annahme!)}$$

Es ist dann

$$w = lw' = 2,6 \cdot 107 = 278 \text{ WE/st}$$

$$q = \frac{3000}{20} = 150 \text{ l}$$

$$\tau_1 = \frac{w}{q} = \frac{278}{150} = 1,85^0 \sim 1,8^0.$$

Die Temperatur am Ende der Teilstrecke ist mithin

$$t_{a1} = t_a - \tau_1 = 90 - 1,8 = 88,2^0.$$

Teilstrecke 2.

$$t_{a2} = 88,2, l_2 = 5 \text{ m, } w' \text{ für } \vartheta_o = 88 - 20 = 68^0 \text{ nach Z.-T. 4} = 103,$$

$$\text{also } w = 5 \cdot 103 = 515 \text{ WE/st}$$

$$\tau_2 = \frac{515}{150} = 3,4^0$$

$$t_{e2} = 88,2 - 3,4 = 84,8^0.$$

Teilstrecke 3.

$$t_{a3} = 84,8^0, l_3 = 2,4 \text{ m, } w' = 96 \text{ (für } 85 - 20^0 = 65^0 \text{ Temperaturgefälle)}$$

$$w = 2,4 \cdot 96 = 231 \text{ WE/st}$$

$$\tau_3 = \frac{231}{150} = 1,5^0$$

$$t_{e3} = 84,8 - 1,5 = 83,3^0.$$

Teilstrecke 4.

$$t_{a4} = 83,3^{\circ}, l_4 = 0,5 \text{ m}, w' = 92 \text{ WE/st/1 m}, \vartheta_o = 83 - 20 = 63^{\circ},$$

$$w = 0,5 \cdot 92 = 46 \text{ WE/st}$$

$$\tau_4 = \frac{46}{150} = 0,3^{\circ}$$

$$t_{e4} = 83,3 - 0,3 = 83,0^{\circ}$$

t_{e4} ist zugleich t_{a0} d. h. Eintrittstemperatur (Anfangstemperatur) für Heizkörper O.

Die Heizkörperaustrittstemperatur dann, da $\vartheta' = 20^{\circ}$

$$t_{e0} = 83,0 - 20 = 63,0^{\circ} = t_{a5}.$$

Teilstrecke 5.

$$t_{a5} = 63,0^{\circ}, l_5 = 0,5 \text{ m}, w' = 54 \text{ WE/st (für } \vartheta_o = 43^{\circ})$$

$$w = 0,5 \cdot 54 = 27 \text{ WE/st}$$

$$\tau_5 = \frac{27}{150} = 0,2^{\circ}$$

$$t_{e5} = 63,0 - 0,2 = 62,8^{\circ}.$$

Teilstrecke 6.

$$t_{a6} = 62,8^{\circ}, l_6 = 0,5 \text{ m}, w' = 54 \text{ WE/st (für } \vartheta_o = 43^{\circ})$$

$$w = 0,5 \cdot 54 = 27 \text{ WE/st}$$

$$t_6 = \frac{27}{150} = 0,2^{\circ}$$

$$t_{e6} = 62,8 - 0,2 = 62,6^{\circ}.$$

Teilstrecke 7.

$$t_{a7} = 62,6^{\circ}, l_7 = 5 \text{ m}, w' = 54 \text{ WE/st (für } \vartheta_o = 43^{\circ})$$

$$w = 5 \cdot 54 = 270 \text{ WE/st}$$

$$t_7 = \frac{270}{150} = 1,8^{\circ}$$

$$t_{e7} = 62,6 - 1,8 = 60,8^{\circ}.$$

Teilstrecke 8.

$$t_{a8} = 60,8^{\circ}, l_8 = 0,5 \text{ m}, w' = 50 \text{ WE/st (für } \vartheta_o = 41^{\circ})$$

$$w = 0,5 \cdot 50 = 25 \text{ WE/st}$$

$$\tau_8 = \frac{25}{150} = 0,2^{\circ}$$

$$t_{e8} = 60,8 - 0,2 = 60,6^{\circ}.$$

t_{e8} ist zugleich Eintrittstemperatur des Wassers in den Kessel. Der Kessel hat also die Wassermenge $q = 150 \text{ l}$ in der Stunde von $60,6$ auf 90° zu erwärmen, oder eine Wärmemenge von

$$150 (90 - 60,6) \cdot 1 = 4410 \text{ WE/st.}$$

zu leisten. Die sogenannten Rohrverluste betragen hier also fast 50 v. H. der nutzbaren Wärmeleistung des Heizkörpers.

Bei der vorhergehenden Temperaturbestimmung wurde der Einfachheit halber für die Annahme des w' -Wertes nur der Temperaturunterschied ϑ_0 berücksichtigt, der am Anfang der Teilstrecke vorhanden war. Genau genommen, mußte zur Bestimmung des w' -Wertes die mittlere Temperatur der Teilstrecke zugrunde gelegt werden. Für längere Teilstrecken ist eine solche Bestimmung selbstverständlich vorzuziehen, für kürzere Teilstrecken (bis etwa 5 m Länge) kann jedoch von der Bestimmung des Temperaturgefälles zwischen mittlerer Wassertemperatur und Lufttemperatur abgesehen werden, da der τ -Wert hierdurch allgemein nur unwesentlich verändert wird.

Man muß in diesem Falle die Abkühlung annehmen und durch Nachrechnung prüfen, ob Annahme und Rechnung stimmen.

Wir wollen die in Beispiel 3 bestimmten Temperaturen an den Temperaturpunkten durch Einführung der mittleren Wassertemperaturen nachprüfen.

Teilstrecke 1.

$$t_{a1} = 90^{\circ}, t'_{e1} = 88,2^{\circ} \text{ (Annahme)}$$

$$\vartheta_{01} = \frac{90 + 88}{2} - 20 = 69^{\circ}$$

$$w' = 105, w = 2,6 \cdot 105 = 273$$

$$\tau_1 = \frac{273}{150} = 1,8^{\circ}$$

$$t_{e1} = 90 - 1,8 = 88,2^{\circ} \text{ (wie angenommen).}$$

Teilstrecke 2.

$$t_{a2} = 88,2^{\circ}, t'_{e2} = 84,8^{\circ}, \vartheta_{02} = \frac{88,2 + 84,8}{2} - 20 = 86,5 - 20 = 66,5 \sim 67^{\circ}$$

$$w' = 100 \text{ WE/st}, w = 5 \cdot 100 = 500 \text{ WE/st}$$

$$\tau_2 = \frac{500}{150} = 3,3^{\circ}$$

$$t_{e2} = 88,2 - 3,3 = 84,9^{\circ} \text{ (angenommen } 84,8^{\circ}\text{).}$$

Teilstrecke 3.

$$t_{a3} = 84,8^{\circ}, t'_{e3} = 83,3^{\circ}, \vartheta_{03} = 84,0 - 20 = 64^{\circ}$$

$$w' = 94, w = 2,4 \cdot 94 = 226 \text{ WE/st}$$

$$\tau_3 = \frac{226}{150} = 1,5^{\circ}$$

$$t_{e3} = 84,8 - 1,5 = 83,3^{\circ} \text{ (wie angenommen!).}$$

Teilstrecke 4.

$$\begin{aligned}
 t_{n4} &= 83,3^{\circ}, t'_{e4} = 83^{\circ}, \vartheta_{o4} = 63^{\circ} \\
 w' &= 92, w = 0,5 \cdot 92 = 46 \\
 r_4 &= \frac{46}{150} = 0,3^{\circ} \\
 t_{e4} &= 83,3 - 0,3 = 83,0^{\circ} \text{ (wie angenommen!)}.
 \end{aligned}$$

Mit Ausnahme der Teilstrecke 2, bei der eine um $0,1^{\circ}$ kleinere Abkühlung auftritt, bleiben bei allen anderen Teilstrecken die aus dem Anfangsgefälle ϑ_o errechneten Abkühlungen gleich denjenigen aus dem mittleren Gefälle errechneten.

Da man es in den weitaus meisten Fällen in Wohnungs-Warmwasserheizungen mit Teilstrecken zu tun hat, die selten länger als 5 m sind, so ist der Fehler, der gemacht werden kann, wenn man nicht die mittlere Temperatur der Teilstrecke, sondern nur die Anfangstemperatur zugrunde legt, so gering, daß es auch schon mit Rücksicht auf die Vereinfachung der Rechnung, in Kauf genommen werden kann, wenn man andererseits berücksichtigt, daß der k-Wert auch nur einen mittleren Wert darstellt, der neben der Abhängigkeit vom Temperaturgefälle zwischen Wasser und Luft und dem Rohrdurchmesser, auch noch von der Lage des Rohres im Raume, vom Anstrich des Rohres, vom Anstrich bzw. von der Beschaffenheit und der Temperatur der Raumwände, von der Luftbewegung abhängig ist die den k-Wert je nach deren Zusammenfallen um 10 v. H. und mehr nach oben oder unten verändern können.

Nehmen wir an, daß der k-Wert für die Teilstrecke 1 um 10 v. H. größer ist, als nach Z.-T. 4 berechnet, dann ist $\vartheta_o = 69^{\circ}$ (angenommen!), $w' = 1,1 \cdot 105 = 115$ WE/st

$$w = 2,6 \cdot 115 = 299 \text{ WE/st}$$

$$r_1 = \frac{299}{150} = 2^{\circ}$$

$$t_{e1} = 90 - 2 = 88^{\circ} \text{ (Unterschied } 0,2^{\circ}\text{)}.$$

Es empfiehlt sich, die errechneten Teilstreckentemperaturen tabellenmäßig etwa in umstehender Weise zusammenzustellen.

Aus den in Beispiel 3 errechneten Wassertemperaturen gehen die bei wärmeungeschützten Rohren auftretenden erheblichen Abkühlungsverluste hervor und es ist in jedem einzelnen Falle genau zu prüfen, ob die Verluste gegebenenfalls zu vermindern sind. Liegen sämtliche Rohre in geheizten Räumen, so erübrigt sich eine Schutzumhüllung gegen Wärmeverluste, da die Rohrabkühlung in diesem Falle als Heizwirkung betrachtet werden kann und bei der Bemessung der Heizfläche berücksichtigt werden sollte.

Zusammenstellung der Wassertemperaturen
für den Stromkreis nach Abb. 2 (Beispiel 3).

Teil- strecke	W	q	l	d	t _a	t _r	θ _o	w'	$\frac{w}{l w'}$	τ	t _e	Bemerkungen
	WE/st	l/st	m	mm	°C	°C	°C	WE/st	WE/st	°C	°C	
1	3000	150	2,6	34	90	20	70	107	278	1,8	88,2	
2	"	"	5,0	"	88,2	"	68	103	515	3,4	84,8	
3	"	"	2,4	"	84,8	"	65	96	231	1,5	83,3	
4	"	"	0,5	"	83,3	"	63	92	46	0,3	83,0	
0	"	"	1,0	—	83,0	"	63	—	3000	20,0	63,0	
5	"	"	0,5	34	63,0	"	43	54	27	0,2	62,8	
6	"	"	0,5	"	62,8	"	43	54	27	0,2	62,6	
7	"	"	5,0	"	62,6	"	43	54	270	1,8	60,8	
8	"	"	0,5	"	60,8	"	41	50	25	0,2	60,6	
k	"	"	0,8	—	60,6	"	41	—	4419	29,4	90,0	

Liegen die Leitungen teilweise in ungeheizten Räumen, oder in nur schwach geheizten Räumen, z. B. im Keller (Rückleitung der Erdgeschloßheizung), in der Küche oder in Fluren, so wird man eine wärmeschützende Umhüllung (Isolierung) für diese Rohre vorsehen müssen.

Beispiel 4.

Der in der Abb. 2 dargestellte Stromkreis soll für den Steigestrang 1 und die wagerechte Rückleitung mit Kesselanschluß einen Wärmeschutz (eine Isolierung) erhalten, dessen Wirkungsgrad etwa 60 v. H. beträgt, d. h. der Wärmeschutz vermindere die Wärmeabgabe der nackten Rohre um 60 v. H.

Die Bestimmung der Temperaturen geschieht auf genau gleiche Weise wie im Beispiel 3, so daß hier nur eine Zusammenstellung gebracht werden soll.

Zusammenstellung der nach Beispiel 4
berechneten Wassertemperaturen für den Stromkreis nach Abb. 2.

Teil- strecke	W	q	l	d	t _a	t _r	θ _o	w'	w	τ	t _e	Bemerkungen
	WE/st	l/st	m	mm	°C	°C	°C	WE/st	WE/st	°C	°C	
1	3000	150	2,6	34	90	20	70	43	112	0,7	89,3	w'=107·0,4=43 η=0,6, 1-η=0,4
2	"	"	5,0	"	89,3	"	69	105	525	3,5	85,8	
3	"	"	2,4	"	85,8	"	66	98	235	1,6	84,2	
4	"	"	0,5	"	84,2	"	64	94	47	0,3	83,9	
0	"	"	1,0	—	83,9	"	64	—	3000	20,0	63,9	
5	"	"	0,5	34	63,9	"	64	56	28	0,2	63,7	
6	"	"	0,5	"	63,7	"	64	56	28	0,2	63,5	
7	"	"	5,0	"	63,5	"	64	38	190	1,3	62,2	w'=94·0,4=38 θ _o =64°, t _r =0°
8	"	"	0,5	"	62,2	"	62	36	18	0,1	62,1	w'=90·0,4=36 θ _o =62°, t _r =0°
k	"	"	0,8	—	62,1	"	62	—	4183	27,9	90	

Der Vollständigkeit halber wollen wir in einem weiteren Beispiel die Temperaturen des Stromkreises nach Abb. 2 und nach den im Beispiel 1 berechneten Rohrdurchmessern bestimmen, wenn sämtliche Rohre bis auf die Anschlußleitungen gegen Wärmeverluste geschützt werden.

Beispiel 5.

Das in Abb. 2 dargestellte Rohrnetz ist bis auf die beiden Anschlußteilstrecken 4 und 5 gegen Wärmeverluste geschützt. Der Schutz vermindere die Wärmeabgabe um 60 v. H. gegenüber nackten Rohren.

Zusammenstellung der nach Beispiel 5 berechneten Wassertemperaturen für den Stromkreis nach Abb. 2.

Teilstrecke	W	q	l	d	t _a	t _r	θ ₀	w'	w	τ	t _e	Bemerkungen
	WE/st	l/st	m	mm	°C	°C	°C	WE/st	WE/st	°C	°C	
1	3000	150	2,6	34	90	20	70	43	112	0,7	89,3	w'=107·0,4=43
2	"	"	5,0	"	89,3	"	69	42	210	1,4	87,9	w'=105·0,4=42
3	"	"	2,4	"	87,9	"	68	41	98	0,7	87,2	w'=103·0,4=41
4	"	"	0,5	"	87,2	"	67	100	50	0,3	86,9	ungeschützt
0	"	"	1,0	—	86,9	"	67		3000	20	66,9	
5	"	"	0,5	34	66,9	"	47	61	31	0,2	66,7	
6	"	"	0,5	"	66,7	"	47	24	12	0,1	66,6	w'=61·0,4=24
7	"	"	5,0	"	66,6	0	67	40	200	1,3	65,3	w'=100·0,4=40
8	"	"	0,5	"	65,3	"	65	38	19	0,1	65,2	w'=96·0,4=38
k	"	"	0,8	—	65,2				3732	24,8	90,0	

Vorstehende Zusammenstellung läßt erkennen, daß auch bei geschützten Rohren die Rohrabkühlung im Rohrnetze einer Etagenheizung erheblich größere Wärmeverluste ergibt, als dies gemeiniglich durch die üblichen Zuschläge berücksichtigt wird. Die Fälle sind deshalb recht häufig, daß eine Stockwerksheizung infolge zu knapp bemessener Kesselheizfläche ungenügende Heizwirkungen zeigt.

Der Zuschlag für Rohrverluste sollte bei der Berechnung der Kesselheizfläche für den Entwurf mit mindestens 20 v. H., bei ungeschützten Rohren mit mindestens 40 v. H. der Gesamtwärmemenge in Rechnung gestellt werden.

Ferner wird noch hervorgehoben, daß für die genauere Berechnung des Rohrnetzes (für die Ausführung) die Berücksichtigung der Rohrabkühlung auch im Rücklauf unerlässlich ist, da auch diese Abkühlung einen gewissen Einfluß auf den Wert des erreichbaren Umtriebsdruckes ausübt.

Beispiel 6.

Für das in Abb. 3 dargestellte Rohrnetz sind die Temperaturen für die einzelnen Temperaturpunkte der Teilstrecken zu bestimmen.

Der Steigestrang 1 und die Rücklaufleitungen 6, 7, 8, 13, 14, 19, 20 sind gegen Wärmeverluste geschützt. Wirkungsgrad des Wärmeschutzes 60 v. H. Rückleitung liegt unter Kellerdecke, alle übrigen Rohrleitungen in Räumen von 20°.

Berechnung mit Hilfe der Zahlentafel 4 wie im Beispiel 3, so daß hier nur die Ergebnisse in einer Zusammenstellung niedergelegt werden brauchen.

Zusammenstellung der für Beispiel 6 berechneten Wassertemperaturen für das Stromnetz nach Abb. 3.

Teil- strecke	W	q	l	d	t _a °C	t _r	θ _o	w'	$\frac{w}{l w'}$	τ	t _e	Bemerkungen
1	7500	375	3,0	49	95,0	20	75	62	186	0,5	94,5	153 · 0,4 = 62
2	7500	"	4,0	49	94,5	"	74	151	604	1,6	92,9	
3	2500	125	3,0	34	92,9	"	73	114	342	2,7	90,2	Stromkreis des Heizkörpers O _I
4	"	"	0,5	"	90,2	"	70	107	54	0,1	90,1	
O _I	"	"	1,0	"	90,1	"	—	—	2500	20,0	70,1	
5	"	"	0,5	34	70,1	"	50	67	34	0,1	70,0	
6	"	"	0,6	"	70,0	"	0	70	26	0,1	69,9	107 · 0,4 = 43
9	5000	250	5,0	39	92,9	20	73	126	630	2,5	90,4	109 · 0,4 = 44
10	2500	125	2,6	25	90,4	"	70	88	229	0,9	89,5	
11	"	"	0,5	"	89,5	"	69	87	44	0,2	89,3	Stromkreis des Heizkörpers O _{II}
O _{II}	"	"	1,0	"	89,3	"	69	—	2500	20,0	69,3	
12	"	"	0,5	25	69,3	"	49	53	27	0,1	69,2	
13	"	"	1,0	"	69,2	"	0	69	18	0,1	69,1	
15	2500	125	6,0	25	90,4	20	70	88	528	4,2	86,2	78 · 0,4 = 31
16	"	"	2,9	"	86,2	"	66	81	235	1,9	84,3	
17	"	"	0,5	"	84,3	"	64	78	39	0,3	84,0	Stromkreis des Heizkörpers O _{III}
O _{III}	"	"	1,0	"	84,0	"	64	—	2500	20,0	64,0	
18	"	"	0,5	25	64,0	"	44	46	23	0,2	63,8	
19	"	"	0,7	"	63,8	"	0	64	22	0,2	63,6	
20	"	"	6,0	"	63,6	"	0	64	186	1,5	62,1	78 · 0,4 = 31
14	5000	250	5,0	39	65,7	0	66	44	220	0,9	64,8	$t_{a14} = \frac{125 \cdot 62,1 + 125 \cdot 69,1}{250} = 65,70$
7	7500	375	4,0	49	66,6	0	67	52	208	0,6	66,0	109 · 0,4 = 44
8	7500	"	0,8	49	66,0	0	66	43	35	0,1	65,9	$t_{a7} = \frac{250 \cdot 64,8 + 125 \cdot 69,9}{375} = 66,60$
K	"	"	0,8	—	65,9				11190	29,1	95,0	131 · 0,4 = 52

Die Gesamtwärmeerzeugung des Kessels muß um

$$\frac{11190 - 7500}{7500} \cdot 100 = \sim 49 \text{ v. H.}$$

größer sein, als die Nutzwärmeleistung der Heizkörper.

Bei der Bestimmung der Anfangstemperaturen der Rücklauf-teilstrecken 14 und 7 ist zu beachten, daß die Anfangstemperatur für die Teilstrecke 14 als Mischwassertemperatur aus den Endtemperaturen der Strecken 13 und 20, die Anfangstemperatur der Teilstrecke 7 als Mischtemperatur aus den Endtemperaturen der Strecken 6 und 14 hervorgeht nach der Mischungsgleichung

$$t_{a_{14}} = \frac{q_{13} t_{e_{13}} + q_{20} t_{e_{20}}}{q_{13} + q_{20}}, \quad t_{a_7} = \frac{q_6 t_{e_6} + q_{14} t_{e_{14}}}{q_6 + q_{14}}$$

$$\text{oder } t_{a_{14}} = \frac{W_{13} t_{e_{13}} + W_{20} t_{e_{20}}}{W_{13} + W_{20}}, \quad t_{a_7} = \frac{W_6 t_{e_6} + W_{14} t_{e_{14}}}{W_6 + W_{14}}$$

ε) Bestimmung des wirksamen Druckes.

Der wirksame Druck eines Stromkreises kann für die Geschwindigkeitsverhältnisse in Etagenheizungen mit hinreichender Genauigkeit durch Gegenüberstellung der Wassergewichte in dem aufsteigenden Kesselstrang und dem fallenden Heizkörperstrang ermittelt werden.

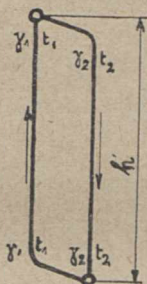


Abb. 4.

Bezeichnet in der Abb. 4

t' die mittlere Temperatur bzw. γ' das mittlere Wassergewicht im aufsteigenden Rohre eines verbundenen Rohrsystems,

t'' die mittlere Temperatur bzw. γ'' das mittlere Wassergewicht im absteigenden Rohre eines verbundenen Rohrsystems,

h' die Höhe des Rohrsystems,

so kann der wirksame Druck (oder die Druckhöhe im landläufigen Sinne) H durch die Gleichung

$$H = (\gamma'' - \gamma') h' \quad (20)$$

ausgedrückt werden.

Besteht der eine Schenkel aus den Teillängen l_1, l_2, l_3, \dots mit den Anfangs- und Endtemperaturen $t_{a_1}, t_{a_2}, t_{a_3}, \dots$ und t_{e_1} ,

Zahlentafel 5.
Gewicht eines cbm Wassers bei Wassertemperaturen
von 100 bis 50^o C.

t	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
100	958,4									
99	959,1	959,0	959,0	958,9	958,8	958,7	958,7	958,6	958,5	958,5
98	959,8	959,7	959,7	959,6	959,5	959,5	959,4	959,3	959,2	959,2
97	960,5	960,4	960,4	960,3	960,2	960,2	960,1	960,0	960,0	959,9
96	961,2	961,2	961,1	961,0	960,9	960,9	960,8	960,7	960,7	960,6
95	961,9	961,9	961,8	961,7	961,6	961,6	961,5	961,4	961,4	961,3
94	962,6	962,5	962,5	962,4	962,3	962,3	962,2	962,1	962,1	962,0
93	963,3	963,2	963,2	963,1	963,0	963,0	962,9	962,8	962,8	962,7
92	964,0	963,9	963,9	963,8	963,7	963,7	963,6	963,5	963,4	963,4
91	964,7	964,6	964,5	964,5	964,4	964,3	964,3	964,2	964,1	964,1
90	965,3	965,3	965,2	965,2	965,1	965,0	964,9	964,9	964,8	964,7
89	966,0	966,0	965,9	965,8	965,8	965,7	965,6	965,5	965,5	965,4
88	966,7	966,6	966,6	966,5	966,4	966,4	966,3	966,2	966,1	966,1
87	967,3	967,3	967,2	967,1	967,1	967,0	967,0	966,9	966,8	966,8
86	968,0	967,9	967,9	967,8	967,7	967,7	967,6	967,5	967,5	967,4
85	968,7	968,6	968,5	968,5	968,4	968,3	968,3	968,2	968,1	968,1
84	969,3	969,2	969,2	969,1	969,1	969,0	968,9	968,8	968,8	968,7
83	969,9	969,9	969,8	969,8	969,7	969,6	969,6	969,5	969,4	969,4
82	970,6	970,5	970,4	970,4	970,3	970,3	970,2	970,1	970,1	970,0
81	971,2	971,1	971,1	971,0	971,0	970,9	970,8	970,8	970,7	970,6
80	971,8	971,8	971,7	971,7	971,6	971,5	971,5	971,4	971,3	971,3
79	972,5	972,4	972,3	972,3	972,2	972,1	972,1	972,0	972,0	971,9
78	973,1	973,0	973,0	972,9	972,8	972,8	972,7	972,6	972,6	972,5
77	973,7	973,6	973,6	973,5	973,4	973,4	973,3	973,3	973,2	973,1
76	974,3	974,2	974,2	974,1	974,0	974,0	973,9	973,9	973,8	973,7
75	974,9	974,8	974,8	974,7	974,7	974,6	974,5	974,5	974,4	974,4
74	975,5	975,4	975,4	975,3	975,2	975,2	975,1	975,1	975,0	975,0
73	976,1	976,0	976,0	975,9	975,8	975,8	975,7	975,7	975,6	975,5
72	976,7	976,6	976,5	976,5	976,4	976,4	976,3	976,3	976,2	976,1
71	977,2	977,2	977,1	977,1	977,0	977,0	976,9	976,8	976,8	976,7
70	977,8	977,8	977,7	977,6	977,6	977,5	977,5	977,4	977,4	977,3
69	978,4	978,3	978,3	978,2	978,2	978,1	978,0	978,0	977,9	977,9
68	978,9	978,9	978,8	978,8	978,7	978,7	978,6	978,6	978,5	978,4
67	979,5	979,4	979,4	979,3	979,3	979,2	979,2	979,1	979,1	979,0
66	980,1	980,0	979,9	979,9	979,8	979,8	979,7	979,7	979,6	979,6
65	980,6	980,6	980,5	980,5	980,4	980,4	980,3	980,3	980,2	980,2
64	981,1	981,1	981,0	981,0	980,9	980,9	980,8	980,8	980,7	980,7
63	981,7	981,6	981,6	981,5	981,5	981,4	981,4	981,3	981,2	981,2
62	982,2	982,2	982,1	982,1	982,0	981,9	981,9	981,8	981,8	981,7
61	982,7	982,7	982,6	982,6	982,5	982,5	982,4	982,4	982,3	982,3
60	983,2	983,2	983,1	983,1	983,0	983,0	982,9	982,9	982,8	982,8
59	983,8	983,7	983,7	983,6	983,6	983,5	983,5	983,4	983,3	983,3
58	984,3	984,2	984,2	984,1	984,1	984,0	984,0	983,9	983,9	983,8
57	984,8	984,7	984,7	984,6	984,6	984,5	984,5	984,4	984,4	984,3
56	985,3	985,2	985,2	985,1	985,1	985,0	985,0	984,9	984,9	984,8
55	985,7	985,7	985,6	985,6	985,5	985,5	985,4	985,4	985,4	985,3
54	986,2	986,2	986,1	986,1	986,0	986,0	985,9	985,9	985,8	985,8
53	986,7	986,6	986,6	986,6	986,5	986,5	986,4	986,4	986,3	986,3
52	987,2	987,1	987,1	987,0	987,0	986,9	986,9	986,8	986,8	986,7
51	987,6	987,6	987,5	987,5	987,4	987,4	987,3	987,3	987,2	987,2
50	988,1	988,0	988,0	987,9	987,9	987,8	987,8	987,8	987,7	987,7

t_{e2} , t_{e3} . . . bzw. den Anfangs- und Endwassergewichten, der andere Schenkel mit den analogen l' , l'' oder γ' -Werten γ_{a1} , γ_{a2} , γ_{a3} , . . . und γ_{e1} , γ_{e2} , γ_{e3} , . . . , so ist

$$\gamma' = \frac{\frac{\gamma_{a1} + \gamma_{e1}}{2} l_1 + \frac{\gamma_{a2} + \gamma_{e2}}{2} l_2 + \frac{\gamma_{a3} + \gamma_{e3}}{2} l_3 + \dots}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots} \quad (21)$$

$$\gamma'' = \frac{\frac{\gamma'_{a1} + \gamma'_{e1}}{2} l'_1 + \frac{\gamma'_{a2} + \gamma'_{e2}}{2} l'_2 + \frac{\gamma'_{a3} + \gamma'_{e3}}{2} l'_3 + \dots}{l'_1 + l'_2 + l'_3 + \dots} \quad (22)$$

Für die Berechnung der γ' und γ'' -Werte ist es einfacher, zuerst die mittleren Strangtemperaturen festzustellen und das entsprechende γ' aus der Wassergewichtstafel Z.-T. 5 zu entnehmen.

Es ist also zuerst t' nach der Formel

$$t' = \frac{\frac{t_{a1} + t_{e1}}{2} l_1 + \frac{t_{a2} + t_{e2}}{2} l_2 + \frac{t_{a3} + t_{e3}}{2} l_3 + \dots}{l_1 + l_2 + l_3} \quad (23)$$

t'' nach der Formel

$$t'' = \frac{\frac{t'_{a1} + t'_{e1}}{2} l'_1 + \frac{t'_{a2} + t'_{e2}}{2} l'_2 + \frac{t'_{a3} + t'_{e3}}{2} l'_3 + \dots}{l'_1 + l'_2 + l'_3 + \dots} \quad (24)$$

zu bestimmen und γ' und γ'' aus der Zahlentafel 5 für t' und t'' abzulesen und die Differenz $\gamma'' - \gamma'$ mit der Höhe h' , die gleich

$$l_1 + l_2 + l_3 + \dots = l'_1 + l'_2 + l'_3 + \dots$$

sein muß, zu multiplizieren.

Es ist aber auch angängig, nur den Temperaturunterschied zwischen Steigestrang und Fallstrang zu ermitteln und den Unterschied mit dem der mittleren Temperatur entsprechenden Gewichtsunterschiede des Wassers für 1° C zu multiplizieren. Dieser Gewichtsunterschied, der mit c bezeichnet werden möge, ist für die bei Wohnungs-Warmwasserheizungen auftretenden Unterschiede zwischen den mittleren Temperaturen im Steigestrang und Fallstrang verhältnismäßig gering. Als mittlerer Wert kann $c = 0,65$ gesetzt werden. In der Zahlentafel 6 sind die c -Werte für die verschiedenen Wassertemperaturen angeführt.

Zahlentafel 6.

Tabelle der Wassergewichtsänderung c für 1° C.

Wassertemperatur		Wassertemperatur	
95—92 ⁰	$c = 0,69$	81—78 ⁰	$c = 0,62$
92—91 ⁰	$c = 0,68$	78—76 ⁰	$c = 0,61$
91—88 ⁰	$c = 0,67$	76—75 ⁰	$c = 0,60$
88—86 ⁰	$c = 0,66$	75—72 ⁰	$c = 0,59$
86—84 ⁰	$c = 0,65$	72—70 ⁰	$c = 0,58$
84—83 ⁰	$c = 0,64$	70—69 ⁰	$c = 0,57$
83—81 ⁰	$c = 0,63$	69—67 ⁰	$c = 0,56$

Die Berechnung der wirksamen Drucke ist also, nach dem die Temperaturen der einzelnen Temperaturpunkte bestimmt sind, recht einfach.

Beispiel 7.

Für den in Beispiel 1 und 3 berechneten und in Abb. 2 dargestellten Stromkreis ist der wirksame Druck zu berechnen.

Die mittlere Temperatur des Kesselstranges ergibt sich nach Gl. 23 zu

$$t' = \frac{\text{Teilstrecke 8} \cdot c + \text{Kessel} \cdot c + \text{Teilstrecke 1} \cdot c}{0,5 + 0,8 + 2,6} = 82,6^{\circ}$$

$$t' = \frac{\frac{60,6 + 60,8}{2} \cdot 0,5 + \frac{60,6 + 90,0}{2} \cdot 0,8 + \frac{90,0 + 88,2}{2} \cdot 2,6}{0,5 + 0,8 + 2,6} = 82,6^{\circ}$$

Die mittlere Temperatur des Heizkörperstranges ergibt sich nach Gl. 24 zu

$$t'' = \frac{\text{Teilstrecke 3} \cdot c + \text{Heizkörper} \cdot c}{2,4 + 1,0 + 0,5} = 78,5^{\circ}$$

$$t'' = \frac{\frac{84,8 + 83,3}{2} \cdot 2,4 + \frac{83 + 63}{2} \cdot 1,0 + \frac{62,8 + 62,6}{2} \cdot 0,5}{2,4 + 1,0 + 0,5} = 78,5^{\circ}$$

Die bezüglichen Wassergewichte bei diesen Temperaturen sind

$$\gamma_{82,6^{\circ}} = 970,2 \text{ kg/cbm}, \quad \gamma_{78,5^{\circ}} = 972,8 \text{ kg/cbm},$$

$h' = 3,9 \text{ m}$, mithin

$$H = (972,8 - 970,2) 3,9 = 10,1 \text{ mm WS.}$$

Mit Hilfe des c -Wertes nach Z.-T. 5 ergibt sich der Druck H zu ebenfalls

$$H = (82,6 - 78,5) \cdot 0,63 \cdot 3,9 = 10,1 \text{ mm WS}$$

$$c \text{ für } \frac{82,6 + 78,5}{2} = \sim 81^{\circ} \text{ mit } 0,63 \text{ eingesetzt.}$$

Mit Hilfe der Gleichung 12 wurde der wirksame Druck in Beispiel 1 angenähert zu

$$H = 10,8 \text{ mm WS}$$

gefunden. Die Übereinstimmung zwischen den beiden Werten ist eine gute.

Beispiel 8.

Es ist für das in den Beispielen 1 und 4 (Abb. 2) berechnete Stromnetz der wirksame Druck zu berechnen.

Die mittlere Temperatur im Steigestrang ist jetzt

$$t' = \frac{\frac{62,2 + 62,1}{2} \cdot 0,5 + \frac{62,1 + 90,0}{2} \cdot 0,8 + \frac{90,0 + 89,3}{2} \cdot 2,6}{3,9} = 83,3^{\circ}$$

im Heizkörperstrang

$$t'' = \frac{\frac{85,8 + 84,2}{2} \cdot 2,4 + \frac{83,9 + 63,9}{2} \cdot 1,0 + \frac{63,7 + 63,5}{2} \cdot 0,5}{3,9} = 79,4^{\circ}$$

Die bezüglichen Wassergewichte können hierfür der Z.-T. 5 entnommen werden. Danach ist

$$\gamma_{83,3^{\circ}} = 969,8 \text{ kg/cbm}$$

$$\gamma_{79,4^{\circ}} = 972,2 \text{ kg/cbm}$$

und der wirksame Druck für den Stromkreis

$$H = (972,2 - 969,8) \cdot 3,9 = 9,4 \text{ mm WS.}$$

Mit Hilfe des Temperaturunterschiedes und der Wassergewichtsänderung für 1° ergibt sich für $\gamma = \frac{83,3 + 79,4}{2} \sim 81^{\circ}$

$$H = (83,3 - 79,4) 0,63 \cdot 3,9 = 9,6 \text{ mm WS.}$$

Nach der Gleichung 12a für $1 - \frac{\eta}{4} = 0,85$ oder $b = 0,34$ erhält man die wirksame Druckhöhe angenähert zu

$$H = 0,34 \cdot 3,4 (5,0 + 3,4) = 9,7 \text{ mm WS,}$$

also in guter Übereinstimmung mit den vorher gefundenen Werten.

Beispiel 9.

Für das in den Beispielen 1 und 5 (Abb. 2) berechnete Stromnetz ist der wirkliche wirksame Druck zu berechnen.

Im Steigestrang herrscht eine mittlere Temperatur von

$$t' = \frac{\frac{90 + 89,3}{2} \cdot 2,6 + \frac{65,2 + 90}{2} \cdot 0,8 + \frac{65,3 + 65,2}{2} \cdot 0,5}{3,1} = 84,1^{\circ}$$

im Fallstrang eine solche von

$$t'' = \frac{\frac{87,9 + 87,2}{2} \cdot 2,4 + \frac{86,9 + 66,9}{2} \cdot 1,0 + \frac{66,7 + 66,6}{2} \cdot 0,5}{3,9} = 82,1^{\circ}$$

Die Wassergewichte sind nach Z.-T. 5

$$\gamma_{84,1} = 969,2 \text{ kg/cbm}$$

$$\gamma_{82,1} = 970,5 \text{ kg/cbm.}$$

Die wirksame Druckhöhe erhält man dann zu

$$H = (970,5 - 969,2) \cdot 3,9 = 5,1 \text{ mm WS.}$$

Aus dem Temperaturunterschied und der Wassergewichtsänderung c für $\frac{84,1 + 82,1}{2} = \sim 83^\circ$ ergibt sich die Druckhöhe zu

$$H = (84,1 - 82,1) \cdot 0,64 \cdot 3,9 = 5,0 \text{ mm WS.}$$

Nach Gleichung 12a würde man einen Druck von


$$H = 0,4 \cdot 0,4 \cdot 3,4 (5,0 + 3,4) = 4,6 \text{ mm WS}$$


erhalten, wobei allerdings eine Isolierung sämtlicher Rohrleitungen angenommen ist.

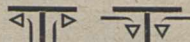
Zahlentafel 7.

ζ -Werte der Einzelwiderstände.¹⁾

Kessel . . . $\zeta = 3,0$ } bezogen auf die Wassergeschwindigkeit im Anschlußrohr beim Kessel im Vorlauf, beim Heizkörper im Rücklauf.
 Radiatoren . $\zeta = 3,0$ }

⊥-Stücke in der Durchgangsrichtung . . . $\zeta = 1,0$ 

⊥-Stücke in der Abzweigrichtung . . . $\zeta = 1,5$ 

⊥-Stückemit gegenläufiger Wasserbewegung $\zeta = 3$ 

Hosenstücke , $\zeta = 1,0$ 

Querschnittsänderungen $\zeta = 0,5$

Bezeichnung	Firma	ζ -Werte bei einem lichten Rohranschluß von mm					
		14	20	25	34	39	49
Schieberventil	—	2,0	2,0	2,0	2,0		
Regulierhahn (Eckform)	Gebr. Körting	7,0	4,0	4,0	4,0		
„ (Durchgangsform)	„	4,0	2,0	2,0	2,0		
Absperrschieber	Rud. Ö. Meyer	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Drosselklappe	„	3,5	2,0	2,0	1,5	1,5	1,0
Knie	Georg Fischer	2,0	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0
Bogen 90°	„	1,5	1,5	1,0	1,0	0,5	0,5
Doppelbogen, eng	„	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
„ weit	„	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Muffen	„	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

¹⁾ Rohrnetzberechnungen in der Heiz- und Lüftungstechnik von Dr. techn. Karl Brabbée. 2. Aufl. R. Oldenbourg.

Zahlentafel 8.

Tafel der Einzelwiderstandswerte Z für Wassergeschwindigkeiten
von 0,01 bis 0,10 m/sk.

Wassergeschwindigkeit v in m/sk.	Einzelwiderstände Z in mm WS für $\Sigma \zeta =$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,01	0,005	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05
0,015	0,011	0,02	0,03	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,02	0,020	0,04	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
0,025	0,031	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
0,03	0,045	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
0,035	0,06	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6
0,04	0,08	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8
0,045	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2
0,06	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8
0,07	0,3	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
0,08	0,3	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2
0,09	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,7	4,1
0,10	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
0,11	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0
0,12	0,7	1,4	2,2	2,9	3,6	4,3	5,0	5,7	6,5	7,2
0,13	0,9	1,7	2,5	3,4	4,2	5,1	5,9	6,7	7,6	8,5
0,14	1,0	2,0	2,9	3,9	4,9	5,9	6,8	7,8	8,8	9,8
0,15	1,1	2,2	3,4	4,5	5,6	6,7	7,8	9,0	10,1	11,2
0,16	1,3	2,6	3,8	5,1	6,4	7,7	8,9	10,2	11,5	12,8
0,17	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,6	10,1	11,5	13,0	14,5
0,18	1,6	3,2	4,8	6,5	8,1	9,7	11,3	12,9	14,5	16,1
0,19	1,8	3,6	5,4	7,2	9,0	10,8	12,6	14,4	16,2	18,0
0,20	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	15,9	17,9	19,9
0,22	2,4	4,8	7,2	9,6	12,1	14,5	16,9	19,3	21,7	24,2
0,24	2,9	5,7	8,6	11,5	14,4	17,2	20,0	23,0	26,0	28,9
0,26	3,4	6,7	10,1	13,5	16,8	20,0	23,5	27,0	30,5	34,0
0,28	3,9	7,8	11,7	15,6	19,5	23,5	27,5	31,5	35,0	38,5
0,30	4,5	9,0	13,5	17,9	22,5	27,0	31,5	36,0	40,5	45,0
0,32	5,1	10,2	15,3	20,5	25,5	30,5	35,5	41,0	46,0	51,0
0,34	5,8	11,5	17,3	23,0	29,0	34,5	40,5	46,0	52,0	58,0
0,36	6,5	12,9	19,4	26,0	32,5	39,0	45,0	52,0	58,0	65,0
0,38	7,2	14,4	21,5	29,0	36,0	43,0	50,0	58,0	65,0	72,0
0,40	8,0	16,0	24,0	32,0	40,0	48,0	56,0	64,0	72,0	80,0

ζ) Widerstandsberechnung.

In der Grundgleichung 1, Abschnitt β)

$$H \geq R + Z$$

stellt Z den Widerstand dar, der durch die in einer Anlage vorkommenden Einzelwiderstände, das sind diejenigen Widerstände, die infolge von Richtungs- und Querschnittsänderungen im Stromnetz auftreten, verursacht wird.

Der Z-Wert wird allgemein auf die in den anschließenden Rohrstrecken auftretenden größeren Wassergeschwindigkeiten bezogen und durch die Gleichung

$$Z = \frac{v^2}{2g} \gamma_m \Sigma \zeta \quad (24)$$

ausgedrückt.

Die ζ-Werte für die in Wohnungs-Warmwasserheizungen vorkommenden Einzelwiderstände wurden in der Zahlentafel 7 zusammengestellt, während die Zahlentafel 8 die Z-Werte für die

ζ = 1 bis ζ = 10 und Wassergeschwindigkeiten

von 0,01 bis 0,5 m/sk zeigt.

Die für die Bestimmung der ζ-Werte maßgebliche Wassergeschwindigkeit kann jeweils aus den Zahlentafeln 1 und 3 für den Reibungswiderstand entnommen werden.

Der γ-Wert ist in der Zahlentafel 8 für eine mittlere Wassertemperatur von 70° eingesetzt.

Über die Anwendung der Tafeln 7 und 8 mögen einige einfache Beispiele Aufschluß geben.

Beispiel 10.

Für das durch Abb. 2 dargestellte Rohrnetz sollen die Einzelwiderstände ermittelt werden.

1. Kesselwiderstand ζ = 3 bezogen auf v im Steigerrohr. Der Kesselwiderstand wird als Anfangswiderstand der Teilstrecke 1 gesetzt.
2. T-Stück am Ende der Teilstrecke 1. Kommt als Abzweig ζ = 1,5 für Teilstrecke 2 in Frage. Der Durchgangswiderstand tritt hier nicht in Erscheinung, da in dem Anschluß nach dem Ausdehnungsgefäß eine Strömung des Wassers nicht anzunehmen ist.
3. Knie oder Bogen am Ende der Teilstrecke 2. Ist als Anfangswiderstand der Teilstrecke 3, falls d = 34 mm, mit ζ = 1,5 für ein Knie oder ζ = 1,0 für einen Bogen einzusetzen.

4. Knie am Ende der Teilstrecke 3. Ist als Anfangswiderstand der Strecke 4 mit $\zeta = 1,5$ für $d = 34$ mm einzusetzen.
5. Regulierhahn in der Anschlußstrecke 4. Als Durchgangshahn von 34 mm l. Dm. mit $\zeta = 2,0$.
6. Radiatorwiderstand. $\zeta = 3$, bezogen auf v im Rücklaufrohranschluß 5.
7. Knie oder Bogen am Ende der Teilstrecken 5, 6, 7. Sind als Anfangswiderstände für die Strecken 6, 7, 8 mit $\zeta = 1,5$ bzw. $\zeta = 1,0$ für $d = 34$ mm anzunehmen.

Beispiel 11.

Es sind die Einzelwiderstände an den Abzweigstellen der Teilstrecken 3, 6, 10, 13 in Abb. 3 zu bestimmen.

1. \perp -Stück in 2 und 9 nach 3. \perp -Widerstand in Durchgangsrichtung $\zeta = 1$, als Anfangswiderstand in der Strecke 9 anzunehmen. \perp -Widerstand in der Abzweigrichtung mit $\zeta = 1,5$ für Teilstrecke 3.
2. \perp -Stück in 9 und 15 nach 10. \perp -Durchgangswiderstand mit $\zeta = 1$ für Strecke 15, \perp -Abzweigwiderstand mit $\zeta = 1,5$ für Strecke 10.
3. \perp -Stück in 7 und 14 nach 6. \perp -Durchgangswiderstand mit $\zeta = 1,0$ für Strecke 7, \perp -Abzweigwiderstand mit $\zeta = 1,5$ für Strecke 6.
4. \perp -Stück in 14 und 20 nach 13. \perp -Durchgangswiderstand $\zeta = 1$ für 14, \perp -Abzweigwiderstand $\zeta = 1,5$ für 13.

Anmerkung. Bei Abzweigen (\perp -Stücken) ist zwischen Vorlauf und Rücklauf derart zu unterscheiden, daß im Vorlauf-Abzweig der Abzweigwiderstand der abzweigenden Strecke als Anfangswiderstand anzurechnen ist, beim Rücklaufeinlauf ist dagegen der Abzweigwiderstand noch als Endwiderstand der Einlaufstrecke anzurechnen.

Beispiel 12.

Die Einzelwiderstände der Abzweigstellen A und B in Abb. 5 sind zu bestimmen.

Die \perp -Stücke in A und B sind \perp -Stücke mit gegenläufiger Wasserbewegung.

\perp -Abzweigwiderstände in den Abzweigen nach O_{II} und O_{III} sind mit $\zeta = 3$ anzusetzen.

Ebenso sind für die Abzweige O_I —B und O_{II} —B die Abzweigwiderstände mit $\zeta = 3$ für die Anschlußstrecken anzunehmen.

Würde man anstelle von \top -Stücken Hosenstücke nach Abb. 6 für die Abzweigstellen A und B wählen, so würde der Abzweigwiderstand für die einzelnen Anschlußstrecken mit

$$\zeta = 1,0$$

anzusetzen sein.

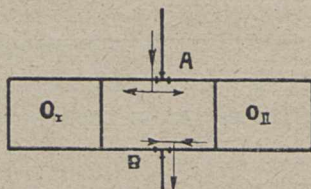


Abb. 5.

Beispiel 13.

Für das in Abb. 2 dargestellte und in den Beispielen 1, 4 und 8 berechnete Stromnetz ist eine genaue Widerstandsberechnung aufzustellen.

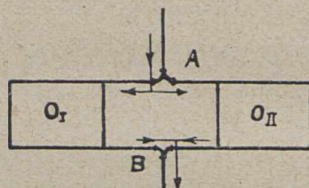


Abb. 6.

Teilstrecke 1.

Anfangswiderstand $\zeta = 3$ für den Kessel.

Nach Z.-T. 1 ist bei einem Rohrdurchmesser von 34 mm, für 3000 WE die Wassergeschwindigkeit 0,05 m.

Der Z-Wert ist daher für $\zeta = 3$ nach Z.-T. 7

$$Z = 0,4 \text{ mm WS.}$$

Der Reibungswiderstand ist in dem 34 mm-Rohr bei 3000 WE 0,11 mm WS für 1 m Rohrlänge. Die Teilstrecke 1 ist 2,6 m lang, mithin der Reibungswiderstand in der ganzen Teilstrecke

$$R = 2,6 \cdot 0,11 = 0,3 \text{ mm WS.}$$

Der Gesamtwiderstand in der Teilstrecke 1 mithin

$$R + Z = 0,4 + 0,3 = 0,7 \text{ mm WS.}$$

Teilstrecke 2.

\top -Abzweig am Anfang der Teilstrecke mit $\zeta = 1,5$ für $v = 0,05$ m ist hierfür $Z = 0,2$ mm WS.

Der Reibungswiderstand in der 5 m langen Teilstrecke beträgt

$$R = 5 \cdot 0,11 = 0,6 \text{ mm WS.}$$

$$\text{Gesamtwiderstand } R + Z = 0,2 + 0,6 = 0,8 \text{ mm WS.}$$

Teilstrecke 3.

Bogen am Anfang. $\zeta = 1$ bei $d = 34$ mm.

$Z = 0,1$ mm WS (für $v = 0,05$ m/sk).

Reibungswiderstand $R = 2,4 \cdot 0,11 = \sim 0,3$ mm WS.

Gesamtwiderstand $R + Z = 0,3 + 0,1 = 0,4$ mm WS.

Teilstrecke 4.

Knie am Anfang. $\zeta = 1,5$, Durchgangshahn mit $\zeta = 2$,

$Z = 0,4$ mm WS für $\Sigma\zeta = 3,5$.

$R = 0,5 \cdot 0,11 = 0,1$ mm WS. $R + Z = 0,1 + 0,4 = 0,5$ mm WS.

Teilstrecke 5.

Heizkörperaustritt $\zeta = 3$. $Z = 0,4$ mm WS.

$R = 0,5 \cdot 0,11 = 0,1$ mm WS. $R + Z = 0,1 + 0,4 = 0,5$ mm WS.

Teilstrecke 6.

1 Knie. $\zeta = 1,5$. $Z = 0,2$ mm WS.

$R = 0,5 \cdot 0,11 = 0,1$ mm WS. $R + Z = 0,1 + 0,2 = 0,3$ mm WS.

Teilstrecke 7.

1 Bogen am Anfang. $\zeta = 1,0$. $Z = 0,1$ mm WS.

$R = 5 \cdot 0,11 = \sim 0,6$ mm WS. $R + Z = 0,6 + 0,1 = 0,7$ mm WS.

Teilstrecke 8.

1 Knie am Anfang. $\zeta = 1,5$. $Z = 0,2$ mm WS.

$R = 0,5 \cdot 0,11 = \sim 0,1$ mm WS. $R + Z = 0,1 + 0,2 = 0,3$ mm WS

Zusammenstellung der Widerstände

für den durch Abb. 2 dargestellten Stromkreis $d = 34$ mm.

Teilstrecke

1	$R = 0,3$ mm WS	$Z = 0,4$ mm WS	$R + Z = 0,7$ mm WS
2	0,6 " "	0,2 " "	0,8 " "
3	0,3 " "	0,1 " "	0,4 " "
4	0,1 " "	0,4 " "	0,5 " "
5	0,1 " "	0,4 " "	0,5 " "
6	0,1 " "	0,2 " "	0,3 " "
7	0,6 " "	0,1 " "	0,7 " "
8	0,1 " "	0,2 " "	0,3 " "

$R = 2,2$ mm WS, $Z = 2,0$ mm WS, $R + Z = 4,2$ mm WS.

Zur Verfügung stehen an wirksamem Druck:

nach Beispiel 8 $H = 9,4$ mm WS,

" " 9 $H = 5,1$ " "

Der verfügbare wirksame Druck ist demnach bei ungeschützten Rohren wesentlich höher als der in dem Stromnetz herrschende Widerstand. Die Anlage wird also bei Beibehaltung der Rohrdurchmesser mit einem geringeren Temperaturgefälle als

20° im Heizkörper arbeiten, da wirksamer Druck und Widerstand gleich sein müssen.

Das Rohrnetz genügt aber auch bei wärmegeschützten Rohrleitungen noch reichlich um eine Wassermenge von 150 Litern, bzw. eine Wärmemenge von 3000 WE in der Stunde zu fördern.

Es empfiehlt sich auch bei der Widerstandsberechnung die einzelnen Bestimmungswerte in einer Tabelle zusammenzustellen etwa nach folgendem Schema.

Widerstandsberechnung für das durch Abb. 2 und die

Beispiele 8 und 9 berechnete Rohrschema.

Alle Rohrdurchmesser sind mit 34 mm gewählt.

Teilstrecke	Vond. Teilstrecke zu fördernde		Länge der Teilstrecke m	Rohr- durch- messer d/mm	Σz	v m/sk	Z mmWS	r mmWS	$R = \frac{r}{1r}$ mmWS	R+Z mmWS	Bemerkungen
	Wärme- menge in WE/st	Wasser- menge in l/st									
1	3000	150	2,6	34	3,0	0,05	0,4	0,11	0,3	0,7	
2	"	"	5,0	"	1,5	"	0,2	"	0,6	0,8	
3	"	"	2,4	"	1,0	"	0,1	"	0,3	0,4	
4	"	"	0,5	"	1,5	"	0,4	"	0,1	0,5	
5	"	"	0,5	"	3,0	"	0,4	"	0,1	0,5	
6	"	"	0,5	"	1,5	"	0,2	"	0,1	0,3	
7	"	"	5,0	"	1,0	"	0,1	"	0,6	0,7	
8	"	"	0,5	"	1,5	"	0,2	"	0,1	0,3	
			17,0				2,0		2,2	4,2	Verfügbarer Druck H = 9,4 mmWS

Beispiel 14.

Für das in Abb. 3 dargestellte und in den Beispielen 2 und 6 berechnete Stromnetz ist die Widerstandsberechnung aufzustellen.

Vorher müssen die für die Stromkreise der Heizkörper O_I, O_{II} und O_{III} wirksamen Drücke festgestellt werden.

Mittlere Temperatur im Steigestrang (Kesselstrang)

$$t_k = \frac{\frac{66,0 + 65,9}{2} \cdot 0,8 + \frac{65,9 + 95,0}{2} \cdot 0,8 + \frac{95,0 + 94,5}{2} \cdot 3,0}{4,6} = 87,3^\circ$$

Mittlere Temperatur im Fallstrange des Heizkörpers O_I

$$t_{oI} = \frac{\frac{92,9 + 90,2}{2} \cdot 3,0 + \frac{90,1 + 70,1}{2} \cdot 1,0 + \frac{70,0 + 69,9}{2} \cdot 0,6}{4,6} = 86,2^\circ$$

Mittlere Temperatur im Fallstrange des Heizkörpers O_{II}

$$t_{oII} = \frac{\frac{90,4 + 89,5}{2} \cdot 2,6 + \frac{89,3 + 69,3}{2} \cdot 1,0 + \frac{69,2 + 69,1}{2} \cdot 1,0}{4,6} = 83,1^\circ$$

Mittlere Temperatur im Fallstrange des Heizkörpers O_{III}

$$t_{oIII} = \frac{85,2 + 84,3}{2} \cdot 2,9 + \frac{87,0 + 67,0}{2} \cdot 1,0 + \frac{63,6 + 63,6}{2} \cdot 0,7 = 79,5^\circ$$

Nach Z.-T. 3 ist

$$\gamma_{87,3^\circ} = 967,3 \text{ kg/cbm}, \quad \gamma_{86,2^\circ} = 967,9 \text{ kg/cbm}, \quad \gamma_{83,1^\circ} = 969,9 \text{ kg/cbm}$$

$$\gamma_{79,5^\circ} = 972,8 \text{ kg/cbm}.$$

Die wirksamen Drücke betragen mithin für den Stromkreis des Heizkörpers O_I

$$(967,9 - 967,1) \cdot 4,6 = 3,7 \text{ mm WS},$$

des Heizkörpers O_{II}

$$(969,9 - 967,1) \cdot 4,6 = 12,9 \text{ mm WS},$$

des Heizkörpers O_{III}

$$(972,1 - 967,1) \cdot 4,6 = 23 \text{ mm WS}.$$

Zusammenstellung der Widerstände für das durch Abb. 3 dargestellte und in den Beispielen 2 und 6 berechnete Rohrnetz.

Teilstrecke	Von der Teilstrecke zu fördernde		Länge l der Teilstrecke m	Durchm. d mm	$\Sigma \zeta$	v m/sk	Z mm WS	r mm WS	R =		Bemerkungen
	Wärmemenge WE/st	Wassermenge l/st							l r	R+Z	
1	7500	375	3,0	49	3,0	0,06	0,5	0,10	0,3	0,8	Kessel
2	7500	375	4,0	49	1,5	0,06	0,3	0,10	0,4	0,7	T-Abzweig
3	2500	125	3,0	34	1,5	0,04	0,2	0,08	0,2	0,4	"
4	2500	125	0,5	34	3,5	0,04	0,3	0,08	0,0	0,3	c, D-Hahn
5	2500	125	0,5	34	3,0	0,04	0,2	0,08	0,0	0,2	Ofen
6	2500	125	0,6	34	3,0	0,04	0,2	0,08	0,0	0,2	2 Kniee
7	7500	375	4,0	49	1,0	0,06	0,2	0,10	0,4	0,6	T-Durchgang
8	7500	375	0,8	49	1,0	0,06	0,2	0,10	0,1	0,3	2 Bogen
			16,4				2,1		1,4	3,5	Verfügbarer Druck 3,7 mm WS
1 2 7 8	7500	375	11,8	49		0,06	1,2		1,2	2,4	
9	5000	250	5,0	39	1,0	0,06	0,2	0,14	0,7	0,9	T-Dchg.
10	2500	125	2,6	25	1,5	0,08	0,5	0,35	0,9	1,4	T-Abzweig
11	2500	125	0,5	25	5,5	0,08	1,8	0,35	0,2	2,0	c, Eckhahn
12	2500	125	0,5	25	3,0	0,08	1,0	0,35	0,2	1,2	O _{II}
13	2500	125	1,0	25	3,0	0,08	1,0	0,35	0,4	1,4	2 c
14	5000	250	5,0	39	1,0	0,06	0,2	0,14	0,7	0,9	T-Dchg.
			26,4				5,9		4,3	10,2	Verfügbarer Druck 12,9 mm WS
1 2 7 8	7500	375	11,8	49			1,2		1,2	2,4	
9 14	5000	250	10,0	39			0,4		1,4	1,8	
15	2500	125	6,0	25	1,0	0,08	0,3	0,35	2,1	2,4	T-Dchg.
16	2500	125	2,9	25	1,5	0,08	0,5	0,35	1,0	1,5	T-Abzweig
17	2500	125	0,5	25	5,5	0,08	1,8	0,35	0,2	2,0	c, Eckhahn
18	2500	125	0,5	25	3,0	0,08	1,0	0,35	0,2	1,2	O _{III}
19	2500	125	0,7	25	3,0	0,08	1,0	0,35	0,2	1,2	2 c
20	2500	125	6,0	25	1,5	0,08	0,5	0,35	2,1	2,6	T-Abzweig
			38,4				6,7		8,4	15,1	Verfügbarer Druck 23 mm WS

Die Übereinstimmung zwischen dem erforderlichen und vorhandenen Druck für die einzelnen Stromkreise ist eine recht gute. Nur der Stromkreis des Heizkörpers O_{III} zeigt einen größeren Drucküberschuß. Es wäre zu untersuchen, ob einzelne Teilstrecken nicht noch schwächer gewählt werden könnten. Wir versuchen es mit den Teilstrecken 16 bis 19, die wir nur mit 20 mm annehmen. Die neuen Verhältnisse gehen aus nachstehender Zusammenstellung hervor.

Nr.	WE/st	Q/st	l m	d mm	$\Sigma\zeta$	v	Z	r	R	R+Z
1 2 7 8	7500	375	11,8	49			1,2		1,2	2,4
9 14	5000	250	10,0	39			0,4		1,4	1,8
15 20	2500	125	12,0	25			0,8		4,2	5,0
16	"	"	2,9	20	1,5	0,12	1,0	1,2	3,5	4,5
17	"	"	0,5	"	5,5		4,0		0,6	4,6
18	"	"	0,5	"	3,0		2,2		0,6	2,8
19	"	"	0,7	"	4,0		2,9		0,8	3,7
										24,8

Der Heizkörper O_{III} würde jetzt gegenüber den beiden anderen Heizkörpern zurückbleiben, da ja das Rohr von 20 mm für den Heizkörperfallstrang auch noch einen geringeren Druck ergibt, als das 25er Rohr. Es wird daher ein 25er Rohr vorzuziehen sein. Der Drucküberschuß muß bei störendem Einfluß auf die beiden anderen Heizkörper im Regulierhahn abgedrosselt werden.

Beispiel 15.

Für das durch Abb. 8 dargestellte Stromnetz einer Wohnungswarmwasserheizung mit oberer Rückleitung ist die Abkühlung, der wirksame Druck und die Widerstandsberechnung aufzustellen.

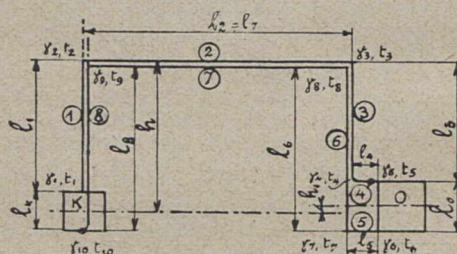


Abb. 8.

Im Gegensatz zu den Stromnetzen mit unterem Rücklauf ist bei Stromnetzen mit oberer Rückleitung der wirksame Druck etwa 50 v. H. größer.

Die überschlägliche Bestimmung des wirksamen Druckes kann hier ebenfalls nach Gl. 12 erfolgen. Es ist daher wiederum:

$$H \text{ (angenähert)} = bh(l + h) \pm ah_1.$$

Der Beiwert b ist jetzt für ungeschützte Rohre zu 0,5 einzusetzen.

Der dadurch bedingte höhere Umtriebsdruck wird aber zum größten Teil wieder durch die größere Länge der einzelnen Stromkreise verbraucht, so daß der mittlere Druckabfall und die Rohrdurchmesser annähernd dieselben bleiben, wie bei unterer Rücklaufleitung. Es möge wieder sein:

$$l_1=2,6 \text{ m}, l_2=l_7=5 \text{ m}, l_3=2,4 \text{ m}, l_4=0,5 \text{ m}, l_5=0,6 \text{ m}, l_6=3,3 \text{ m}, \\ l_8=3,3 \text{ m}, l_0=1,0 \text{ m}, l_k=0,8 \text{ m}, \\ h=3 \text{ m}, h_1=0,1 \text{ m}.$$

Ferner Temperaturabfall im Heizkörper $\vartheta'=20^\circ$, $t_a'(\text{ang.})=85^\circ$, $t_1=90^\circ$, Wärmeabgabe des Heizkörpers 3000 WE/st.

An wirksamem Druck ergeben sich jetzt angenähert

$$H = 0,5 \cdot 3,0 (5 + 3) + 0,1 \cdot 11,9 = 13,2 \text{ mm/WS.}$$

Rechnet man überschläglichen den Widerstand infolge der Einzelwiderstände wieder mit $\frac{H}{2} = 6,6 \text{ mm WS}$, so verbleiben für den Reibungswiderstand ebenfalls 6,6 mm WS.

Das Stromnetz besitzt eine Länge von

$$2,6 + 2 \cdot 5,0 + 2,4 + 0,5 + 0,6 + 2 \cdot 3,3 = 22,7 \text{ m}.$$

Der mittlere Druckabfall für die Reibung ergibt sich mithin angenähert zu $\frac{6,6}{22,7} = \sim 0,29 \text{ mm WS/1 m}$.

Der Durchmesser der einzelnen Teilstrecken wäre demnach nach Z.-T. 1 für 3000 WE mit

$$d = 34 \text{ mm}$$

zu wählen, obgleich der Reibungswiderstand in einem 34er Rohr für 3000 WE nur 0,11 mm/1 m beträgt. Es besteht daher die Möglichkeit einen Teil des Rohrnetzes nur 26 mm stark zu wählen.

Die Temperatur- und Widerstandswerte können wieder nur tabellarisch zusammengestellt werden.

Temperaturtabelle für Beispiel 15.

Teilstrecke	W	Q	l	d	t_n	t_r	ϑ'	w'	$w=lw'$	τ	t_o
1	3000	150	2,6	34	90	20	70	107	278	1,9	88,1
2	"	"	5,0	"	88,1	"	68	103	515	3,4	84,7
3	"	"	2,4	"	84,7	"	65	96	231	1,5	83,2
4	"	"	0,5	"	83,2	"	63	92	46	0,3	82,9
O	"	"	—	—	82,9	"	63	—	3000	—	62,9
5	"	"	0,6	34	62,9	"	43	54	32	0,2	62,7
6	"	"	3,3	"	62,7	"	43	54	178	1,2	61,5
7	"	"	5,0	"	61,5	"	42	52	260	1,7	59,8
8	"	"	3,3	"	59,8	"	40	49	162	1,1	58,7
K	"	"	—	—	58,7	"	39	—	4702	—	90,0

Rohrverluste im Verhältnis zur Wärmeabgabe des Heizkörpers

$$\frac{4702 - 3000}{3000} \cdot 100 = 56,8 \text{ vH.}$$

Strangtemperaturen:

$$\text{Kesselstrang} \left(\frac{58,7 + 90}{2} \cdot 0,8 + \frac{90,0 + 88,1}{2} \cdot 2,6 \right) : 3,4 = 85,0^{\circ}$$

$$\text{Heizkörperfallstrang} \left(\frac{84,7 + 83,2}{2} \cdot 2,4 + \frac{82,9 + 62,9}{2} \cdot 1,0 \right) : 3,4 = 80,7$$

$$\text{Rücklauf-Steigestrang} \frac{62,7 + 61,5}{2} = 62,1^{\circ}$$

$$\text{Rücklauf-Fallstrang} \frac{59,8 + 58,7}{2} = 59,3^{\circ}$$

Wirksame Druckhöhe für den Stromkreis:

$$H = (\gamma_{80,7} - \gamma_{85}) \cdot 3,4 + (\gamma_{59,3} - \gamma_{62,1}) \cdot 3,3 = 13,8 \text{ mm WS.}$$

Durch die Näherungsgleichung 12 wurde H zu 13,2 mm WE ermittelt, also in guter Übereinstimmung mit dem genau berechneten H.

Widerstandstabelle für Beispiel 15.

Teilstrecke	W	Q	d	l	$\Sigma \zeta$	v	Z	r	R	R+Z
1—8	3000	150	34	22,7	18,5	0,05	2,1	0,11	2,5	4,6

Bei einem $d = 34$ werden nur 4,6 mm für $R + Z$ benötigt, während 13,8 mm zur Verfügung stehen.

Es soll daher der Vorlauf mit 34 mm, der Rücklauf mit 26 mm i. L. angenommen werden.

Temperaturtabelle $d_v = 34$, $d_r = 26$.

Teilstrecke	W	Q	l	d	t_a	t_r	ϑ'	w'	w	r	t_e
1—4	3000	150	10,5	34		20			1070		
0	"	"	—	—	82,9	"	63	—	3000	20	62,9
5	"	"	0,6	26	62,9	"	43	44	26	0,2	62,7
6	"	"	3,3	"	62,7	"	43	44	145	1,0	61,7
7	"	"	5,0	"	61,7	"	42	43	215	1,4	60,3
8	"	"	3,3	"	60,3	"	40	40	132	0,9	59,4
K	"	"	—	—	59,4	—	—	—	4588	30,6	90,0

$$\text{Rohrverluste} \frac{4588 - 3000}{3000} \cdot 100 = 52,9 \text{ vH. der Heizkörperleistung.}$$

Temperaturen im Kessel und Heizkörperstrang wie oben,

$$\text{im Rücklauf-Steigestrang} \frac{62,7 + 61,7}{2} = 62,2^{\circ}$$

$$\text{im Rücklauf-Fallstrang} \frac{60,3 + 59,4}{2} = 59,9^{\circ}$$

Verfügbarer Umtriebsdruck:

$$H = (\gamma_{80,7} - \gamma_{85}) \cdot 3,4 + (\gamma_{59,9} - \gamma_{62,2}) \cdot 3,3 = (971,4 - 968,7) \cdot 3,4 + (983,3 - 982,1) \cdot 3,3 = 14,2 \text{ mm WS.}$$

Für den Reibungswiderstand ständen jetzt sogar 7,1 mm WS zur Verfügung.

Widerstandstabelle für $d_v = 34$, $d_r = 26$.

Teilstrecke	W	Q	l	d	$\Sigma \zeta$	v	Z	r	R	R+Z
k, 1—4	3000	150	10,5	34	10	0,05	1,2	0,11	1,2	2,4
O, 5—8	„	„	12,2	26	8,5	0,09	3,4	0,50	6,1	9,5
										11,9

Der Widerstand bleibt auch jetzt noch unter dem verfügbaren Druck von 14,2 mm. Eine Ausführung mit durchgehender 26er Leitung für den Stromkreis würde jedoch eine Überschreitung des zur Verfügung stehenden Druckes bedeuten. Das Stromnetz wird daher nach der letzten Rohrannahme auszuführen sein. Der vorhandene Drucküberschuß wird das Temperaturgefälle im Heizkörper etwas erniedrigen.

Wie das vorliegende Übungsbeispiel zeigt, wird bei Etagenheizungen mit oberem Rücklauf, die landläufige Ansicht, daß sie stärkere Rohrleitungen erfordern, widerlegt. Das Rohrnetz kann sogar manchmal schwächer gehalten werden, als bei unterer Rückleitung. Die dadurch erreichte Verbilligung des Rohrnetzes hinsichtlich der Durchmesser wird aber deshalb wieder aufgehoben, weil es länger wird. Bei gleicher Anordnung mit unterem Rücklauf (Beispiel 1) beträgt die Rohrlänge 17 m gegenüber 22,7 m bei oberem Rücklauf, so daß deshalb das Rohrnetz wahrscheinlich teurer ausfallen wird, auch wenn die Durchmesser eine Dimension kleiner sein sollten.

Die Anlagen mit oberem Rücklauf besitzen den Vorzug, daß alle Durchbrüche nach dem darunter liegenden Geschoß fortfallen, das ganze Rohrnetz vielmehr in demselben Geschoß verlegt werden kann und dessen Wärmeabgabe diesem Geschoß zugute kommt.

Dagegen haben die Anlagen mit oberer Rückleitung den Nachteil, daß sie nicht zentral entleert werden können, sondern daß meist jeder Heizkörper einzeln entleert werden muß. Es ist bei der Ausführung der Anlagen möglichst von vornherein auf die Entleerung der einzelnen Heizkörper Rücksicht zu nehmen. In der Regel wird hierfür der Einbau eines \perp -Stückes am Fuße des aufsteigenden Rücklaufs genügen, wobei der eine Abzweig mit

einem Stopfen verschlossen wird, durch den eine notwendige Entleerung möglich gemacht wird. Noch besser, aber teurer, wird die Ausführung mit geeigneten Entleerungshähnen am Rücklaufaufstieg.

Beispiel 16.

Für das durch Abb. 9 dargestellte Stromnetz sind die Wassertemperaturen, der wirksame Druck und die Widerstandsrechnung aufzustellen.

$$O_I = 3000 \text{ WE/st, } O_{II} = 2500 \text{ WE/st, } \vartheta' = 20^\circ$$

$$l_1 = 2,6 \text{ m, } l_2 = 5,0 \text{ m, } l_3 = 2,3 \text{ m, } l_4 = l_5 = l_8 = l_{10} = l_{11} = 0,5 \text{ m,}$$

$$l_6 = 0,6 \text{ m, } l_7 = 7,0 \text{ m, } l_k = 0,8 \text{ m, } l_{oI} = l_{oII} = 1,0 \text{ m, } l_9 = 2,0 \text{ m,}$$

$$l_{12} = 4,3 \text{ m,}$$

$$t_a = 95^\circ,$$

$$h = 3,0 \text{ m, } h_1 = 0,2 \text{ m, } h_2 = 4,5 \text{ m.}$$

Sämtliche Leitungen sind wärmeungeschützt und liegen in Räumen von 20° .

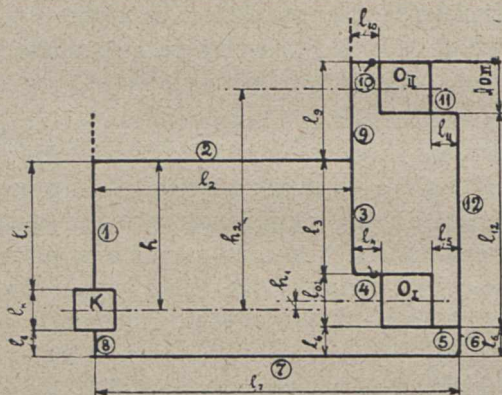


Abb. 9.

Der Stromkreis des Heizkörpers O_I ist als der ungünstigere zuerst zu berechnen.

Der wirksame Umtriebsdruck für den Stromkreis des Heizkörpers O_I ist angenähert nach Gl. 12

$$H = 0,4 \cdot 3,0 (5,0 + 3,0) + 0,2 \cdot 12,5 = 12,1 \text{ mm WS.}$$

Auf die Einzelwiderstände und die Reibung werden vorerst je 50 v. H. des wirksamen Druckes verteilt.

Der mittlere Druckabfall für die Reibung beträgt mithin

$$r_I = \frac{6,0}{2,6 + 5,0 + 2,3 + 3 \cdot 0,5 + 0,6 + 7,0} = 0,32 \text{ mm WS.}$$

Es sind daher nach Z.-T. 1 folgende Rohrdurchmesser anzunehmen:

$$d_1 = d_2 = d_6 = d_7 = d_8 = 39 \text{ mm für } 5500 \text{ WE/st}$$

$$d_3 = d_4 = d_5 = 34 \text{ mm für } 3000 \text{ WE/st.}$$

Der Heizkörper O_{II} erzeugt einen Umtriebsdruck von etwa

$$H = 0,4 \cdot 3,0 (5,0 + 3,0) + 4,5 \cdot 12,5 = 65,8 \text{ mm WS,}$$

wovon auf den Reibungswiderstand 32,9 mm gelegt werden können.

In den parallel geschalteten Teilstrecken 3, 4, 5 mit $\Sigma l = 3,3 \text{ m}$ werden nach der vorhergehenden Bestimmung für O_I

$$3,3 \cdot 0,32 = 1,1 \text{ mm WS}$$

verbraucht, in den für O_I und O_{II} gemeinsamen Teilstrecken 1, 2, 6, 7, 8 mithin

$$6 - 1,1 = 4,9 \text{ mm WS.}$$

In den Teilstrecken 9—12 mit $\Sigma l = 6,3 \text{ m}$ können daher

$$32,9 - 4,9 = 28 \text{ mm WS}$$

verbraucht werden,

oder die Teilstrecken 9—12 können für die Reibungswiderstände ein Druckgefälle von

$$\frac{28}{6,3} = 4,5 \text{ mm WS/1 m}$$

erhalten.

Da sie 2500 WE/st zu fördern haben, so ergibt sich ihr Durchmesser nach Z.-T. 3 zu 20 mm.

Man erhält die gleichen Werte, wenn man nicht von den parallelgeschalteten Teilstrecken ausgeht, sondern unmittelbar von den gemeinsamen Teilstrecken für die beiden Öfen. Die gemeinsamen Strecken 1, 2, 6, 7, 8 mit $\Sigma l = 15,7 \text{ m}$ dürften nach dem verfügbaren Druck für den Stromkreis des Heizkörpers O_I für je 1 m Rohrlänge 0,32 mm verbrauchen, im ganzen also

$$15,7 \cdot 0,32 = 5,0 \text{ mm WS,}$$

für den Stromkreis des Heizkörpers O_{II} stehen 32,9 mm zur Verfügung, so daß in den Anschlußleitungen 9—12 noch

$$32,9 - 5,0 = 27,9 \text{ mm WS}$$

verbraucht werden können.

Der geringe Unterschied ergibt sich aus den vorher gemachten Abrundungen der Drücke.

Nach der vorläufigen Bestimmung der Rohrdurchmesser wäre zur genauen Berechnung die Feststellung der Temperaturen an den einzelnen Temperaturpunkten vorzunehmen. Dies geschieht wieder gleich in der Form einer Tabelle.

Zusammenstellung der Temperaturen
an den Endpunkten der Teilstrecken in Abb. 9.

Teilstrecke	W	q	l	d	t _a °C	t _r	g ₀	w'	w	z	t _e	Bemerkungen
1	5500	275	2,6	39	95,0	20	75	131	341	1,2	93,8	
2	"	"	5,0	39	93,8	"	74	128	640	2,3	91,5	
3	3000	150	2,3	34	91,5	"	72	112	257	1,7	89,8	
4	"	"	0,5	"	89,8	"	70	107	53	0,4	89,4	
O _I	"	"	—	—	89,4	"	69	—	3000	20,0	69,4	
5	"	"	0,5	34	69,4	"	49	65	32	0,2	69,2	
9	2500	125	2,0	20	91,5	"	72	76	152	1,2	90,3	
10	"	"	0,5	"	90,3	"	70	73	36	0,3	90,0	
O _{II}	"	"	—	—	90,0	"	70	—	2500	20,0	70,0	
11	"	"	0,5	20	70,0	"	50	46	23	0,2	69,8	
12	"	"	4,3	"	69,8	"	50	46	198	1,6	68,2	
6	5500	275	0,6	39	68,7	"	49	72	43	0,2	68,5	t _a = (69,2 · 150 + 68,2 · 125) : 275 = 68,7°
7	"	"	7,0	"	68,5	"	49	72	504	1,8	66,7	
8	"	"	0,5	"	66,7	"	47	68	34	0,1	66,6	
K	7814	—	—	—	66,6	—	—	—	7814	28,4	95,0	

Die Rohrverluste betragen hier bei ungeschützten Rohren

$$\frac{7814 - 5500}{5500} \cdot 100 = 42,0 \text{ vH.}$$

der Nutzwärmeleistung der Heizkörper.

Vor der Aufstellung der Widerstandsberechnung können die wirksamen Drücke für die beiden Stromkreise ermittelt werden.

Die mittlere Temperatur des Steigstranges auf den Stromkreis des Heizkörpers O_I bezogen, beträgt:

$$t_{kI} = \left(\frac{95,0 + 93,8}{2} \cdot 2,6 + \frac{66,9 + 95,0}{2} \cdot 0,8 + \frac{67,0 + 66,9}{2} \cdot 0,5 \right) : 3,9 = 88,2$$

auf den Stromkreis des Heizkörpers O_{II} bezogen

$$t_{kII} = \left(t_{kI} \cdot 3,9 + \frac{91,5 + 90,3}{2} \cdot 2,0 \right) : 5,9 = 89,1^\circ,$$

die mittlere Temperatur des Fallstranges auf den Stromkreis des Heizkörpers O_I bezogen, ist

$$t_{oI} = \left(\frac{91,5 + 89,8}{2} \cdot 2,3 + \frac{89,4 + 69,4}{2} \cdot 1,0 + \frac{69,0 + 68,8}{2} \cdot 0,6 \right) : 3,9 = 84,7^\circ,$$

auf den Stromkreis des Heizkörpers O_{II} bezogen

$$t_{oII} = \left(\frac{90 + 70}{2} \cdot 1,0 + \frac{69,8 + 68,6}{2} \cdot 4,3 + \frac{69,0 + 68,8}{2} \cdot 0,6 \right) : 5,9 = 71,0^\circ.$$

An wirksamen Drücken erhält man hierbei:
für den Stromkreis des Heizkörpers O_I

$$H_I = (\gamma_{84,7} - \gamma_{88,2}) 3,9 = (968,8 - 966,6) 3,9 = 8,6 \text{ mm WS,}$$

für den Stromkreis des Heizkörpers O_{II}

$$H_{II} = (\gamma_{71,0} - \gamma_{89,1}) \cdot 5,9 = (977,2 - 966,0) 5,9 = 66,1 \text{ mm WS.}$$

Nach der Näherungsgleichung 12 wurden gefunden:

für den Stromkreis des Heizkörpers O_I 12,1 mm WS,

„ „ „ „ „ O_{II} 65,8 mm WS,

also in befriedigender Übereinstimmung mit den genauen Werten.

Im Anschluß an die Bestimmung der Rohrdurchmesser und wirksamen Drücke folgt nunmehr die Berechnung der Widerstände mit Hilfe der Z.-T. 1 und 3, wofür wieder die tabellarische Zusammenfassung der einzelnen Werte zweckmäßig erscheint.

Zusammenstellung der Widerstandswerte für Aufgabe 16.

Teilstrecke	W	l	d	$\Sigma \zeta$	v	z	r	R=	R+Z	Bemerkungen
	WE/st	m	mm	m/sk	mm WS	mm WS	mm WS	mm WS	mm WS	
Stromkreis O_I										
1	5500	2,6	39	4	0,07	1,0	0,17	0,4	1,4	Kessel $\zeta=3$, Krümmer T-Abzweig. [$\zeta=1,0$] T-Gegenlauf 2Kniee, Durchgangshahn Heizkörper 3,0, 2 Kniee, { 1 Bogen [T-Abzweig } T-Durchgang, 2 Kniee
2	"	5,0	"	1,5	"	0,4	"	0,9	1,3	
3	3000	2,3	34	3,0	0,05	0,4	0,11	0,3	0,7	
4	"	0,5	"	5,0	"	0,6	"	0,1	0,7	
5	"	0,5	"	7,5	"	1,0	"	0,1	1,1	
6	5500	0,6	39	2,0	0,07	0,5	0,17	0,1	0,6	
7	"	7,0	"	—	"	—	"	1,2	1,2	
8	"	0,5	"	2,0	"	0,5	"	0,1	0,6	
		19,0				4,4		3,2	7,6	Verfügbares H=8,6 mm WS. Hiervon verbraucht 88 v. H.
Stromkreis O_{II}										
1, 2, 6, 7, 8		15,7	39			2,4		2,7	5,1	T-Gegenlauf, T-Abzweig 2 Kniee, 1 D.-Hahn Heizkörper, 2 Kniee
9	2500	2,0	20	3,0	0,12	2,2	1,2	3,6	5,8	
10	"	0,5	"	9,5	"	6,9	1,2	0,6	7,5	
11	"	0,5	"	7,0	"	5,0	1,2	0,6	5,6	
12	"	4,3	"	—	—	—	1,2	5,2	5,2	
		23,0				15,3		12,7	29,2	Verfügbares H=66,1 mm WS. Hiervon verbraucht 44 v. H.

Um im Stromkreise des Heizkörpers O_{II} den gleichen Anteil am verfügbaren Druck zu verbrauchen wie im Stromkreise des Heizkörpers O_I muß der Überschuß von 44 vH. auf 88 vH. im Regulierhahn abgedrosselt werden. Es wäre noch zu untersuchen, ob die Anschlüsse 10, 11 nicht etwa einen Durchmesser von nur 14 mm erhalten können. Die nachstehende Zusammenstellung zeigt die Verhältnisse.

10	2500	0,5	14	12,5	0,24	35,8	6,7	3,4	39,2
11	"	0,5	"	7,0	"	20,0	6,7	3,4	23,4
1,2,6,7,8,9,12	"	22,0	"			4,6		11,5	16,1
		23,0				60,4		18,3	78,7

Ein Rohrdurchmesser von 14 mm für die Anschlußstrecken 10 und 11 ergibt einen Reibungswiderstand von rund 79 mm in dem Stromkreise des Heizkörpers O_{II} . Er übertrifft daher den verfügbaren um etwa 13 mm und er würde daher im Verhältnis zum Widerstande im Stromkreise des Heizkörpers O_I stark ins Hintertreffen kommen. Es wird daher die Beibehaltung eines Durchmessers von 20 mm vorzuziehen und der überschüssige Druck im Regulierhahn abzdrosseln sein.

In dem Beispiele 16 war die Vorlaufleitung unterhalb des Heizkörpers O_{II} verlegt angenommen, in dem nächsten Beispiele soll bei sonst gleichen Verhältnissen die Vorlaufleitung oberhalb des Heizkörpers O_{II} verlegt werden.

Beispiel 17.

Das durch die Abb. 10 dargestellte Stromnetz ist hinsichtlich der Wassertemperaturen, des wirksamen Umtriebsdrucks und der Widerstände zu berechnen.

Es soll wieder wie in Beispiel 16 sein:

$O = 3000$ WE/st, $O_{II} = 2500$ WE/st, $\mathcal{J}' = 20^\circ$, ferner
 $l_1 = 6,9$ m, $l_2 = 5,0$ m, $l_3 = 2,3$ m, $l_4 = 4,3$ m, $l_5 = l_6 = 0,5$ m,
 $l_7 = 0,6$ m, $l_8 = 7,0$ m, $l_9 = l_{10} = l_{11} = 0,5$ m, $l_{12} = 4,3$ m,
 $l_k = 0,8$ m, $l_{oI} = l_{oII} = 1,0$ m,
 $h = 7,3$ m. $h_1 = 0,2$ m, $h_2 = 4,5$ m,
 $t_a = 95^\circ$.

Sämtliche Leitungen liegen wärmeungeschützt in Räumen von 20° .

Wirksamer Druck für den Stromkreis des Heizkörpers O_I angenähert nach Gl. 12

$$H_I = 0,4 \cdot 7,3 (5,0 + 7,3) + 0,2 \cdot 11,9 = 38,4 \text{ mm WS}$$

Heizkörper $85/65^\circ$.

Länge des Stromkreises

$$\Sigma l_1 = 6,9 + 5,0 + 2,3 + 4,3 + 3 \cdot 0,5 + 0,6 + 7,0 = 27,6 \text{ m.}$$

Mittlerer Druckabfall für Reibung

$$r_1 = \frac{38,4}{2 \cdot 27,6} = 0,69 \text{ mm WS.}$$

Erforderliche Rohrdurchmesser nach Z.-T. 1:

$$d_1 = d_2 = d_3 = d_7 = d_8 = d_9 = 34 \text{ mm für } 5500 \text{ WE/st,}$$

$$d_4 = d_5 = d_6 = 25 \text{ mm für } 3000 \text{ WE/st.}$$

Stromkreis des Heizkörpers O_{II} .

Wirksamer Druck nach Gl. 12 angenähert

$$H_{II} = 0,4 \cdot 7,3 (5,0 + 7,3) + 4,5 \cdot 11,9 = 89,6 \text{ mm WS.}$$

In den für O_I und O_{II} gemeinsamen Teilstrecken 1—3, 7—9 wurden verbraucht

$$0,69 (6,9 + 5,0 + 2,3 + 0,6 + 0,7 + 0,5) = 11 \text{ mm WS,}$$

so daß für die Teilstrecken 10—12 noch

$$\frac{89,6}{2} - 11 = 33,8 \text{ mm WS}$$

für den Reibungswiderstand zur Verfügung bleiben. Länge der Strecken 10—12 5,3 m.

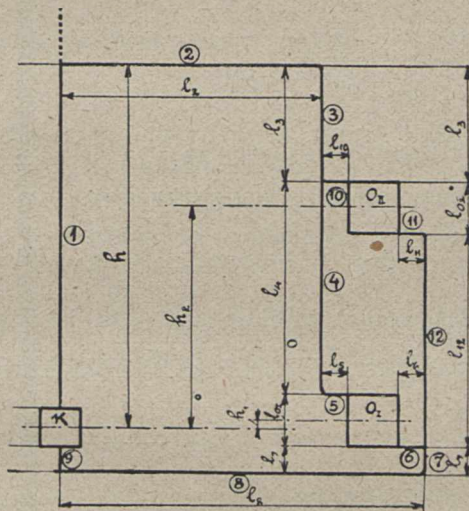


Abb. 10.

Mittlerer Druckabfall für Reibung in 10—12

$$\frac{33,8}{5,3} = 6,4 \text{ mm WS/1 m.}$$

Erforderliche Rohrdurchmesser nach Z.-T. 3

$$d_{10} = d_{11} = d_{12} = 14 \text{ mm für } 2500 \text{ WE/st.}$$

Die Temperatur- und Widerstandswerte zeigen die nachstehenden Zusammenstellungen.

Temperaturtabelle zu Beispiel 17.

Teilstrecke	W	q	l	d	t _n	t _r	ρ ₀	w'	w	τ	t _e	Bemerkungen
1	5500	275	6,9	34	95,0	20	75	118	814	3,0	92,0	
2	5500	275	5,0	34	92,0	20	72	112	560	2,0	90,0	
3	5500	275	2,3	34	90,0	20	70	107	246	0,9	89,1	
4	3000	150	4,3	25	89,1	20	69	87	374	2,5	86,6	
5	3000	150	0,5	25	86,6	20	67	83	42	0,3	86,3	
O _I	3000	150			86,3	20	66		3000	20,0	66,3	
6	3000	150	0,5	25	66,3	20	46	49	25	0,2	66,1	
10	2500	125	0,5	14	89,1	20	69	61	31	0,2	88,9	
O _{II}	2500	125			88,9	20	69		2500	20,0	68,9	
11	2500	125	0,5	14	68,9	20	49	37	19	0,2	68,7	
12	2500	125	4,3	14	68,7	20	49	37	159	1,3	67,4	
7	5500	275	0,6	34	66,7	20	47	61	37	0,1	66,6	t _a = (67,4 · 125 + 66,1 · 150) : 275 = 66,7°
8	5500	275	7,0	34	66,6	20	47	61	427	1,6	65,0	
9	5500	275	0,5	34	65,0	20	45	57	29	0,1	64,9	
k		275			64,9				8253		95,0	

Die Rohrverluste betragen bei wärmeungeschützten Rohren

$$100 \cdot \frac{8253 - 5500}{5500} = 50 \text{ vH.}$$

der Nutzwärmeleistung der Heizkörper.

Mittlere Temperatur des Steigstranges

$$t_k = \left(\frac{64,9 + 95,0}{2} \cdot 0,8 + \frac{95,0 + 92,0}{2} \cdot 6,9 + \frac{65,0 + 64,9}{2} \cdot 0,5 \right) : 8,2 = 90,4^\circ.$$

Mittlere Temperatur im Fallstrang des Heizkörpers O_I

$$t_I = \left(\frac{90,0 + 89,1}{2} \cdot 2,3 + \frac{89,1 + 86,6}{2} \cdot 4,3 + \frac{86,3 + 66,3}{2} \cdot 1,0 + \frac{66,7 + 66,6}{2} \cdot 0,6 \right) : 8,2 = 85,4^\circ$$

Mittlere Temperatur im Fallstrang des Heizkörpers O_{II}

$$t_{II} = \left(\frac{90 + 89,1}{2} \cdot 2,3 + \frac{88,9 + 68,9}{2} \cdot 1,0 + \frac{68,7 + 67,4}{2} \cdot 4,3 + \frac{66,7 + 66,6}{2} \cdot 0,6 \right) : 8,2 = 75,3^\circ.$$

Mithin erhält man an wirksamem Druck für den Stromkreis des Heizkörpers O_I

$$H_I = (968,4 - 965,1) \cdot 8,2 = 27,1 \text{ mm WS,}$$

für den Stromkreis des Heizkörpers O_{II}

$$H_{II} = (974,7 - 965,1) \cdot 8,2 = 78,7 \text{ mm WS.}$$

Zusammenstellung der Widerstandswerte zu Beispiel 17.

Teilstrecke	W	l	d	$\Sigma\zeta$	v	Z	r	R	R + Z	Bemerkungen
Stromkreis O _I										
1	5500	6,9	34	4,0	0,09	1,6	0,34	2,4	4,0	k. C-B
2	5500	5,0	34	1,5	0,09	0,6	0,34	1,7	2,3	T-A
3	5500	2,3	34	1,0	0,09	0,4	0,34	0,8	1,2	C-B
4	3000	4,3	25	1,0	0,09	0,4	0,50	2,2	2,6	T-D
5	3000	0,5	25	5,0	0,09	2,0	0,50	0,3	2,3	2 C, 1 D-H
6	3000	0,5	25	7,5	0,09	3,0	0,50	0,3	3,3	O, 2 C, T-A
7	5500	0,6	34	1,0	0,09	0,4	0,34	0,2	0,6	T-D
8	5500	7,0	34	1,0	0,09	0,4	0,34	2,4	2,8	C-B
9	5500	0,5	34	2,5	0,09	1,0	0,34	0,2	1,2	T-A, 1 C-B
		27,6				9,8		10,5	20,3	Verfügbar 27,1 mm WS
Stromkreis O _{II}										
1, 2, 3, 7, 8, 9	5500		34			4,4		7,7	12,1	
10	2500	0,5	14	7,5	0,24	21,5	6,7	3,4	24,9	T-A, C, 1 D-H
11	"	0,5	"	5,0	"	14,4	"	3,4	17,8	O, 1 C
12	"	4,3	"	2,0	"	5,7	"	28,8	34,5	1 C
		5,3				46,0		43,3	89,3	Verfügbar 78,7 mm WS

Der durchgängige Durchmesser von 14 mm für die Teilstrecken 10—12 ergibt einen zu großen Widerstand, so daß der Heizkörper O_{II} gegenüber dem Heizkörper O_I im Rückstande bleibt.

Es wird daher notwendig sein, die Strecke 10 auf 20 mm zu erweitern. Der Widerstand in dieser Strecke ist dann nur $5,3 + 0,6 = 5,9$ mm, im ganzen Stromkreis 69,7 mm WS. Der Widerstand ist damit im Stromkreise in ein befriedigendes Verhältnis zum wirksamen Druck wie beim Stromkreise O_I gebracht.

η) Warmwasserheizung in Verbindung mit einem Niederdruckdampfkessel.

Gelegentlich besteht die Notwendigkeit Räume zu heizen, die in gleicher Höhe mit dem Kessel einer Niederdruckdampfheizung liegen. Ist eine genügende Hochstellung der Heizkörper ausgeschlossen, so ist ein Betrieb der Heizkörper mittels Niederdruckdampfes nicht möglich. Es besteht aber die Möglichkeit, die Heizkörper als Warmwasserheizkörper zu betreiben, wenn sie in bezug auf die Höhe innerhalb des Wasserstandes des Niederdruckdampfkessels angeordnet werden können. Und eine solche Lösung ist auch dann noch vorzuziehen, wenn die Aufstellung der Heizkörper an sich infolge genügender Höhe oberhalb der Druckgrenze der Niederdruckdampfheizung möglich ist, weil ein unterhalb der

Decke eines Raumes aufgestellter Heizkörpers wohl fast nie eine befriedigende Heizwirkung bietet.

An Hand zweier Rechnungsbeispiele wird nun gezeigt, wie derartige Anordnungen zu behandeln sind.

Beispiel 18.

Es ist ein Raum von einem Niederdruckdampfkessel aus mittelst eines Warmwasserheizkörpers zu erwärmen. Die schematische Anordnung der Anlage zeigt Abb. 11. Wärmeleistung des als Rippenrohrstrang gedachten Heizkörpers 2000 WE/st.

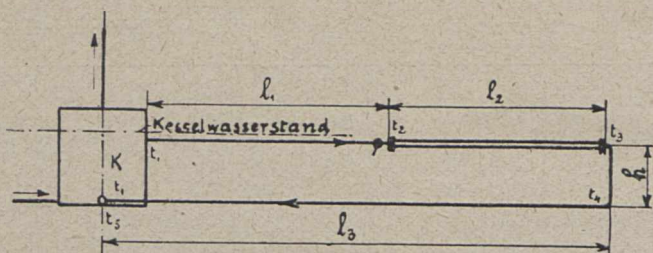


Abb. 11.

Ferner ist

$$l_1 = 5,0 \text{ m}, l_2 = 4,0 \text{ m}, l_3 = 9 \text{ m}, h = 0,8 \text{ m}$$

9 im Heizkörper 20°.

Die Kesselwassertemperatur wird mit 100° angenommen. Um die Temperaturverhältnisse zu bestimmen, werden vorerst die Rohrdurchmesser nach der Näherungsgleichung 12 berechnet.

Der wirksame Druck ist hier

$$H = 0,4 \cdot 0,8 (9 + 0,8) + 0,8 \cdot 13,0 = 13,5 \text{ mm WS.}$$

Für die Reibung sind dann 6,7 mm verfügbar. Der Reibungswiderstand des 70 mm weiten Rippenrohrs kann vernachlässigt werden.

Die Rohrlänge des Stromkreises beträgt

$$5,0 + 0,8 + 9,0 = 14,8 \text{ m.}$$

Der mittlere Druckabfall für den Reibungswiderstand kann daher mit

$$\frac{6,7}{14,8} = 0,45 \text{ mm WS/1 m}$$

gewählt werden.

Nach Z.-T. 1 erhält man dann für die Teilstrecken 1, 3, 4 einen Rohrdurchmesser von 25 mm.

Für die Ausführung der Anlage ist selbstverständlich eine genaue Durchrechnung des wirksamen Druckes und der Widerstände notwendig.

Zu diesem Zwecke ist vorher eine Berechnung der Temperaturen an den Temperaturpunkten erforderlich.

Die einzelnen Werte zeigt die nachstehende Zusammenstellung.

Zusammenstellung der Temperaturverhältnisse für Beispiel 18.

Teil- strecke	W	q	l	d	t _a	t _r	φ	w'	w	τ	t _e	Bemerkungen
1	2000	100	5,0	25	100	20	80	107	535	5,4	94,6	
2	"	"	4,0	70	94,6	"	75		2000	20,0	74,6	
3	"	"	0,8	25	74,6	"	55	63	50	0,5	74,1	
4	"	"	9,0	"	74,1	"	54	61	549	5,5	68,6	
									3134	31,4		

Rohrverluste: $\frac{3134 - 2000}{2000} \cdot 100 = 56,7$ vH. der Heizkörperwärmeleistung.

Kesseltemperatur 100°.

Fallstrangtemperatur $\frac{74,6 + 74,1}{2} = 74,4$ °.

Wirksamer Umtriebsdruck

$H = (100 - 74,4) \cdot 0,66 \cdot 0,8 = 13,5$ mm WS, (c=0,66 für t=87°) oder mit Hilfe der Wassergewichte berechnet

$H = (975,2 - 958,4) \cdot 0,8 = 13,4$ mm WS.

Die Widerstandsberechnung zeigt, daß bei einer 26 mm starken Verbindungsleitung nur 6,4 mm WS verbraucht werden. Der Heizkörper wird deshalb mit einem geringeren Temperaturgefälle als 20° arbeiten.

Würden die Verbindungsleitungen 20 mm gemacht, so würde der Druckbedarf der Widerstände

17,4 mm WS

betragen und daher zu hoch ausfallen, weil sich der wirksame Druck infolge der geringeren Abkühlung im Rohrnetz bei 20 mm Durchmesser ebenfalls verringert, so daß die Beibehaltung der 25 mm starken Anschlußleitungen vorzuziehen ist.

Beispiel 19.

Anstelle eines Rippenrohres nach Abb. 11 ist jetzt ein Radiator zu wählen. Das Strangschema zeigt Abb. 12.

Der überschlägliche wirksame Druck ist jetzt

$$H = 0,4 \cdot 0,8 (10 + 0,8) + 0,4 \cdot 12,5 = 8,5 \text{ mm WS.}$$

Für Reibungswiderstände verfügbar 4,2 mm WS, demnach mittlerer Druckabfall

$$\frac{4,2}{20} = 0,21 \text{ mm WS/1 m.}$$

Der Durchmesser der Anschlußleitungen wäre daher nach Z.-T. 1 zu

$$d = 26 \text{ mm}$$

zu wählen.



Abb. 12.

Temperaturverhältnisse für Beispiel 19.

Teil- strecke	W	q	l	d	t _a	t _r	φ	w'	w	τ	t _e	Bemerkungen
1	2000	100	10,0	26	100	20	80	107	1070	10,7	89,3	
O	"	"	—	—	89,3	"	69	—	2000	20,0	69,3	
2	"	"	10,0	26	69,3	"	49	53	530	5,3	64,0	
									3600	36,0		

Rohrverluste $\frac{3600 - 2000}{2000} 100 = 80$ vH. der Heizkörperleistung.

Kesseltemperatur 100°.

Fallstrang-(Heizkörper-)temperatur $\frac{89,3 + 69,3}{2} = 79,3^\circ$.

Wirksamer Umtriebsdruck

$$H = (100 - 79,3) \cdot 0,67 \cdot 0,8 = 11,1 \text{ mm WS.}$$

$$(c = 0,67 \text{ für } \frac{100 + 79}{2} = \sim 90^\circ)$$

oder $H = (972,3 - 958,4) 0,8 = 11,1 \text{ mm WS.}$

Der Gesamtwiderstand in dem Stromkreise ergibt sich zu 7,6 mm WS.

Anmerkung.

Die beiden Übungsbeispiele zeigen, daß bei einem Betriebe von Warmwasserheizkörpern von einem Niederdruckdampfkessel aus die Anschlußleitungen verhältnismäßig schwach ausfallen können. Handelt es sich um einen derartigen Anschluß eines einzigen Heizkörpers, so schadet es nicht, wenn der Durchmesser der Anschlußleitungen größer gewählt wird als notwendig. Das Temperaturgefälle im Heizkörper wird dadurch nur entsprechend verringert. Handelt es sich aber um mehrere parallelgeschaltete Heizkörper, so ist bei unrichtiger Abstimmung des Rohrnetzes eine Beeinflussung der Funktion der ungünstigeren Heizkörper (mit größtem Widerstand) sehr wahrscheinlich. Es ist daher stets eine genaue Durchrechnung der Anlage hinsichtlich der erreichbaren Drücke und vorhandenen Widerstände notwendig.

9) Anmerkungen zu den Berechnungen des Rohrnetzes einer Wohnungs-Warmwasserheizung.

In den durchgeführten Übungsbeispielen wird es aufmerksamen Lesern des Buches nicht entgangen sein, daß zwischen dem verfügbaren Druck und dem verbrauchten Druck sehr oft erhebliche Unterschiede auftreten. Es ist dies darauf zurückzuführen, daß die Anpassung der Durchmesser an den verfügbaren Druck durch die Handelsmaße beschränkt ist. Der Unterschied in den einzelnen Rohrdurchmessern ist zu groß, um die Widerstände dem Drucke entsprechend anzulehnen. Die Folgerung daraus ergibt sich von selbst. Es kommt bei der Berechnung der Rohrnetze darauf an, daß die einzelnen Stromkreise möglichst im kleinen Verhältnis den in ihnen erzeugten Druck verbrauchen, wobei je nach den verfügbaren Mitteln der verbrauchte Druck größer oder kleiner sein kann, als der für das zunächst angenommene Temperaturgefälle in den Heizkörpern. Schon recht geringe Unterschiede im Temperaturgefälle des Heizkörpers beeinflussen die Widerstände in der Anlage ganz erheblich, während sich der wirksame Druck nur in geringem Maße ändert. Es ist aber ratsam, das Temperaturgefälle für die Berechnung möglichst klein zu nehmen, um die mit den unvermeidbaren Unterschieden in den Druckverbrauchsgrenzen verbundenen Abweichungen in der Wirkung zu beschränken bzw. Betriebsschwierigkeiten zu vermeiden.

Heute wird fast ausnahmslos als Temperaturgefälle in den Heizkörpern nicht mehr als 20° gewählt und dieses Gefälle dürfte auch die besten Verhältnisse zeitigen. Selbstverständlich würde ein geringeres Gefälle noch bessere Betriebsverhältnisse zur Folge

haben können, wenn die Vorbedingungen hierfür gegeben sind. Das sind in erster Linie ausreichende Geldmittel, weil das Rohrnetz verhältnismäßig stärker ausfällt, in zweiter Linie die Möglichkeit der Vermeidung oder Verwertung der hierdurch auftretenden größeren Rohrverluste. Man kann annehmen, daß das Temperaturgefälle in den einzelnen Stromkreisen Abweichungen bis zu 30 v. H. nach oben oder unten zeigt, infolge der ungünstigen Handelsmaße der Rohrleitungen d. h. in einer Anlage, die mit 20° Temperatur berechnet wird, treten Gefällunterschiede von 26° bis 14° auf, genauere Berechnung hierbei voraussetzend. Trotz dieses Unterschiedes kann die Wirkung der Anlage eine durchaus befriedigende sein, und eine Abdrosselung der bevorzugten Heizkörper unterbleiben, weil eine Abdrosselung in der Regel nach dem Gefühl des betr. Monteurs oder Montageleiters erfolgt und eine gefühlsmäßige Unterscheidung von den hier auftretenden Temperaturunterschieden recht zweifelhaft bleibt.

Es kommt noch hinzu, daß das der Berechnung zugrundegelegte Temperaturgefälle nur bei der gleichfalls angenommenen Höchsttemperatur im Kessel eintritt, während bei niedrigeren Kesseltemperaturen das Temperaturgefälle entsprechend geringer wird und damit auch die Abweichungen in den Gefällunterschieden der einzelnen Stromkreise.

Wählt man für die Rohrberechnung von vornherein ein größeres Temperaturgefälle, beispielsweise 30°, um schwächere Rohrmaße zu erhalten, so werden jetzt bei gleichen Abweichungen Gefällunterschiede von etwa 21° bis etwa 39° auftreten können, und können diese Unterschiede zu Beeinträchtigungen einzelner Räume hinsichtlich der Erwärmung führen, mindestens aber ein aufmerksames Einregulieren der Anlage erforderlich machen.

Zum besseren Verständnis der vorhergehenden Auseinandersetzung diene das nachstehende Wärmeverteilungsschema, Abb. 13, wobei die Reihenfolge der Heizkörper ganz beliebig sein kann, d. h. die größten Temperaturgefälle können auch in den dem Kessel am nächsten liegenden Heizkörpern auftreten.

Bezieht man die Wärmeabgabezahlen auf die mittlere Wärmeabgabezahl für 90/70° oder 90/60°, so können bei einem mittleren Temperaturgefälle von 20° Abweichungen von 5 v. H. nach unten oder oben, bei einem mittleren Temperaturgefälle von 30° Abweichungen um 9 v. H. nach oben oder unten auftreten. Bezieht man die Wärmeabgabezahlen auf den ungünstigsten Heizkörper, so treten in der Wärmeabgabe Unterschiede bis zu 11 v. H. bei

20° und bis zu 17 v. H. bei 30° Temperaturgefälle in den Heizkörpern auf.

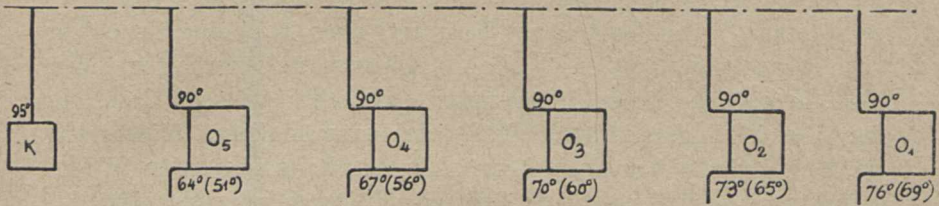


Abb. 13.

Wärmeabgabe w je qcm Heizfl. =	365 WE/st.	375 WE/st.	$\vartheta_m = 20^\circ$ 385 WE/st.	394 WE/st.	404 WE/st.
Abweichung v. H.					
a. 365 WE/st. bez.	0 v. H.	3 v. H.	5 v. H.	8 v. H.	11 v. H.
a. 385 WE/st. bez.	- 5 v. H.	- 3 v. H.	0 v. H.	+ 3 v. H.	+ 5 v. H.
			$\vartheta_m = 30^\circ$, te eingeklammert.		
w =	324 WE/st.	339 WE/st.	352 WE/st.	368 WE/st.	380 WE/st.
+ a. 324 WE bez.	0 v. H.	4 v. H.	9 v. H.	14 v. H.	14 v. H.
+ a. 352 WE bez.	- 9 v. H.	- 4 v. H.	0 v. H.	+ 5 v. H.	+ 8 v. H.

Man erkennt hier ganz deutlich den ungünstigen Einfluß des großen Temperaturgefälles in den Heizkörpern, wobei noch die Einschränkung gemacht wurde, daß die Unterschiede im Temperaturgefälle nur Abweichungen bis zu 30 v. H. des angenommenen mittleren Gefälles aufweisen sollen. Hierbei wurde vorausgesetzt, daß die Anlage genauer durchgerechnet wurde. Recht viele Anlagen dürften auch heute noch gewissen Erfahrungswerten bemessen werden und geschah dies jedenfalls früher in den meisten Fällen, so daß man vielfach Anlagen finden kann, die nichts weniger als einwandfrei arbeiten. Es lassen sich an kranken Anlagen zwei Arten von Betriebsstörungen unterscheiden:

1. Anlagen, bei denen ein Teil der Anlage oder einzelne Heizkörper bei höheren Temperaturen aussetzen,
2. Anlagen, bei denen ein Teil der Anlage oder einzelne Heizkörper erst bei höherer Temperatur mitlaufen.

Beide Arten von Betriebsstörungen sind in der Hauptsache auf eine unrichtige Bemessung oder richtiger genommen, auf eine unrichtige Abstimmung der Rohrdurchmesser zurückzuführen.

Störungen der ersten Art treten vorwiegend bei Heizkörpern auf, die im Verhältnis zu dahintergelegenen Heizkörpern des Stromnetzes zu große Widerstände aufweisen, während die Störungen der zweiten Art gewöhnlich an den letzten Heizkörpern eines Rohrnetzes auftreten, wenn in ihnen der Widerstand größer

ist als der wirksame Druck im Verhältnis zu den davor gelegenen Heizkörpern.

Man ist dann gezwungen, die günstiger bedachten Heizkörper zu drosseln. Die Drosselung bedeutet aber nur eine Erhöhung des Einzelwiderstandes. Nach Ambrosius verhalten sich die ζ -Werte in einem Regelorgan umgekehrt wie die Quadrate der Durchflußquerschnitte. Ist ζ der ursprüngliche Widerstand im Regulierhahn bei einem Durchflußquerschnitt F , ζ_1 der Widerstand nach der Drosselung bei einem Durchflußquerschnitt F_1 , so ist

$$\zeta : \zeta_1 = F_1^2 : F^2,$$

oder

$$\zeta_1 = \frac{F^2}{F_1^2} \cdot \zeta.$$

Außerdem ist aber

$$Z = \frac{v^2}{2g} \gamma \zeta, \quad Z_1 = \frac{v^2}{2g} \gamma \zeta_1.$$

Ist z. B. $Z_1 = n Z$, so ist auch $\zeta_1 = n \zeta$

und daher
$$F_1 = \frac{F}{\sqrt{n}}.$$

Es ist aber hierbei noch zu beachten, daß die Drosselung zugleich eine Herabsetzung der Wassermenge in dem betr. Stromkreisteile zur Folge haben soll; mit der Herabsetzung der durchfließenden Wassermenge ist aber eine größere Abkühlung des Wassers und mit diesem eine Erhöhung des Umtriebsdruckes verbunden, so daß in den meisten Fällen erst außerordentlich große Drosselungen zur Verbesserung der Wirkung der schlechter gelegenen Heizkörper beitragen können. Zu starke Drosselungen der Heizkörper können aber wiederum zur Ausschaltung des gedrosselten Heizkörpers führen, weil sie u. U. die Entlüftung der Heizkörper beeinträchtigen können. Man hat dann dauernd mehr oder weniger große Schwierigkeiten im Betriebe zu gewärtigen und der für eine genauere Durchrechnung der Anlage für die Ausführung gebrauchte größere Zeitaufwand ist daher in den meisten Fällen billiger, als ein langwieriges und wiederholtes Einregeln der Anlage.

Es muß immer wieder betont werden:

Je genauer die vorherige Druck- und Widerstandsabstimmung (Berechnung), desto besser wirkende Anlage und desto größerer Nutzen für die installierende Firma.

Dem Gange des Verfahrens bei der Projektaufstellung entsprechend, wären an erster Stelle der Kessel und auch die Heizkörper zu bestimmen gewesen, allein bei der Wichtigkeit der

Rohrbemessung schickt man diese gern voraus. Übrigens hat es nichts auf sich, ob man diesen oder jenen Teil der Anlage früher oder später berechnet, nur muß er berechnet werden, wenn eine gute Wirkung im Einklange mit der Wirtschaftlichkeit der Anlage erreicht werden soll.

b) Kessel.

Da sich die Stockwerks- oder Wohnungs-Warmwasserheizungen im Punkte des Wärmeerfordernisses in kleinem Rahmen halten, so kommen hierfür meist nur die sog. Klein- oder auch Küchenherdkessel in Betracht, welche entweder aus Guß- oder Schmiedeeisen hergestellt werden.

Rietschel-Brabbée¹⁾ geben in ihrem Leitfaden die Berechnung der Kesselheizflächen unter Hinweis auf die allgemeinen Formeln für Heizflächenberechnung.

Die Angaben der Wärmedurchgangszahl $k = 16$ für Walzen-, Cornwall- und Schüttkessel, sowie $k = 14$ für Röhrenkessel sind sinngemäß nur für Schmiedeeisen gültig.

Die allgemeine Formel für die Kesselheizfläche K in qm lautet:

$$K = \frac{W}{k (t_f - t_r)} \cdot \log. \text{ nat. } \frac{t_f - t_1}{t_r - t_1}, \quad (25)$$

worin W die zu deckenden WE einschließlich Zuschlag für Rohrverluste, t_f die Temperatur der Feuergase im Feuerraum, t_r die Temperatur der abziehenden Rauchgase, t_1 die Temperatur des wärmeaufnehmenden Kesselwassers und k die Wärmedurchgangszahl des Kesselstoffes für 1,0 qm Fläche und 1° C Temperaturunterschied bedeuten.

In der Praxis setzt man $t_f = 1200$, $t_r = 250$ und $t_1 = 90^\circ \text{ C}$.

Für Gußeisen in der Wandstärke von etwa 10 mm, wie solche gewöhnlich bei Gußkesseln üblich ist, setzt man $k = 13$, so daß für den Beharrungszustand die Kesselheizfläche K wird:

$$K = \frac{W}{13 (1200 - 250)} \cdot \log. \text{ nat. } \frac{1290 - 90}{290 - 90},$$

$K = 1$ gesetzt, ergibt die Wärmeeinheiten w , welche durch einen Quadratmeter Kesselheizfläche und Stunde an das Wasser übertragen werden.

$$w = \frac{k (t_f - t_r)}{\log. \text{ nat. } \frac{t_f - t_1}{t_r - t_1}} = \frac{13 (1200 - 250)}{\log. \text{ nat. } \frac{1200 - 90}{250 - 90}} = \sim 7000 \text{ WE.} \quad (26)$$

¹⁾ Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen, 6. Aufl., 1922, Julius Springer, Berlin.

In der Praxis rechnet man meist einfacher, indem man aus t_f und t_r die mittlere Temperatur der Rauchgase berechnet und den Unterschied mit der Wassertemperatur t_1 in die Rechnung einführt, es wird:

$$w = k \left(\frac{t_f + t_r}{2} - t_1 \right). \quad (27)$$

Die Zahlenwerte eingesetzt: $w = 8255 \sim 8000$ WE für 1 qm Kesselheizfläche und Stunde als Wärmeübergang an das Kesselwasser, womit man bei ordnungsmäßiger Instandhaltung der Kessel noch keine schlechten Erfahrungen gemacht hat.

In den Preislisten der Kesselhersteller wird die Wärmeübertragung für 1 qm und Stunde meist mit 10000 WE und darüber angegeben. Bei Kleinkesseln, welche im Verhältnis zur Gesamtheizfläche eine größere Kontaktheizfläche (Berührungsfläche mit dem glühenden Koksinhalt) aufweisen, wird gegen eine Belastung mit 10000 WE nichts einzuwenden sein, wenn guter Koks zur Verwendung gelangt. Sollen aber nächst Koks auch noch andere Brennstoffe, wie Holz, Torf, Braunkohlenbriketts usw. verwendet werden, was durch heute nicht selten anzutreffende Umstände geboten sein kann, so wird selbst eine Beanspruchung von 8000 WE Schwierigkeiten verursachen, weshalb es geraten erscheinen dürfte, bei der Bemessung der Kesselheizfläche nicht auf die äußersten Grenzen zu gehen.

Gegenüber der Beschaffenheit der zur Verwendung gelangenden Brennstoffe spielen gewisse andere Gesichtspunkte für die Bemessung der Kesselheizfläche eine verhältnismäßig geringe Rolle. Üblich sind z. B. Sonderzuschläge für täglich unterbrochenen Heizbetrieb, welche der Vollständigkeit halber ebenfalls kurz erörtert werden sollen.

Auch bei Wohnungs-Warmwasserheizungen ist es bei der herrschenden Brennstoffnot üblich geworden, das Feuer über Nacht ausgehen zu lassen.

Nach dem Einstellen des Feuers kühlen sowohl die beheizten Räume als auch die Anlage selbst aus, und während der Anheizzeit müssen die Wärmeverluste wieder erneuert, außerdem aber auch bis zur Erreichung des Beharrungszustandes die für diesen erforderliche Wärmemenge erzeugt werden.

Die bis zur Erreichung des Beharrungszustandes nötige gesamte, nicht stündliche, Wärmemenge heißt W_a , welche sich zusammensetzt aus der stündlich erforderlichen Wärmemenge W mit

einem Zuschlage Z für das Anheizen, mal der Zeitdauer (s Stunden) des Anheizens, es ist somit:

$$W a = (W + Z) s. \quad (28)$$

Nach dem Leitfaden von Rietschel-Brabbée ist die Kesselheizfläche für das Anheizen

$$K = \frac{1,1 [W a + (I + 0,12 B) \cdot (t_w - t_a)]}{w \cdot s}. \quad (29)$$

I ist der Wasserinhalt des gesamten Systems in Kilogramm, B das Gewicht der gesamten Stoffe, aus denen die Anlage hergestellt ist, t_w die mittlere Wassertemperatur im Vor- und Rücklaufrohre des Kessels, $t_w = \frac{90 + 60}{2}$ wie vorn angegeben, t_a diejenige Temperatur, auf welche die Anlage über Nacht abkühlt, es ist $t_a = 30^0 \text{ C}$ zu nehmen, w die von 1 qm Kesselheizfläche überführte Wärmemenge bei der Feuergastemperatur $t_f = 1200$ und der Rauchgastemperatur $t_r = 250^0 \text{ C}$.

$$\begin{aligned} w &= k \left(\frac{t_f + t_r}{2} - t_w \right) \\ &= 13 \left(\frac{1200 + 250}{2} - 75 \right) = 8450 \sim 8500 \text{ WE.} \end{aligned}$$

Über die Größe des Zuschlags herrschen noch große Meinungsverschiedenheiten, bzw. die meisten Firmen rechnen nach eigenen Erfahrungen.

Nach Rietschel ist für den Zuschlag Z zu setzen:

$$Z = \frac{0,0625 (n - 1) W_b}{s}. \quad (30)$$

W_b = stündliche Wärmemenge in WE, die durch alle Außenwände, Fenster, Außen- und auch Dachbodendecken verloren geht (Wärmeverluste).

n = die Zeit der Unterbrechung in Stunden von der Einstellung des Feuers bis zum Beginn des Anheizens;

s = Anheizzeit in Stunden.

Für beide Fälle, d. i. für den Beharrungszustand und für das Anheizen, ist die Kesselheizfläche K zu berechnen und der Kessel nach dem größeren der beiden Werte von K zu wählen, wenn nicht, wie bereits bemerkt, auf das Anheizen bei Anlagen so geringen Umfanges, wie es Wohnungs-Warmwasserheizungen zu sein pflegen, keine Rücksicht genommen und die Kesselheizfläche von vornherein für den Beharrungszustand nicht zu knapp gewählt wird.

Zu dem Kessel gehört ein Schornstein. Die richtige Bemessung desselben ist für die gute Wirkung der Anlage von besonderer Wichtigkeit. Bei Neubauten hat es keine Schwierigkeit, die Größe des Schornsteinquerschnittes nach den Angaben des Entwurfes für die Wohnungs-Warmwasserheizung auszuführen. Bei bestehenden Bauten ist selbstredend zu trachten, den geforderten Schornsteinquerschnitt zu erreichen, indem man, wenn ein gewöhnlicher Hausschornstein nicht ausreicht, deren zwei zusammen nehmen muß. Wie schon erwähnt, ist das Wärmeerfordernis einer Wohnungs-Warmwasserheizung nicht so bedeutend, so daß man für mittlere Wohnungen mit den üblichen Hausschornsteinen zumeist das Auslangen findet. In der Zeitschrift für Heizung und Lüftung¹⁾, X. Jahrgang Nr. 24 vom 15. Juni 1906 ist von H. J. Klinger versucht worden, aus den vielen Formeln für die Berechnung des Schornsteinquerschnitts eine einheitliche Formel zu gewinnen, welcher Versuch zu dem Ergebnisse führte, den Schornsteinquerschnitt F in qm nach folgender Formel zu berechnen:

$$F = 0,00000465 \frac{W}{\sqrt{h}}, \quad (31)$$

worin W die Wärmeeinheiten der betr. Anlage, h die Höhe des Schornsteins in m bedeutet, h ist aus den baulichen Verhältnissen gegeben.

Die Hausschornsteine für die gewöhnlichen Ofenfeuerungen werden in den Maßen von 13 bis 20 cm Quadratseite ausgeführt und ist daher der Querschnitt nicht kleiner zu nehmen, auch wenn die Berechnung einen kleineren Querschnitt ergeben sollte. In den Schornstein für die Wohnungs-Warmwasserheizung ist der Abzug einer anderen Feuerung nicht einzuführen.

c) Heizkörper.

Für die genauere Berechnung der Heizkörper sind die Wassertemperaturen, welche am Eintritt zu den Heizkörpern herrschen, nicht ohne Belang. Bei der Berechnung der Rohrleitungen ist bereits zum Ausdruck gebracht, daß die in der Regel an der Decke des Geschosses verlegte Vorlaufleitung nicht isoliert werden soll, damit eine gewisse Abkühlung in der Vorlaufleitung stattfinden kann, wodurch die Umtriebskraft im System erhöht wird.

¹⁾ Jetzt „Haustechnische Rundschau“, Halle a. S., Carl Marhold, Verlagsbuchhandlung.

In der Regel wird diese Abkühlung für den ungünstigst gelegenen Heizkörper kaum mehr als 5° C betragen.

Für genauere Berechnungen müßte mit dieser geringeren Eintrittstemperatur und mit der um 20° verminderten Austrittstemperatur, welche beide für jeden Heizkörper verschieden sind, gerechnet und im übrigen nach denselben Grundsätzen verfahren werden, wie solche bei der Berechnung der Kesselheizfläche angegeben worden sind.

Danach beträgt die Heizkörperfläche F in qm:

$$F = \frac{W}{k (t_1 - t_2)} \cdot \log. \text{ nat. } \frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0}. \quad (32)$$

Die Temperaturen sind hier sinngemäß folgende:

t_1 = Eintrittstemperatur des Wassers in den Heizkörper,

t_2 = die Austrittstemperatur desselben,

t_0 = die Temperatur der den Heizkörper umspülenden Luft bzw. die Raumtemperatur, in der Regel 20° C.

Um für die Flächeneinheit die Wärmeabgabe w in WE zu erhalten, setzt man $F = 1$, so wird

$$w = \frac{k (t_1 - t_2)}{\log. \text{ nat. } \frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0}}. \quad (33)$$

In der Praxis wird die Formel vereinfacht, indem aus t_1 und t_2 die mittlere Temperatur berechnet und mit der Raumtemperatur t_0 der Unterschied in Rechnung gezogen wird,

$$F = \frac{W}{k \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_0 \right)}; \quad (34)$$

für die Flächeneinheit:

$$w = k \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_0 \right). \quad (35)$$

Genauer sollte man $t_0 = \frac{t_z + t_a}{2}$ dem Mittel aus Zu- und Abströmungslufttemperatur des Heizkörpers nehmen.

Die Werte für k ergeben sich aus nachstehender Zahlentafel 9 der Wärmedurchgangszahlen nach den Regeln des Verbandes der Centralheizungs-Industrie.

In der Zahlentafel 9 sind gleichzeitig die Wärmeabgabezahlen in WE der gebräuchlichsten Heizkörper bei verschiedener Raumtemperatur und bei 90/70° C Heizwassertemperatur enthalten.

Zahlentafel 9.

Wärmeabgabewerte der gebräuchlichsten Heizkörper bei verschiedener Raumtemperatur und Warmwasserheizung mit 90/70° Temperaturgefälle.

(Luftgeschwindigkeit durch natürlichen Auftrieb.)

Raumtemperaturen	Art der Heizkörper	Radiatoren, einsäulig					Radiatoren, zweisäulig					Radiatoren, dreisäulig					Radiatoren, viersäulig					Rippenöfen	Rippenrohrstränge	Rohrschlangen	
		Bauhöhe		700	900	1100	500		700	900	1100	500		700	900	1100	500		700	900	1100			4,0	4,5
	k*) =	7,4	7,2				7,0	6,8				6,6	7,0				6,8	6,7				6,6	6,4		
5	w =	560	540	530	510	500	530	510	505	500	480	480	470	460	450	440	460	450	440	430	420	300	340	810	640
6	w =	550	530	520	505	490	520	505	500	490	470	470	465	450	445	440	450	445	430	420	415	295	330	800	630
8	w =	535	520	505	490	475	505	490	485	475	460	460	455	440	430	425	440	430	420	410	405	290	325	780	610
10	w =	520	505	490	475	460	490	475	470	460	450	450	440	430	420	410	430	420	410	400	390	280	315	760	600
12	w =	505	490	475	460	450	475	460	455	450	435	435	430	415	410	400	415	410	395	390	380	270	305	735	580
15	w =	480	470	455	440	430	455	440	435	430	415	415	410	395	390	385	395	390	380	370	365	260	295	700	550
16	w =	475	460	450	435	425	450	435	430	425	410	410	405	390	385	380	390	385	370	365	360	255	290	690	545
18	w =	460	445	435	420	410	435	420	415	410	400	400	390	380	370	365	380	370	360	355	350	250	280	670	530
20	w =	445	430	420	410	395	420	410	405	395	385	385	380	365	360	355	365	360	350	340	335	240	270	650	510
22	w =	430	420	405	395	385	405	395	390	385	370	370	365	355	350	340	355	350	335	330	325	230	260	630	495
25	w =	410	395	385	375	365	385	375	370	365	350	350	345	335	330	325	335	330	320	315	310	220	250	595	470

*) k-Werte aus den „Regeln“ des V. D. C. I. entnommen.

Bei Verwendung der in der Zahlentafel enthaltenen Wärmeabgabezahlen wird man der genaueren Bestimmung der Wärmeabgabe der Heizkörper nach einer der vorher angegebenen Formeln meist entraten können, da in der Annahme der Heizwassertemperaturen von 90/70° C eine gewisse Sicherheit liegt, denn es steht nichts im Wege, die Heizwassertemperatur im Kessel auf etwa 95° zu steigern. Ein weiterer Ausgleich für die vom Kessel entfernt gelegenen Heizkörper kann darin gefunden werden, daß die Größen derselben nach oben und die der näher zum Kessel belegenen nach unten abgerundet werden.

d) Ausdehnungsgefäße.

Auch die Größe des Ausdehnungsgefäßes muß rechnerisch ermittelt werden, um einem Überkochen bei unvorsichtigem Feuern vorzubeugen und überhaupt um für die größtmögliche Ausdehnung des Wassers Raum zu schaffen.

Der gesamte Wasserinhalt der Anlage betrage J Liter. Die Ausdehnung des Wassers bei einer Temperatur von 100° C gegenüber 0° beträgt rd. 4,3 v. H., so daß die Vergrößerung des Wasserinhaltes, d. i. die Ausdehnungsmenge in Q Litern

$$Q = \frac{4,3 \cdot J}{100} \quad (36)$$

oder 0,043·J wäre.

Da nicht der gesamte Inhalt des Ausdehnungsgefäßes für die Raumvergrößerung des Wasserinhaltes ausgenützt werden kann und um eine genügende Sicherheit zu haben, ist für den Gesamtinhalt des Ausdehnungsgefäßes zweckmäßig 0,1·J zu rechnen, was in Ansehung des geringen Wasserinhaltes von Wohnungs-Warmwasserheizungen noch recht kleine Gefäße ergibt.

Für die Berechnung des Wasserinhaltes der Rohrleitung bediene man sich der Tabelle 1, welche den Inhalt der Rohre verschiedenen Durchmessers für 1 m Länge enthält. Die Wasserinhalte der Heizkessel sind den Listen der Lieferwerke zu entnehmen.

Für 1 qm Radiatorenheizfläche normaler Bauart können 10 l und für 1 qm Rippenheizfläche je nach dem gewählten Modell 1 bis 3 l Wasserinhalt gerechnet werden.

Nach den preußischen Ministerialerlassen vom 10. Febr. 1914,

8. Juli 1915 und 15. März 1921 sollen auch die Sicherheitsleitungen nach dem Ausdehnungsgefäß rechnerisch ermittelt werden.

Nach dem Erlaß vom 8. Juli 1915 ist für die Berechnung der Sicherheitsleitung folgende Formel anzuwenden:

$$d = 14,9 \cdot F^{0,356}$$

worin d = lichter Rohrdurchmesser in mm

F = Kesselheizfläche in qm

bedeuten.

Die Formel ergibt für Kessel bis 4 qm $d = 25$ mm

für Kessel von 4 bis 10 qm $d = 34$ mm

Nach dem Erlaß vom 15. März 1921 ist jeder unmittelbar geheizte Niederdruck-Warmwasserkessel durch zwei unabsperbare, miteinander nicht unmittelbar in Verbindung stehende Leitungen von mindestens 25 mm lichtem Durchmesser mit dem Ausdehnungsgefäß zu verbinden.

Der lichte Durchmesser der Sicherheitsausdehnungsleitung darf hierbei an keiner Stelle geringer sein als

$$D = 15 + \sqrt{20 \cdot F}$$

$$\delta = 15 + \sqrt{10 \cdot F}$$

hierin bedeuten:

D = l. Durchmesser in mm der Vorlaufverbindung (Luftleitung)

δ = " " " " Rücklaufverbindung

F = Kesselheizfläche in qm.

Die Formeln ergeben für Kessel bis 8 qm Heizfläche keinen größeren Durchmesser als 25 mm, so daß für Wohnungs-Warmwasserheizungen in allen Fällen mit diesem Durchmesser auszukommen sein wird. Die Berechnungen sind nach jedem der beiden Erlasse zuläßig.

4. Einzelheiten.

Wenn wir nun zu den Einzelheiten von Wohnungs-Warmwasserheizungen übergehen, so sind wir uns dessen bewußt, daß es bei der Fülle des gebotenen Materials nicht möglich ist, sämtliche Konstruktionen zu berücksichtigen, die für die Ausführung solcher Anlagen zur Verfügung stehen. Es können vielmehr nur einige der charakteristischsten Sonderkonstruktionen Erwähnung finden, von denen im Handel viele ähnliche oder gleichwertige Abarten anzutreffen sind.

a) Kessel.

a) Freistehende gußeiserne Rundkessel.

Die größte Vielgestaltigkeit ist bei den Heizkesseln anzutreffen, die für Wohnungs-Warmwasserheizungen entweder selbstständig oder in Verbindung mit dem Küchenherd zur Anwendung gelangen können.

Was nun zunächst die selbständigen Heizkessel anbetrifft, so sind hier in erster Linie die gußeisernen Klein- oder Rundkessel zu nennen, die den Installationsfirmen seitens der großen Lieferwerke in mustergültiger Ausführung zur Verfügung gestellt werden.

Zu den bekanntesten Vertretern dieser Art gehören:

1. Der Strebel-Rova-Wasserkessel des Strebelwerks, Mannheim. Abb. 14. Derselbe besteht in seiner Grundform aus einem

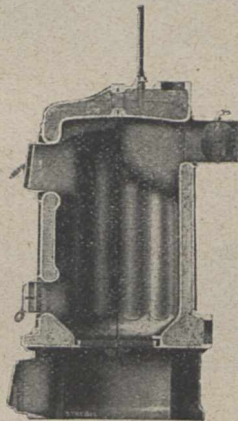
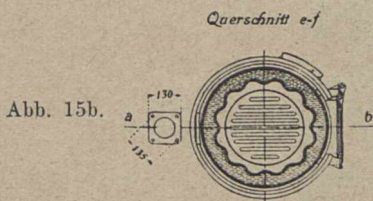
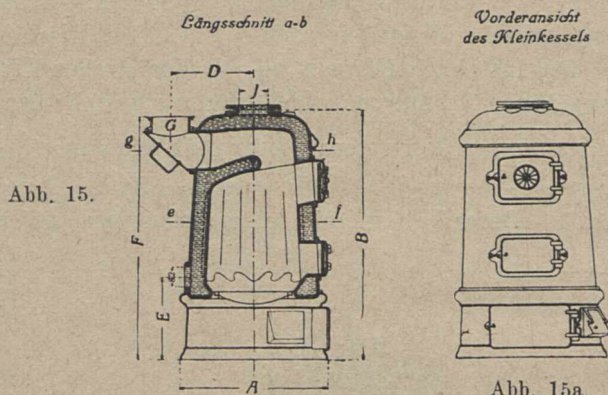


Abb. 14.

Sockel und einem vertikal geteilten Rumpf. Die Verbindung der Wasserräume der beiden Hälften geschieht nach der beim Original-Strebelkessel bewährten Methode rein metallisch mit eingepreßten Rohrrippeln. Wassertaschen unmittelbar vor dem Rauchabzug tragen zur Abkühlung der abziehenden Gase, d. h. zur besseren Ausnutzung des Brennstoffes bei. Ein Isoliermantel mit Haube wird auf Wunsch mitgeliefert. Der Kessel gelangt in 3 Modellen von 0,6 bis 1,1 qm Heizfläche zur Ausführung. Das größte Modell kann durch Einfügung von vertikalen Zwischengliedern bis auf 3,1 qm vergrößert werden, wodurch gleichzeitig mit der Heizfläche auch der Wasserinhalt und die Rostfläche wächst.

2. Der Lollar-Kleinkessel der Buderusschen Eisenwerke, Wetzlar. Auf einem gußeisernen Sockel, der gleichzeitig als Aschfallraum dient, setzt sich der aus einem Stück gegossene Rumpf auf. Durch Anordnung wellenförmiger Wandungen ist eine große, vom Feuer bestrahlte, sehr wirksame Kontaktheizfläche geschaffen, deren günstige Ausnutzung durch eine besondere Führung der abziehenden Gase erreicht wird. (Abb. 15).



Der Kessel gelangt in 6 verschiedenen Größen von 0,6 bis 2,6 qm Heizfläche zur Ausführung.

3. Der National-Rundkessel „Premier“ der Nationalen Radiator-Gesellschaft, Berlin W 66, besteht im Wesentlichen ebenfalls aus einem gußeisernen Untersatz und dem in einem Stück gegossenen sog. Feuertopf mit wellenförmiger Kontaktheizfläche nebst einem Kopfstück mit Rauchrohrstutzen. (Abb. 16).

Der Kessel wird in 5 Modellen hergestellt. Größenveränderungen sind außerdem noch möglich entweder durch Aufsetzen eines sog. Domstückes oder durch Einschalten eines oder zweier sog. Mittel- oder Zwischenglieder, woraus sich 11 Größen von 0,55 bis 3,95 qm Heizfläche ergeben.

Der großen Kontaktheizflächen wegen kann bei den drei erwähnten Rundkesselarten unbedenklich 10000 WE/qm/st gerechnet werden.

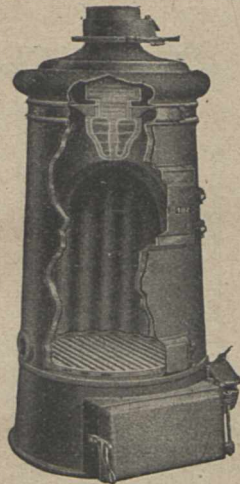


Abb. 16.

β) Freistehende schmiedeeiserne Kessel.

Auch diese Kessel eignen sich in ihren kleineren Modellen für Wohnungs-Warmwasserheizungen.

Ein bekannter Kessel dieser Art ist der schmiedeeiserne Eiffel-Kleinkessel der Fa. Franz Löwenstein, Berlin-Charlottenburg 4. Die gesamte Heizfläche dieses Kessels wird von den Wärmestrahlen des Feuers getroffen und ein Teil der Rauchgaswärme an Querrohre abgegeben, die den oberen Raum der Feuerbüchse in Einwurf und Rauchabzug trennen, wodurch gleichzeitig eine Überwärmung der aus Gußeisen hergestellten oberen Abdeckung verhütet werden soll. (Abb. 17).

Der Kessel wird in 3 Größen von 0,6, 1,2 und 1,8 qm Heizfläche bei einer Höhe von 0,90 bis 1,25 m hergestellt.

Einer besonderen Art von schmiedeeisernem Kleinkessel sei an dieser Stelle noch gedacht, welcher für die Erwärmung einiger in gleicher Ebene liegender Räume mit Vorteil zur Anwendung gelangen kann, wenn außer der Heizung auch noch größere Mengen warmen Zapf- oder Badewassers gebraucht werden.

Es ist dieses der Voggi-Kessel, hergestellt von der Voggi-Kessel G. m. b. H., Hauptsitz München 2. (Abb. 18).

Der Kessel besteht aus einem Unterkessel, dem eigentlichen Heizkessel mit wassergefüllter Doppelwand, in welche Quersiede-

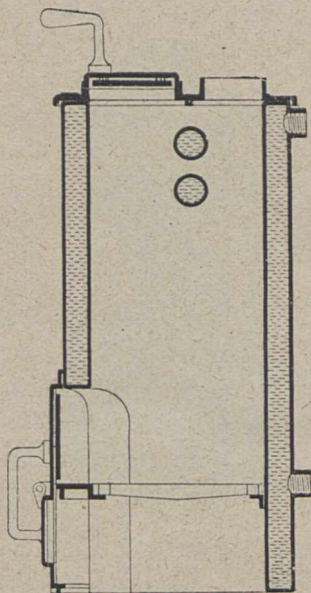


Abb. 17.

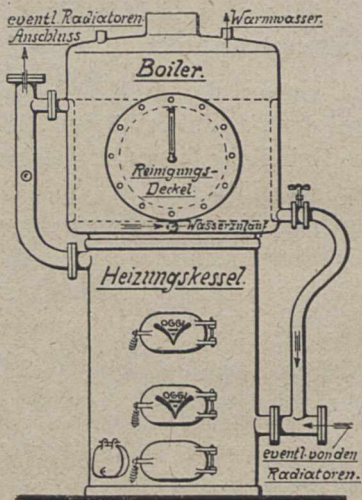


Abb. 18.

rohrbündel eingeschweißt sind. Die Decke dieses Heizkessels bildet gleichzeitig den Boden des aufgesetzten Boilers, welcher im Verein mit dem den Boiler durchziehenden Rauchrohr eine wirksame direkte

Heizfläche für letzteren abgibt, deren Wirkung durch eine vom Heizkessel betriebene Heizschlange gesteigert werden kann. Es wird also Heizwasser und Zapfwasser in einem Aggregat erzeugt, welches keinerlei Zwischenleitungen erfordert und eine weitgehende Ausnutzung der Rauchgaswärme gestattet.

Da der Unterkessel nur eine sehr geringe Höhe aufweist (die Unterkessel bis 1 qm Heizfläche sind nur 0,55 m hoch) so wird sich ein verhältnismäßig guter Wasserumlauf im Heizsystem einstellen, da bei Wohnungs-Warmwasserheizungen auch schon geringe Höhenunterschiede zwischen Kessel- und Heizkörpermitte von Bedeutung sind.

Eine besondere Stellung nehmen die von der Nationalen Radiator-Gesellschaft hergestellten sog. Narag-Kessel ein, die sich ihrem äußeren Ansehen nach von einem Dauerbrandofen in nichts

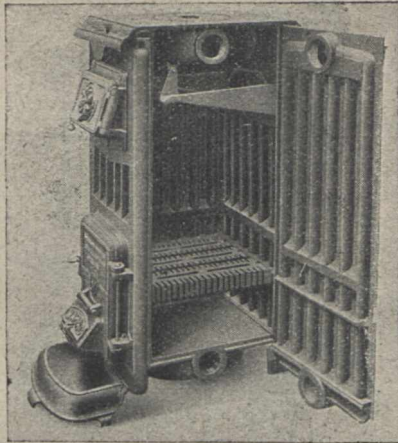


Abb. 19.

unterscheiden und demgemäß in jedem bewohnten Raum bzw. Wohnzimmer aufgestellt werden können. (Abb. 19).

Die Konstruktion des Naragkessels geht aus der Abbildung hervor. Der Kessel wird in 4 Größen von 0,5 bis 1,4 Heizfläche geliefert. Außer der Wärmeleistung des Kessels, welche wie bei den Rundkesseln ebenfalls zu 10000 WE/qm/st ohne Bedenken angenommen werden kann, kommt noch die Wärmeabgabe des Kessels selbst in Betracht, die für die verschiedenen Größen mit 800 bis 1200 WE/st angegeben wird. Eine besondere Eigenschaft des Kessels ist sein geringer Wasserinhalt, welcher für die fraglichen Größen 8 bis 14 l beträgt. Gelangen die Kessel in Gemeinschaft mit den

von demselben Werk gelieferten sog. Classic-Radiatoren zur Anwendung, welche sich ebenfalls durch ihr geringes Gewicht und geringen Wasserinhalt von den normalen Radiatoren unterscheiden, so ergibt sich ein außerordentlich geringer Wasserinhalt und demgemäß ein rasches Hochheizen der Gesamtanlage.

γ) Küchenherdkessel.

Auch die Küchenherdkessel werden entweder aus Gußeisen oder aus Schmiedeeisen angefertigt.

Der gußeiserne Domo-Kessel des Strebelwerkes besteht aus einem besonders geformten Unterglied, sowie gegebenenfalls aus 1 bis 2 gleichartigen Mittelgliedern und dem Oberglied. (Abb. 20).

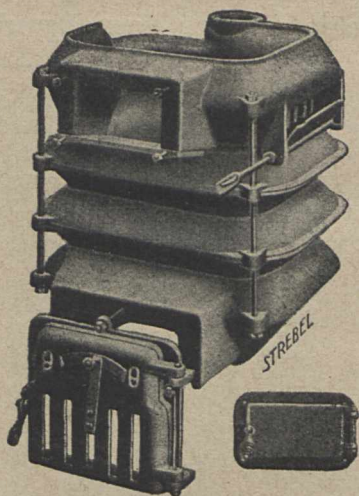


Abb. 20.

Das Unterglied unterscheidet sich von den Mittelgliedern durch einen trapezoidförmigen Querschnitt von größerer Heizfläche; es ist unten mit Klauen versehen, die den Rost tragen. Die Zusammensetzung der Glieder erfolgt durch doppelkonische Stahlrippel.

Die Beschickung des Kessels erfolgt von vorn durch die Fülltür des Obergliedes. Nur beim kleinsten Kessel, der lediglich aus dem Unterglied besteht, erfolgt die Beschickung durch die in jeder Herdplatte befindliche runde Öffnung von oben oder durch die Schürtür.

Für den Sommerbetrieb des Herdes wird ein Einhängerrost geliefert, der im Sommer als Brennmaterialträger dient.

Die Domo-Kessel sind zum Einbau in Kachel- oder eiserne Herde bestimmt, für welche letztere Sondertypen seitens des Strebelwerkes geliefert werden. Die Herde können auch mit Gaskochplatte

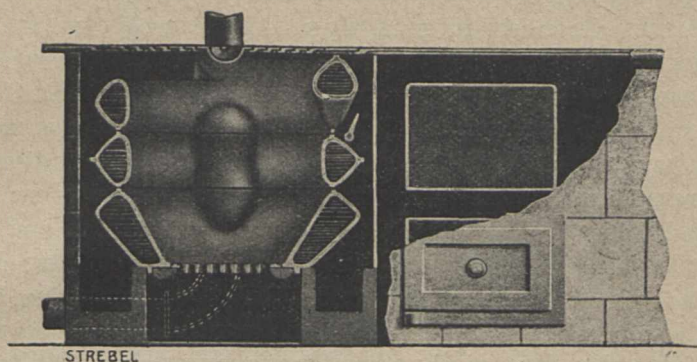


Abb. 20a.

und Wasserschiff ausgestattet werden. Domo-Kessel werden in Größen von 0,7 bis 2,5 qm Heizfläche geliefert.

Der National-Küchenherd-Kessel, Serie 14, der Nationalen Radiator-Gesellschaft besteht aus U-förmigen hintereinander gesetzten Gliedern. Rost und Aschenfall liegen innerhalb des Kessels, da die Glieder im unteren Teil einen geschlossenen, wassergekühlten Boden bilden (Abb. 21). Die Mittelglieder sind unter der Koch-

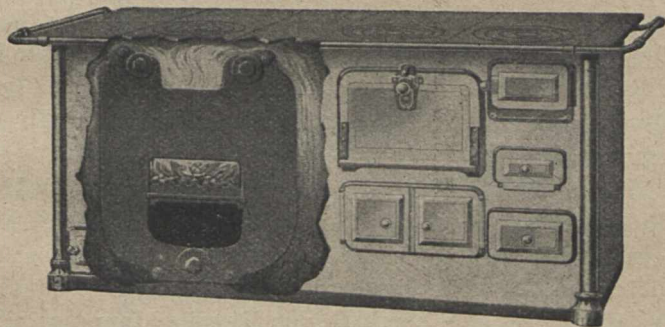


Abb. 21.

und Füllöffnung der Herdplatte offen, wodurch das Kesselfeuer, wenn der Kessel im Küchenherd angeordnet ist, auch für Kochzwecke mitbenutzt werden kann. Die Kessel können von vorn und von oben mit Brennstoff beschickt werden. Für den Sommerbetrieb wird auf besonderen Wunsch ein Korbrost mitgeliefert, der in den Herdkessel eingehängt wird. Die Kessel werden fertig zusammengebaut und bei gleichzeitigem Bezug mit einem Herd in

diesen eingebaut, geliefert. Die normalen Kessel sind in 5 verschiedenen Größen von 2,1 bis 4,6 qm Heizfläche erhältlich. Die dazu gehörigen Küchenherde sind diesen Größen angepaßt und mit Bratofen und Gaseinrichtung versehen. Auf Wunsch kann auch eine Warmwasserbereitung für Gebrauchszwecke eingebaut werden.

Aus der Fülle der Konstruktionen von Küchenherdkesseln sind nur die bekanntesten ausführlicher beschrieben, da es zu weit führen würde, auf die vielen guten, dem gleichen Zweck dienenden Sonderausführungen näher einzugehen. Erwähnt seien noch der H a w e-Küchenherdkessel der Harzer-Werke zu Rübeland und Zorge in Blankenburg a. H. und der Fortschrittkessel von Max Schmidt, Altona, welche ebenfalls eine große Verbreitung gefunden haben.

Herdkessel in ähnlicher Ausführung werden auch aus Schmiedeeisen, entweder ganz geschweißt oder mit eingewalzten Siederohren versehen, geliefert. In diesem Falle bildet der Kessel ein einziges Stück, welches dem Bedarf entsprechend verschieden groß gewählt wird. Kessel dieser Art sind u. a. der Teckha-Kessel der Ageya-Industriebedarfs-G. m. b. H., Hamburg und der Owin-Küchenherdkessel der Firma Oscar Winter, Hannover. Letzterer wird in Größen von 2,5 bis 5,3 qm Heizfläche ausgeführt und kann in schmiedeeiserner oder Kachelherde verschiedener Ausführung eingebaut werden.

Eine besondere Stellung nimmt der Wakatherd der Firma Katz & Kleinmann, Gelsenkirchen, ein, indem der Brat- bzw. Backofen über dem Herd angeordnet ist, so daß die Heizgase des Kessels oder im Sommer nur des Herdes für die Beheizung des Bratofens verwendet werden können, ein zweites Feuer für diesen Zweck also nicht erforderlich ist.

Wie aus der Abb. 22 und 22 a hervorgeht steigen die Heizgase innerhalb des Kessels hoch bis zur Kochplatte, teilen sich hier und stürzen zu beiden Seiten gleichmäßig verteilt nach unten, steigen an der Rückwand wieder hoch und werden getrennt hinter dem Backofen hergeleitet, bis oberhalb der Regulierklappe a, um dann wieder vereinigt in den Kamin geführt zu werden. Durch die Trennungswand b wird eine gleichmäßige Beheizung des Kessels sowohl wie der Kochplatte und des Backofens erzielt. Beim Anzünden wird die Zugwechselklappe 2 geöffnet, wodurch die Feuergase nur einen aufsteigenden Weg zu machen haben, bis das Feuer in Glut ist und die Züge sowie der Kamin genügend erwärmt sind.

Im Sommer, wenn der Kessel von der Beheizung ausgeschaltet sein soll, wird der eingehängte Sommerrost verwendet und die Seitenzüge durch die Platten c abgedeckt. Abb. 22 a. In der

Übergangszeit oder auch im Sommer, wenn der Kessel zu Warmwasserbereitungszwecken in stärkerem Maße herangezogen werden

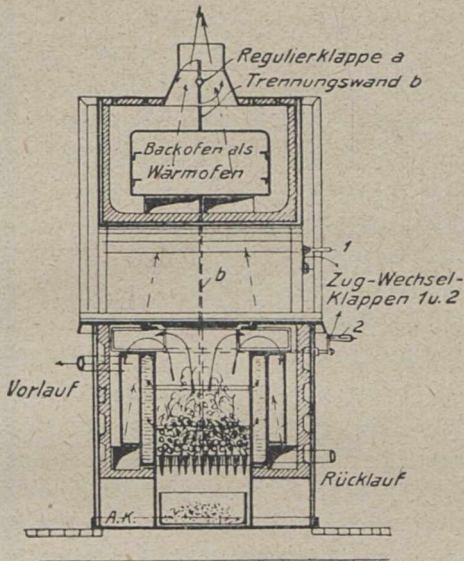


Abb. 22.

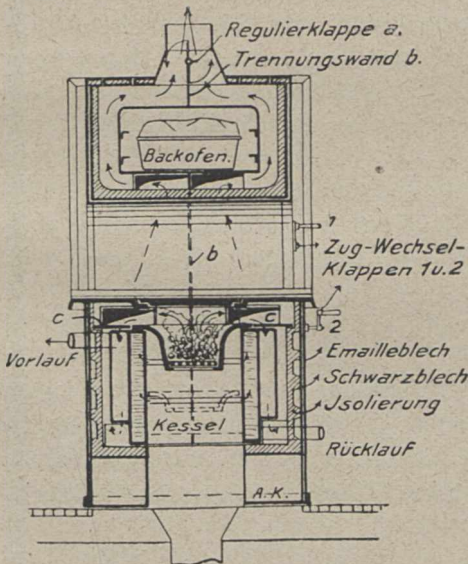


Abb. 22a.

soll, ist die Möglichkeit einer Zwischenrostlage gegeben, wie in der Schnittzeichnung punktiert angedeutet ist.

Bezüglich der Ausrüstung der Kessel ist nicht viel zu bemerken, da sich dieselbe nur auf wenige Teile beschränkt.

δ) Kesselisolierung.

Handelt es sich um einen freistehenden Kessel — also nicht um einen Küchenherdkessel — und gelangt derselbe in einem Raume zur Aufstellung, welcher durch den Kessel gleichzeitig erwärmt werden soll, so erübrigt sich eine Isolierung desselben, da ja die Wärmeabgabe des Kessels dem Raume zugute kommt und dadurch ein besonderer Heizkörper gespart wird.

Nur in dem Falle, daß der Kessel in einem Nebengelaß aufgestellt wird, welches keine Wärme benötigt, wird man zur Isolierung desselben greifen, die dann aber auch zweckmäßig und dauerhaft ausgeführt werden sollte. Für Rundkessel wird gewöhnlich in 3 bis 5 cm Stärke aufgetragene Kieselgurmasse verwendet, welche gegen äußere Beschädigung durch einen Mantel aus dünnem Eisenblech zu schützen ist.

ε) Rauchrohranschluß.

Auch dem Rauchrohranschluß, welcher bei freistehenden Kesseln gewöhnlich aus einem Blechrohr besteht, ist eine gewisse Aufmerksamkeit zuzuwenden. Da die Kleinkessel meist sehr kurze Rauchzüge haben und demgemäß die Abgastemperatur nicht bis auf die unterste Grenze herabgedrückt zu sein pflegt, so läßt sich durch einen verlängerten Rauchrohranschluß leicht noch Wärme gewinnen.

Eine Zugregulierklappe im Rauchrohranschluß als wichtiges Hilfsmittel zur Regelung der Wassertemperatur sollte nicht fehlen. Die Möglichkeit zum Einbringen eines Rauchgasthermometers ist wünschenswert.

ζ) Selbsttätige Verbrennungsregler.

Selbsttätige Verbrennungsregler sind bei Wohnungs-Warmwasserheizungen, besonders bei Verwendung von Küchenherdkesseln nicht üblich und auch nicht erforderlich. Für Kleinkessel geringer Größe genügt vielmehr die Einstellung der Luftzufuhr unter den Rost von Hand.

η) Thermometer.

Dagegen ist ein richtig zeigendes Thermometer in der Vorlaufleitung mit deutlich sichtbarer Skala von großem Nutzen und sollte bei keiner Anlage fehlen.

9) Füllung der Anlage.

Die Füllung der Anlage erfolgt am einfachsten durch unmittelbaren Anschluß des Kessels an die Wasserleitung.

Für die Entleerung ist eine losnehmbare Verbindung zwischen Entleerungshahn und Abflußleitung einer festen Verbindung vorzuziehen, um sicher zu sein, daß das System auch tatsächlich mit Wasser gefüllt bleibt und nicht durch irgend einen Umstand unbemerkt leergelaufen ist, was zu Schäden am Kessel Veranlassung geben kann.

b) Rohrleitungen.

Wie bereits im zweiten Abschnitt unter Einrichtungen erwähnt, ist es bei Wohnungs- oder Stockwerks-Warmwasserheizungen üblich, die Vorlaufleitung vom Kessel aus gerade hoch zu führen und dieselbe im Geschoß, so hoch wie möglich angeordnet, nach den Heizkörpern zu verteilen, wobei es gleichgültig ist, ob die Leitungen mit Gefälle oder mit Steigung verlegt werden, wenn nur die höchsten Punkte derselben entlüftet sind. In der Regel wird man den höchsten Punkt über dem Kessel anordnen und als Entlüftung des gesamten Systems die Verbindung nach dem Ausdehnungsgefäß verwenden. Die Vorlaufleitung verteilt sich dann mit schwachem Gefälle — 1 cm auf 1 m Länge genügt vollkommen — nach den Heizkörpern.

Das gleiche gilt auch für die Rückleitung. Auch diese kann mit beliebigem Gefälle verlegt werden, wenn nur die Höchstpunkte entlüftet sind. Es kann aber auch in sägeförmiger Form über die Türen zurück nach dem Kessel gegangen werden, wenn es vermieden werden soll, Fußbodenkanäle an den Türübergängen anzulegen oder das darunter liegende Geschoß mit Leitungen zu benutzen.

Muß man dazu greifen, die Rückleitung z. B. an Türübergängen im Fußboden zu verlegen, so empfiehlt sich die Herstellung eines abdeckbaren Schlitzes oder Kanals, damit das betreffende Rohrstück zugänglich bleibt.

Gegen die Verlegung der Rückleitung an der Decke des darunter liegenden Geschosses ist ebenfalls nichts einzuwenden, nur kommen die Wärmeverluste dieses Teiles der Rohrleitung dann nicht dem beheizten, sondern dem darunter liegenden Geschoß zugute. Die tiefsten Punkte der Rohrleitung sollten entleerbar sein.

Als Material für die Rohrleitungen wird im allgemeinen Schmiedeeisen verwendet und zwar bis $2\frac{1}{2}$ oder 3 Zoll l. Durchmesser, gleich 66 bzw. 79 mm, entweder stumpf geschweißtes oder nahtlos gezogenes Rohr, welches seitens der Walzwerke in Stangen

von 4 bis 5 m, beiderseits mit Gewinde versehen, geliefert wird. Die Verbindung der Rohre erfolgt durch Muffen.

In nachstehender Tabelle 1 sind die hauptsächlichsten Abmessungen und Angaben über Inhalt und Gewicht der schmiedeeisernen Muffenrohre enthalten.

Tabelle 1 über schmiedeeiserne Muffenrohre.

Benennung Zoll engl.	Innerer	Äusserer	Ober-	Quer-	Inhalt	Gewicht
	Durchm.	Durchm.	fläche	schnitt	lfd. m	lfd. m
	mm	mm	lfd. m qm	qcm	Liter	kg
1/8	6	10	0,031	0,28	0,03	0,40
1/4	9	13	0,041	0,64	0,06	0,57
3/8	12	16,5	0,052	1,14	0,11	0,82
1/2	15	20,5	0,064	1,77	0,18	1,15
5/8	18	24	0,075	2,56	0,26	1,50
3/4	20	26,5	0,083	3,15	0,32	1,72
7/8	24	30	0,094	4,55	0,46	2,25
1	26	33	0,104	5,33	0,53	2,44
1 1/4	34,5	42	0,132	9,4	0,94	3,40
1 1/2	40	48	0,150	12,6	1,26	4,20
1 3/4	43	51	0,160	15,2	1,52	4,60
2	51	59	0,185	20,5	2,05	5,80
2 1/4	60	69	0,216	28,3	2,83	6,80
2 1/2	66	75	0,235	34,3	3,43	7,70
2 3/4	71	81	0,254	39,7	3,97	8,90
3	79	89	0,279	49,0	4,91	10,00
3 1/2	92	102	0,320	66,5	6,68	11,50
4	104	114	0,357	85,0	8,53	13,50

Bearbeitet nach der Normal-Tabelle des Röhren-Syndikates.

Die Werte sind annähernde, d. h. kleinen Schwankungen unterworfen.

Etwas abweichend von diesen sind die sog. Verbandsmuffenrohre, welche an die Mitglieder des Verbandes der Zentralheizungs-Industrie geliefert und mit einem besonderen Stempel versehen werden. Die Tabelle 2 enthält die entsprechenden Angaben über Verbandsmuffenrohre.

Tabelle 2 über Verbandsmuffenrohre.

Bestell- nummer	Innerer		Äußerer	Ober-	Quer-	Inhalt	Gewicht
	Durchmesser						
	Zoll	mm	Durchm.	fläche	schnitt	Ltr./m	kg/m
	engl.		mm	qm/m	qcm		
1	3/8	11,25	16,5	0,050	1,0	0,10	0,88
2	1/2	14,50	20,5	0,065	1,6	0,17	1,26
3	3/4	20,00	26,5	0,082	3,1	0,31	1,87
4	1	25,50	33	0,104	5,1	0,49	2,68
5	1 1/4	34,00	42	0,132	9,1	0,91	3,74
6	1 1/2	39,50	48	0,151	12,3	1,20	4,62
7	1 3/4	43,25	52	0,163	14,7	1,45	5,06
8	2	49,50	59	0,185	19,2	1,89	6,38
26	2 1/2	65,50	76	0,239	33,7	3,32	9,10

Nur für die größeren Durchmesser über 3 Zoll gelangt in der Regel sog. patent- (überlappt) geschweißtes Schmiederohr mit Flanschenverbindung zur Verwendung und zwar werden Flanschenverbindungen bei Stockwerksheizungen deshalb nicht gerne verwendet, weil sie mehr Platz einnehmen und in Wohnräumen unschön aussehen. Anstatt der Flanschenverbindung empfiehlt sich daher autogene Schweißung. Größere Rohrdurchmesser als 4 Zoll oder 102 bzw. 104 mm l. Weite werden für Wohnungs-Warmwasserheizungen selten zur Anwendung gelangen. Tabelle 3 enthält die wichtigsten Angaben über patentgeschweißte Flanschenrohre von 1½ bis 4" l. Durchmesser und Tabelle 4 diejenigen über dazugehörige Formstücke.

Bei der Verlegung der wagerechten Vorlaufleitung und der senkrechten Falleitungen zu den Heizkörpern ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß sich dieselben genügend abkühlen können, worauf wiederholt hingewiesen wird.

Tabelle 3 über schmiedeeiserne Flanschenrohre.

Bestell-Nr. der Verbands- rohre	Innerer Durchmesser		Äußerer Durchm. mm	Oberfläche qm/lf. m	Quer- schnitt qcm	Inhalt Liter lf. m	Gewicht kg lf. m
	Zoll engl.	mm					
	1½	33,5	38	0,120	8,8	0,88	1,97
	2	46,5	51	0,160	17,0	1,70	2,97
9	2½	57,5	63,5	0,199	25,5	2,55	4,45
10	2¾	64	70	0,220	32,2	3,22	4,90
11	3	70	76	0,239	38,6	3,86	5,35
	3¼	76,5	83	0,261	46,1	4,61	6,35
12	3½	82,5	89	0,280	53,7	5,37	6,78
13	3¾	88,5	95	0,298	61,8	6,18	7,30
14	4	94,5	102	0,321	70,3	7,03	9,01

Dieselben sind also weder zu isolieren, noch ist es empfehlenswert, sie eingemauert oder in Schlitzen zu verlegen. Die freie Lage, mit Rohrschellen an der Wand befestigt, ist die beste. Dagegen ist es wünschenswert, das Hauptsteigerrohr vom Kessel nach der Geschoßdecke gut gegen Wärmeverluste zu schützen.

c) Formstücke.

Nebst einer schönen und zweckentsprechenden Rohrverlegung ist die Verwendung geeigneter Formstücke empfehlenswert.

Kniestücke (Winkel) jeder Art sind vom Einbau möglichst ganz auszuschließen, sondern alle Rohre im schlanken Bogen zu biegen. Wo dies nicht angängig ist, dort nimmt man dementsprechend nur ein rundes Kniestück oder einen Muffenbogen.

Tabelle 4. Formstücke zum Verbandsrohr.

Lichter Durchmesser	Krümmer	T-Stücke	Reduktionsstücke			Passend geg. Formstücke von Lichterweite	Blind-Flanschen*)	Flanschabzweige				Gewindeabzweige			
								Lichter Durchmesser			Stück-Gewicht	Lichter Durchm.		Stück-Gewicht	
								des Formstückes	des Abzweiges	d. Formstückes		des Abzweiges			
D mm	Stück-Gewicht ca. kg	Stück-Gewicht ca. kg	größerer D	kleiner D	Stück-Gewicht ca. kg	D mm	Stück-Gewicht ca. kg	größerer D	klein. D	des Abzweiges D	ca. kg	d. Formstückes D	des Abzweiges Gew.°	ca. kg	
57	4,5	7,3				57	1,9						57	$3/4$ bis $5/4$	5,5
64	5,1	7,8				64	2,1						64	$3/4$ b. $1 1/2$	6,2
70	5,7	8,3	70	57	5,5	70	2,6	76	70	57	9,0	70	$3/4$ bis 2	6,9	
76	6,7	10,1	76	64	6,0	76	2,3	82	76	57	10,3	76	$3/4$ bis 2	7,7	
82	7,3	10,8	82	70	7,0	82	2,9	94	82	57	11,7	82	$3/4$ bis 2	8,5	
94	9,7	14,0	94	76	8,5	94	3,9	94	82	70	12,0	94	1 bis 2	10,7	
106	11,1	17,5	106	82	9,5	106	4,5	106	94	57	13,9	106	$1 1/4$ bis 2	12,0	

*) Die Gewichte für die Blindflanschen haben auch für die Ein- und Austrittsflanschen Gültigkeit.

Als Abzweigstücke, die sog. T-, Hosen- und Kreuzstücke, sind solche mit schrägem bzw. gebogenem Abzweig, Abb. 23, 24 und 25 zu verwenden und sinngemäß in die Verteilungsleitungen einzusetzen, d. h. die Abzweige in jene Richtung zu stellen, wie sie der Umlauf des Wassers im Rohrnetz bedingt. Dasselbe gilt von den Kreuzstücken, wenn solche nötig werden sollten. Die Formstücke mit



Abb. 23.

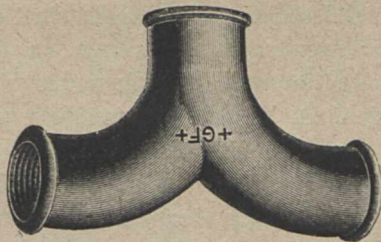


Abb. 24.

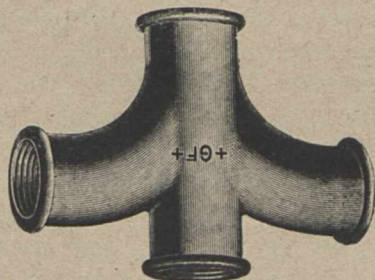


Abb. 25.

gebogenem Abzweig sind besser, weil dadurch die Widerstände im Rohrnetz vermindert werden. Stockwerksheizungen, bei denen der Umtriebsdruck sehr gering ist, sind in dieser Beziehung sehr empfindlich. Durch Verwendung gerader Abzweigstücke kann der ordnungsgemäße Wasserumlauf in einzelnen Heizkörpern gestört werden.

d) Rohrbefestigung.

Was die Lagerung der Rohrleitungen anbetrifft, so ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß deren ungehinderte Dehnung stattfinden kann.

Bei den verhältnismäßig kurzen Entfernungen, die bei Stockwerksheizungen in Frage kommen — gerade Strecken von mehr als 15 m Ausdehnung gehören zu den Seltenheiten — spielt die Ausdehnung der Rohre eine untergeordnete Rolle und sind deshalb sog. Festpunkte in der Rohrleitung, welche die Ausdehnung nur nach gewissen Seiten ermöglichen, kaum erforderlich. 1 m Rohr

dehnt sich bei den in Betracht kommenden Temperaturen um etwa 1 mm aus, im ungünstigsten Falle um 1,5 mm. Achtet man nur darauf, daß die Rohrschellen nicht zu stark angezogen und diejenigen der Abzweigstrecken nicht unmittelbar an den Abzweigstellen, sondern in einiger Entfernung von denselben angebracht werden, so dürften die Maßnahmen für eine ungehinderte Bewegung der Rohrleitungen erschöpft sein.

Eigentliche Dehnungsbogen in das Rohrnetz einer Wohnungs-Warmwasserheizung einzusetzen, dürfte kaum erforderlich werden, da solche erst bei Ausdehnungen des Rohrnetzes von über 30 m in Frage kommen.

e) Rohrumhüllung.

Hinsichtlich der Umhüllung der Rohrleitungen gegen Wärmeverluste ist zu erwähnen, daß, wie bereits bemerkt, in der Regel nur das Steigerrohr vom Kessel und die Rückleitungen zu umhüllen sind, die wagerechte Vorlaufleitung und die senkrechten Stränge zu den Heizkörpern dagegen nicht. Die freiliegenden Strecken der Vorlaufleitung in beheizten Räumen sind als heizend anzunehmen und dann die Heizkörper entsprechend etwas kleiner in ihrer Heizfläche zu bemessen, wodurch die Anlagekosten billiger werden. Hierbei ist aber zu beachten, daß die Wärmeabgabe der an der Decke liegenden Vorlaufleitung für die Erwärmung der Räume nicht voll zur Wirkung gelangen kann, so daß es geraten erscheinen dürfte, den durch die freiliegende Rohrleitung erzielten Wärmegewinn nur mit etwa der Hälfte der Wärmeübertragung als für die Raumwärmerwärmung nutzbar in Ansatz zu bringen.

Liegt die Vorlaufleitung in unbeheizten Räumen, so wird man allerdings zu einer Isolierung derselben greifen müssen, über welche Näheres unter Abschn. 3, Berechnungen ausgeführt, worden ist.

f) Ausdehnungsgefäß.

Über dem höchsten Punkt der Vorlaufleitung ist das Ausdehnungsgefäß aufzustellen, welches dazu bestimmt ist, den durch die Erwärmung vergrößerten Wasserinhalt der Anlage aufzunehmen. Über die Größenbemessung dieses Gefäßes ist das Nähere bereits unter Abschnitt 3, Berechnungen, angegeben.

Die Gefäße werden entweder zylinderförmig, stehend oder liegend, oder viereckig ausgeführt.

Eine besondere Anschlußart, wie sie insbesondere für die sog. Naragheizungen der Nat. Rad.-Ges. zur Anwendung gelangt, ist in

Abb. 26 dargestellt. Hierbei kommen liegende zylindrische Gefäße zur Verwendung. Das gesamte Heizwasser durchfließt das Gefäß und gelangt erst von hier aus durch einen nach unten zeigenden Abzweig in die Vorlaufleitung. Die in der Abbildung eingetragenen Abmessungen können natürlich beliebig, je nach dem Umfang der Anlage gewählt werden. Für Anlagen geringen Umfanges und kleinen Wasserinhaltes, bei welchen das Gefäß unmittelbar über dem Kessel

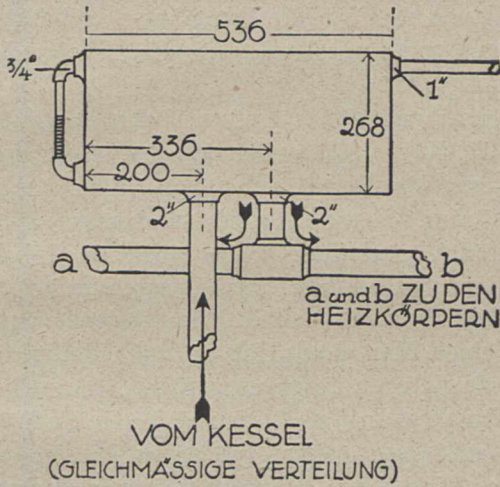


Abb. 26.

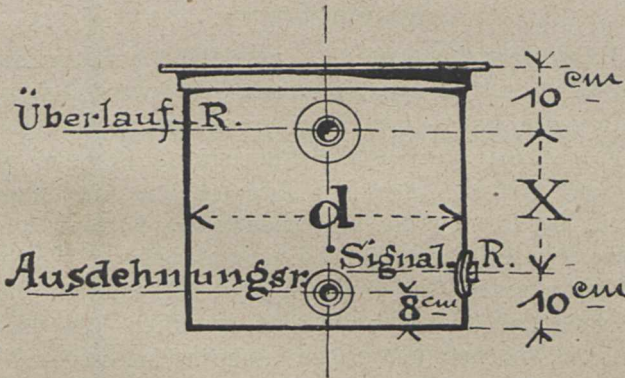


Abb. 27.

aufgestellt werden kann, ist die Anordnung besonders deshalb von Vorteil, weil die Abkühlung des Heizwassers im Gefäß dem Wassercirculation in der Anlage dienstbar gemacht wird. Das Gefäß wird nicht umhüllt und ist mit einem Wasserstandsglas ausgerüstet.

Gewöhnlich werden die Gefäße nach Abb. 27 ausgeführt. Über die Größe der Anschlußleitungen sind nähere Angaben unter Ab-

schnitt 3, Berechnungen, enthalten. Das in der Abb. gezeichnete Signalrohr, welches als $\frac{3}{8}$ Zoll Rohr nach einem in der Nähe des Kessels befindlichen Ausgußbecken geführt und mit einem Hahn versehen werden soll, welcher zur Feststellung, ob im kalten Zustand der Anlage sich im Gefäß Wasser vorfindet, zeitweise kurz zu öffnen ist, gelangt in neuerer Zeit selten zur Ausführung, da diesem Zweck die sog. Wasserhöhenanzeiger ungleich besser entsprechen. Letztere sind Apparate nach Art der für Dampfkessel gebräuchlichen Manometer mit Zeiger und roter Marke für die richtige Wasserhöhe im Gefäß.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß nach der Ministerialverordnung vom 15. März 1921 außer dem Ausdehnungsrohr noch eine zweite Verbindung vom Gefäß nach dem Rücklauf der Anlage hergestellt werden kann. Letztere wird am besten in den Boden des Gefäßes eingeführt. Auf diese Weise nimmt der Inhalt des Gefäßes am Wasserumlauf teil, so daß eine Frostgefahr bei dauernder Benutzung der Heizung nicht besteht. Im übrigen empfiehlt es sich, das Gefäß mit einem Mantel aus Holz zu umkleiden und die Zwischenräume mit Torfmull oder dergl. auszufüllen. Das Überlaufrohr des Gefäßes, welches frostfrei nach der nächsten Entwässerungsstelle zu führen ist, sollte stets etwas größer im Durchmesser ausgeführt werden, als das Sicherheits-Anschlußrohr vom Vorlauf der Anlage.

g) Heizkörper.

Als Heizkörper sind heute fast ausschließlich die sog. Radiatoren in Verwendung, welche für Wohnungs-Warmwasserheizungen gewöhnlich an den Innen- bzw. Korridorwänden zur Aufstellung gelangen. Bei richtig bemessener Rohrleitung ist eine über dem Fußboden auf Sockeln oder Konsolen erhöhte Anordnung nicht erforderlich, dagegen ist die Verwendung der höheren Heizkörpermodelle, von etwa 1000 mm Bauhöhe empfehlenswert. Die Anordnung der Heizkörper unter den Fenstern, die sich nur mit niedrigeren Modellen von etwa 600 mm Bauhöhe bewirken läßt, bedingt ein ausgedehnteres Rohrnetz und größere Rohrdurchmesser und ist daher für Wohnungs-Warmwasserheizungen weniger empfehlenswert. Besonderen Wünschen kann durch Wahl von Heizkörpern mit Wärmeschränken oder Gasofeneinsätzen entsprochen werden. Für verwöhntere Ansprüche lassen sich geschmackvolle Umrahmungen der Heizkörper mit Gehängen aus Metallen, Perl- oder Holzschnüren leicht ausführen. Von eigentlichen Verkleidungen ist der damit verbundenen Verstaubungsgefahr und der behinderten Wärmeabgabe der Heizkörper wegen abzuraten.

h) Absperrvorrichtungen.

Zwecks Regelung der Wärmeabgabe ist in der Regel jeder Heizkörper mit einer Absperrvorrichtung im Vorlauf auszustatten. Nur bei sehr kleinen Anlagen oder solchen mit sehr geringem Wasserinhalt sollte hiervon abgewichen werden, indem es sich in solchem Falle empfiehlt, wenigstens einen der Heizkörper ohne Absperrorgan zu belassen, um dem schnell erwärmten Wasser unter allen Umständen Gelegenheit zur Abkühlung zu geben.

Als Absperrvorrichtungen sind Schieber oder auch Hähne am empfehlenswertesten. Schieber in vollständig geöffnetem Zustande bieten dem Wasserumlauf den geringsten Widerstand. Eckhähne haben einen größeren Widerstand als Durchgangshähne. Am ungünstigsten sind Ventile, welche für Warmwasserheizungen nicht verwendet werden sollten. Absperrvorrichtungen mit sog. Voreinstellung, durch welche kleinere Verschiedenheiten im Wasserumlauf ausgeglichen werden können, welche letztere durch die Abrundung der Rohrdurchmesser auf Handelsmaß nicht ganz zu vermeiden sind, sind auch für Wohnungs-Warmwasserheizungen empfehlenswert.

Die Anschlüsse der Heizkörper sollten mit Metallverschraubungen ausgestattet werden, sofern nicht die Absperrorgane bereits damit versehen sind, um ein leichtes Losnehmen derselben zu ermöglichen.

5. Der Betrieb der Wohnungs-(Etagen-)Warmwasserheizung.

In früheren Jahren hat die Frage, ob es empfehlenswert ist, bei Wohnungs-Warmwasserheizungen den Heizkessel mit dem Küchenherd zu verbinden, wiederholt Anlaß zu Auseinandersetzungen gegeben. Von den Gegnern dieser Verbindung ist mit Recht angeführt worden, daß die Verbindung unzweckmäßig sei, weil die Heiz- und Kochzeiten in der Regel nicht zusammenfallen und es daher der Berechtigung entbehrt, Nachteile für die eine oder die andere der beiden Betriebsarten eben dieser Verbindung zuliebe in den Kauf nehmen zu müssen.

Die neueren Küchenherde mit eingebauten Heizkesseln sind nun entweder derart beschaffen, daß Koch- und Heizbetrieb von einander vollkommen getrennt sind und nur für den Fall, daß die

Ausnutzung der Feuergase des Heizkessels für Kochzwecke gewünscht werden sollte, dieses möglich ist, oder aber der Heizkessel erhält lediglich eine Küchenherd-Ummantelung, die es im Verein mit einer Höher- oder Tieferstellung des Rostes ermöglicht, je nach dem Bedürfnis in erster Linie dem Kochbetrieb oder dem Heizbetrieb entsprechen zu können, oder, wie dieses bei dem Wakatherd der Fall ist, mit demselben Feuer den Brat- oder Backofen zu heizen.

Da es auch an guten Konstruktionen für freistehende Einzelkessel nicht fehlt, wie in Abschnitt 4a näher ausgeführt worden ist, so dürfte allen Ansprüchen, seien diese nun ausschließlich auf den Heizbetrieb oder auf eine Verbindung desselben mit dem Kochbetrieb gerichtet, entsprochen werden können.

Wenn nun in den Mehrfamilienhäusern der Großstädte, wo für Kochzwecke in der Hauptsache Gas verwendet wird und in Einzelhäusern auf dem Lande, in Siedlungen usw., wo Gas nicht zu erhalten ist, für die Wahl des Kesselsystems jeweils andere Gesichtspunkte maßgebend sein werden, so dürften die Anforderungen die eine Wohnungs-Warmwasserheizung zu erfüllen hat, doch dahin zusammenzufassen sein, daß ein unabhängiger und sauberer Betrieb unter Wahrung größter Sparsamkeit im Brennstoffverbrauch gewährleistet werden muß.

Unabhängig ist der Betrieb einer Wohnungs-Warmwasserheizung in einer Mietwohnung gegenüber einer Zentralheizung, welche mehrere Wohnungen mit Wärme zu versorgen hat. Der Besitzer einer solchen Heizung kann dieselbe nach seinem freien Ermessen in und außer Betrieb setzen und das dafür benötigte Brennmaterial kaufen, wann und wo er will. Unter den derzeitigen Verhältnissen, wo die Einnahmen und demzufolge die Fähigkeit, Aufwendungen machen zu können, bei den Mietern eines Hauses sehr verschieden sind, kann dieser Umstand für den Einzelnen eine große Bedeutung erlangen. In Miethäusern mit Zentralheizung mehren sich daher die Fälle, wo Mieter die Abschaltung der Zentralheizung für ihre Wohnung verlangen und darin durch die Rechtssprechung eine Stütze finden. Daß dadurch der Betrieb der Heizung für die an der Gesamtheizung weiter teilnehmenden Mieter unwirtschaftlicher wird, ist ein Umstand mehr, der gegen die Zentralheizung in Miethäusern eingenommen hat.

Die Sauberkeit des Betriebes einer Wohnungs-Warmwasserheizung tritt insbesondere gegenüber der Einzelofenheizung in Erscheinung, indem die mit Heizkörpern versehenen Räume, in denen sonst Öfen mit eigener Feuerung aufgestellt werden müßten, durch Brennstoff- und Aschentransport nicht berührt werden und frei von

Rauch und Ruß bleiben. Es ist eine bekannte Tatsache, daß Wohnungen, welche durch Warmwasserheizung erwärmt werden, einen geringeren Aufwand in der Unterhaltung des Deckenanstrichs, der Wandbekleidungen und der Fußböden erfordern, als solche mit Einzelofenheizung. Daß durch die milde und gleichmäßige Temperatur der Heizkörperoberflächen bei der Warmwasserheizung, die in der Regel 80°C nicht überschreitet, auch den gesundheitlichen Anforderungen am besten entsprochen wird, darf nicht unerwähnt bleiben. Sorge zu tragen ist lediglich für Sauberhaltung der Heizkörper von Staubansatz, was durch öfteres Abwischen mit einem Tuch, wie bei jedem Möbel, leicht zu erreichen ist.

Die Sparsamkeit des Betriebes einer Wohnungs-Warmwasserheizung ist zunächst in der bequemen Anpassung an das Wärmeverfordernis begründet, die es dem Besitzer erlaubt, die Heizung nicht früher in Betrieb nehmen zu müssen, als sein eigenes Wärmebedürfnis es erfordert und sie außer Tätigkeit zu setzen, wenn die Räume nicht mehr gebraucht werden. In dieser Beziehung und in der Fähigkeit, die Wärmeerzeugung dem Bedarf durch Regelung der Heizwassertemperatur in kürzester Zeit anpassen zu können, ist die Wohnungs-Warmwasserheizung jeder anderen Heizart überlegen, wenn man von der Gasheizung und der elektrischen Heizung absieht, die in ihrer Wirkung wohl noch rascher zu beeinflussen sind, die aber wegen der höheren Betriebskosten für eine allgemeinere Anwendung zunächst nicht in Betracht kommen können, wie dieses in nachfolgendem noch näher ausgeführt werden wird.

Eine gute, den jeweiligen örtlichen Verhältnissen angepaßte Ausführung der Heizung wird ebenso wie eine geschickte Betriebs-handhabung die Wirtschaftlichkeit erhöhen. Wenn der Besitzer auch nicht Unbilliges in Bezug auf sparsamen Brennstoffverbrauch verlangen sollte, so darf er über einen offenbar zu hohen Verbrauch doch nicht einfach hinwegsehen, sondern muß sich sachverständigen Rat holen und insbesondere es sich nicht verdrießen lassen, die Bedienung zu kontrollieren oder sie zeitweise selbst zu besorgen, um die Eigenarten seiner Heizung kennenzulernen. Verrußte oder mit Aschenstaub verstopfte Rauchzüge am Kessel oder die falsche Stellung einer Umschaltklappe beim Küchenherdbetrieb sind nicht selten schuld an einer schlechten Heizwirkung und einem übermäßig hohen Brennstoffverbrauch.

Unter den derzeitigen Verhältnissen, wo Brennstoffsparen das Gebot der Stunde ist, wird einem während der Nachtstunden unterbrochenen Betrieb, selbst unter Einbuße gewisser Annehmlichkeiten, im allgemeinen der Vorzug einzuräumen sein.

Die Instandhaltung einer Wohnungs-Warmwasserheizung beschränkt sich auf Sauberhaltung des Kessels, insbesondere seiner Rauchzüge und der Heizkörper. Auch ist dafür Sorge zu tragen, daß das System stets mit Wasser gefüllt ist, was auch während der Sommermonate der Fall sein sollte, da damit der inneren Verrostung vorgebeugt wird. Bei strengem Frost ist darauf zu achten, daß unbeheizte Räume, in welchen Rohrleitungen verlegt sind, frostfrei gehalten werden, da sonst die Gefahr des Einfrierens besteht.

6. Schnellumlaufbetrieb.

Einrichtungen für sog. Schnellumlaufbetrieb des Heizwassers gelangen heute im allgemeinen nicht mehr zur Ausführung, nachdem sich erwiesen hat, daß dieselben im Betrieb weniger sicher und einfach zu handhaben sind und es keine Schwierigkeiten bereitet, Wohnungs-Warmwasserheizungen auch ohne solche Einrichtungen betreiben zu können. Gerade bei Heizungen geringen Umfanges ist Einfachheit das erste Erfordernis, da keine sachverständige Bedienung vorausgesetzt werden kann.

7. Die Verwendung von Gas für Wohnungs-Warmwasserheizungen.

So außerordentlich wertvoll, ja unentbehrlich das Gas für den Küchenbetrieb geworden ist, so wenig hat es sich für Heizzwecke bis jetzt einzubürgern vermocht. Grund hierfür ist die Betriebskostenfrage. Vor dem Kriege konnte 1 kg Koks mit 3500 Wärmeinheiten nutzbarem Heizwert, wie in den gebräuchlichen Heizkesseln normalerweise erreicht wird, für 3 Pf. bezogen werden. 1 cbm Gas, welches bei Verwendung zweckentsprechender Apparate ungefähr den gleichen Heizwert lieferte, kostete damals 20 Pf. Das Gas war demnach etwa 7 mal so teuer wie Koks, wobei bei Verwendung von Gas allerdings die größere Bequemlichkeit in der Bedienung und die bessere Regulierfähigkeit nicht in Anschlag

gebracht sind, die einen erheblichen Teil des 7 fachen Preisunterschiedes, je nach Größe der Anlage und den sonstigen Umständen auszugleichen vermochten.

Immerhin war die Preisspanne zwischen Koks und Gas derart, daß das Gas sich als Dauerheizung von Wohnräumen nicht hat einführen können, wogegen es als Aushilfsheizung in der Übergangszeit oder als Ergänzungsheizung an besonders kalten Tagen wertvolle Dienste leistete. Z. Zt., Ende November 1922, liegt allerdings ein anderes Preisverhältnis vor. 1 kg Koks kostet derzeit in Mitteldeutschland etwa 38 M. und 1 cbm Gas annähernd das Doppelte, also 76 M. Das Gas ist demnach jetzt nur 2 mal so teuer wie Koks. Bei diesem geringen Unterschiede könnten die bereits erwähnten Vorteile der Gasheizung derart in die Wagschale fallen, daß eine erweiterte Anwendung derselben gerechtfertigt erschiene. Es fragt sich nur, ob dieses günstigere Preisverhältnis zwischen Koks und Gas von Bestand ist oder ob sich im Laufe der Zeit nicht wieder eine Annäherung an das Verhältnis der Vorkriegszeit ergibt. Würde letzteres der Fall sein, so würde die Verwendung von Gas für Heizzwecke nach wie vor auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben.

Vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus betrachtet könnte eine weitgehende Verwendung von Gas nur gutgeheißen werden, da die wertvollen Nebenprodukte, die bei der Gaserzeugung gewonnen werden, der Volkswirtschaft zugutekämen.

Die Frage der Verwendung von Gas zu Heizzwecken in größerem Ausmaße wird also zukünftig im Wesentlichen von der Preispolitik der Gasanstalten abhängen. Bleibt das derzeitige Preisverhältnis von etwa 1:2 zwischen 1 kg Koks und 1 cbm Gas bestehen, oder wird dasselbe noch kleiner, so steht eine größere Verbreitung der Gasheizung in Anbetracht ihrer sonstigen Vorteile in sicherer Aussicht. Wird das Verhältnis größer und nähert sich dasselbe wieder dem der Vorkriegszeit von 1:7, so ist keine Ausdehnung des Gasverbrauchs für Heizzwecke zu erwarten.

Für die Beheizung von Wohnungen ergeben sich bei Verwendung von Gas als Heizstoff verschiedene Möglichkeiten.

Als einzige Wärmequelle und als Dauerheizung dürfte das Gas auch bei dem derzeitigen Preisverhältnis zunächst nur ausnahmsweise in Betracht kommen. Häufiger wird dagegen die Anwendung der Gasheizung für Aushilfszwecke in der Übergangszeit sein. Selbständige Gasöfen für diesen Zweck sind bekannt. Steht eine Wohnungs-Warmwasserheizung mit Koksessel zur Verfügung, und will man zeitweise mit Gas heizen, so dürfte die Einschaltung

eines Gaswarmwasserbereiters als zweite Heizquelle neben dem Koksessel keine großen Schwierigkeiten bereiten und zweckmäßig sein, da die Wärmeübertragung an die zu heizenden Räume auf dem Umwege über die Wasserheizung angenehmer und gleichmäßiger erfolgt und für die Verbrennungsprodukte des Gases nur an einer

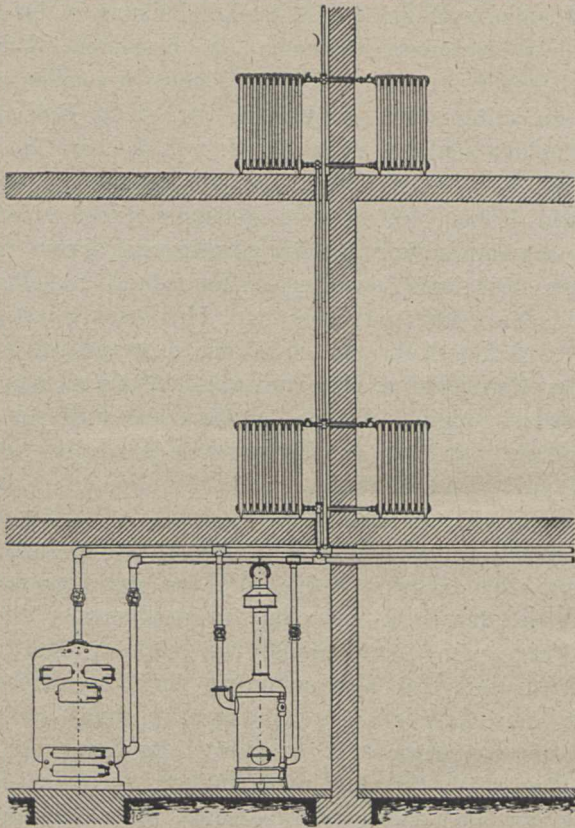


Abb. 28. Einschaltung eines Gaswarmwasserbereiters der Askania-Werke, Dessau, in eine Warmwasserheizung.

einzigsten Stelle, am Gaswarmwasserbereiter, eine Ableitung erforderlich ist, was sonst in jedem beheizten Raume notwendig oder doch wünschenswert ist. Abb. 28. Bei dieser Anordnung kann entweder der Koksessel oder der Gaswarmwasserbereiter für die gesamte Wohnungs-Warmwasserheizung in Betrieb genommen werden und bei Ausschaltung nicht benötigter Räume die Heizwirkung in letzterem Falle auf einen oder zwei Heizkörper beschränkt bleiben, was einen in jeder Beziehung sparsamen und in der Handhabung einfachen Betrieb ergibt. Bei größerer Kälte oder wenn sämtliche

Heizkörper in Betrieb sind, wird dann der Gaswarmwasserbereiter mittels der Verbindungsventile ausgeschaltet und die Anlage arbeitet dann nur mit dem Koksessel in üblicher Weise.

Gaswarmwasserbereiter werden in der Regel mit Vorrichtungen zur selbsttätigen Regelung der Wassertemperatur bzw. Gaszuführung ausgestattet und sind von bekannten Großfirmen bzw. deren Vertretungen in mustergültiger Ausführung zu beziehen.

8. Die Verwendung von Elektrizität für Wohnungs-Warmwasserheizungen.

Vor dem Kriege, als 1 kg Koks mit 3500 WE Nutzwert für 3 Pf. zu erhalten war, kostete 1 KW/st elektrischen Stromes mit 836 WE oder bei 85 v. H. Ausnützung 710 WE Nutzwert in der Großstadt 40 Pf., d. i. für 3500 WE gleich 1 kg Koks rd. 2 M. Der elektrische Strom war demnach für die gleiche Wärmeleistung $\frac{2,00}{0,03} = 66$ mal so teuer wie Koks, wenn nicht ermäßigte Tarife, z. B. für Nachtstrom, zur Anwendung gelangen konnten.

Gegenwärtig ist das Preisverhältnis zwischen Koks und elektrischem Strom aber wesentlich anders. Während z. Zt., Ende November 1922, in Mitteldeutschland 1 kg Koks 38 M. kostet, stellen sich die Kosten für 1 KW/st elektrischer Kraft auf 110 M. und für 3500 WE wie oben auf $\frac{3500}{710} 110 = \text{rd.} 540$ M. Der elektrische Strom

ist demnach für die gleiche Wärmeleistung nur noch $\frac{540}{38} = 14$ mal so teuer wie Koks.

Immerhin ist die Preisspanne noch so groß, daß elektrischer Strom für Heizzwecke in Großstädten als alleinige Wärmequelle und als Dauerheizung nicht in Frage kommen kann. Lediglich dort, wo Elektrizität aus Wasserkraft billig erhältlich ist oder wo der Transport fester Brennstoffe unverhältnismäßig hohe Kosten verursacht, während durch elektrische Leitungen Bodenunebenheiten und sonstige Transportschwierigkeiten ungleich leichter zu überwinden sind, können Ausnahmen in dieser Sachlage eintreten.

Wenn nun auch elektrischer Strom selbst unter dem z. Z. günstigeren Preisverhältnis, von dem aber nicht zu sagen ist, ob es dauernd so bleibt, für Dauerheizung im allgemeinen nicht in Frage kommen wird, so kann derselbe doch als Aushilfsheizung gute Dienste leisten.

Bei den hohen Betriebskosten wird man elektrischen Strom gewöhnlich nur als Teilheizung, z. B. für Fußunterlagen zum Warmhalten der Füße unter dem Schreibtisch usw. zur Anwendung bringen,

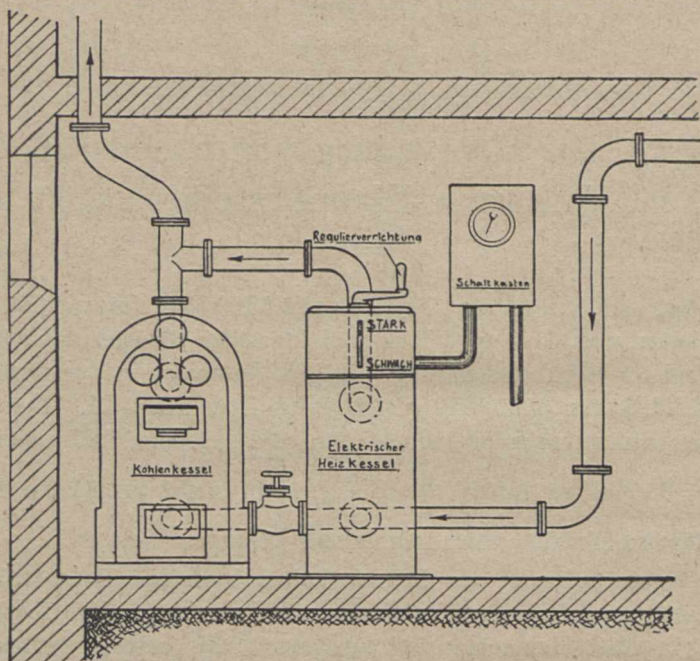


Abb. 29. Verbindung eines elektrisch geheizten Speicherkessels der A. E. G., Berlin, mit einer Warmwasserheizung.

doch kann es auch Fälle geben, wo derselbe als Aushilfsleistung in Verbindung mit einer vorhandenen Warmwasserheizung ein wertvolles Hilfsmittel für die Übergangszeit darstellt.

Die A. E. G., Berlin, und auch andere Elektrizitätsfirmen liefern für diesen Zweck elektrisch beheizte Speicherkessel für die Verwendung und Aufspeicherung von Nachtstrom, unter der Voraussetzung, daß letzterer wesentlich billiger zu erhalten ist, als Strom während der Tages- oder Abendstunden, zu welcher Zeit die Elektrizitätswerke keinen Überschuß haben. Aus Abb. 29 geht die Verbindung eines solchen Speicherkessels mit einer Warmwasserheizung hervor.

Eine weitere Möglichkeit der elektrischen Heizung ergibt sich aus der Anordnung eines sog. elektrischen Durchlauferhitzers, welcher mit einem einzelnen Wasserheizkörper in Verbindung gebracht und an jeden Steckkontakt einer Lichtleitung angeschlossen werden kann. In diesem Falle wird lediglich das Wasser des einen Heizkörpers erwärmt, so daß also von einer Wohnungs-Warmwasserheizung nur ein kleiner Teil für längere oder kürzere Zeit in Betrieb zu halten ist. Berücksichtigt man dabei, daß es unter Verwendung einer derartigen Einrichtung nicht nötig ist, das Gesamtsystem zu erwärmen und ein Feuer im Kessel anzumachen, so können sich bei der Einfachheit, Sauberkeit, Zuverlässigkeit und genau bestimmbaren Wirkung dieser Einrichtung Vorteile ergeben, durch welche die großen Aufwendungen für elektrischen Strom ausgeglichen werden.

Die derzeitige Annäherung der Preise für elektrischen Strom an die Kohlenpreise dürfte jedenfalls eine Anregung dafür geben, denselben mehr als bisher auch für Heizzwecke in Betracht zu ziehen, wozu die Verbindung elektrischer Heizapparate mit Warmwasserheizungen zur Erzielung einer gleichmäßigen und durch übermäßige Wärmestrahlung nicht lästigen Heizwirkung ein in der Anwendung einfaches Hilfsmittel darbietet.

Auch hier wird die Kostenfrage und die Preispolitik der Elektrizitätswerke für die Verbreitung solcher Einrichtungen von entscheidender Bedeutung sein.

Schlußbemerkung.

Die Schwierigkeiten in der Ausführung einer Zentralheizung liegen meist weniger in dem Umfang der Anlage, als in den besonderen Umständen begründet, die auf die Wirkung derselben einen entscheidenden Einfluß ausüben, z. B. dem Höhenunterschied zwischen dem Heizkessel und den Heizkörpern.

Die geringe Größe dieses letzteren bei Wohnungs-Warmwasserheizungen oder sein vollständiges Fehlen, ferner die besondere Art dieser Heizungen erfordern die eingehende Berücksichtigung von Faktoren, die von denen einer normalen Warmwasserheizung in vielen Punkten abweichen.

In den einzelnen Abschnitten des Buches ist versucht worden, nächst einer vollständigen Anleitung zur Berechnung solcher Heizungen mit Beispielen für die wichtigsten Anwendungsfälle, eine Übersicht über die für die Erstellung der Anlagen erforderlichen Einzelheiten zu geben.

Es ist ferner gezeigt worden, daß diese kleinsten der Zentralheizungen ebenso wie die großen Anlagen, die in diesem Buche keine Erwähnung gefunden haben, in allen Teilen sorgfältig berechnet und sachgemäß ausgeführt werden müssen, wenn die erwarteten Wirkungen mit Sicherheit erreicht werden sollen.

Die hierfür gebotenen Hilfsmittel wurden den Eigentümlichkeiten dieser Art Heizungsanlagen angepaßt und auf einen Umfang beschränkt, welcher ihrer üblichen Ausdehnung entspricht, wodurch eine gute Übersicht und eine bequeme Handhabung bei ihrer Benutzung erreicht werden sollte.



Buderus'sche Eisenwerke

Wetzlar

Eisenstein- u. Kohlenbergbau, Hochöfen, Eisen- u. Stahlgiessereien, Zementwerke, Überlandzentrale.

AKT-KAPITAL . MK. 48750000 + ARBEITERZAHL ETWA 10000.

Gusseiserne
Muffen- und
Flanschen-
Röhren,
40-1500 $\frac{mm}{I.W.}$
Formstücke
für Gas- und
Wasser.



Gusseiserne
Abfluss-
Röhren.

Maschinen-
Guss.
Tübbings-
Dammtüren.

Für Zentralheizungen
Buderus - Lollar:
Heizkessel, Radiatoren, Formstücke.

Sämtliche Gegenstände für:
Strassen- und Hausentwässerung,
Feinrechen- und Kläranlagen.

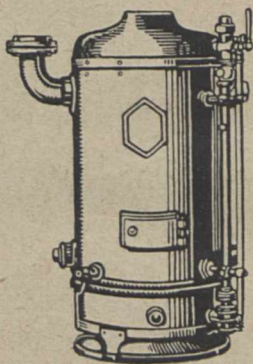
Gusseiserne Porzellan-emaillierte
Badewannen, Wasch-, Spül- und Ausgussbecken,
Zubehör der Wasserleitungsbranche,
Wandbrunnen, Zimmeröfen.

Portland- und Eisenportland-Zement.



Dampf- und Warm- wasser-Heizkessel

mit Gasfeuerung



Das ideale Heizungssystem
ohne Bedienungskosten.

Verlangen Sie unsere neuesten
Druckschriften!

ASKANIA

WERKE ^A/_G DESSAU 52

vorm. Central-Werkstatt - Dessau u. Carl Bamberg-Friedenau.

Weistaler Eisen- und Blechwarenfabrik
Apparatebauanstalt, Schweißwerk
Kesselschmiede und Preßwerk

Fabriken in

Weidenau a. d. Sieg

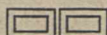
und

Schladern a. d. Sieg

Telefon Amt Siegen 203

Telefon Amt Schladern 48

Telegrammadresse: Weistalerfabrik



Spezialitäten:

Warmwasserbereiter (Boiler)

in allen Ausführungen

Reservoirs und Einlaufkästen

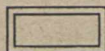
Ausdehnungsgefäße

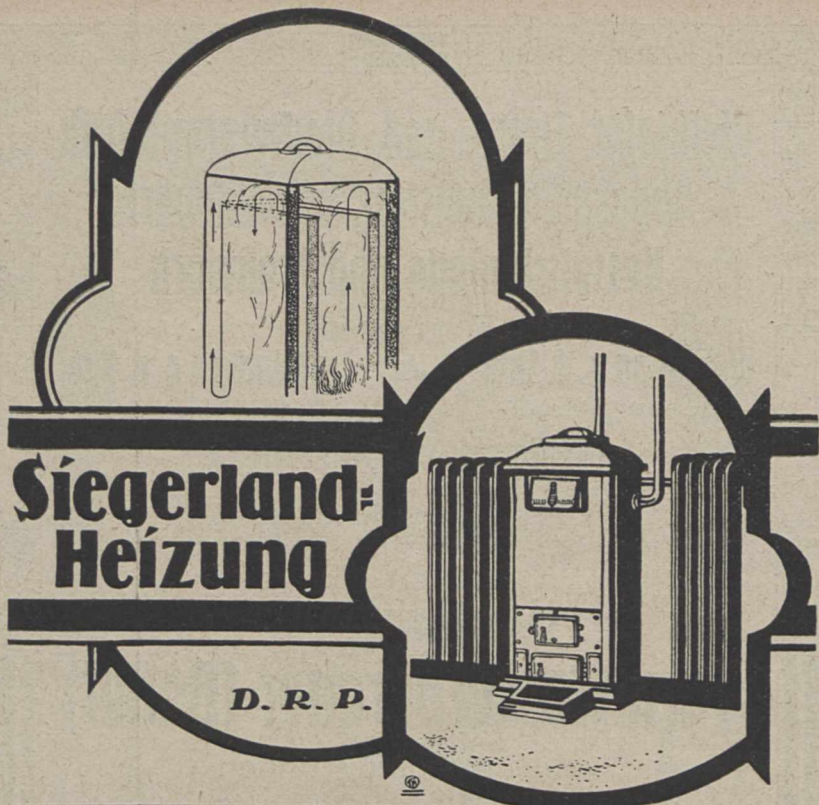
sowie

alle anderen Blecharbeiten

roh, gestrichen und verzinkt

gefalzt, geschweißt oder genietet





Siegerland- Heizung

D. R. P.

die brennstoffsparende Warmwasser-Zentralheizung für Etagen, Kleinhäuser, Geschäfts- u. Büroräume, Cafés usw. Der Heizkesselherd ist gleichzeitig Zimmerofen, Warmwasserbereiter, Badeofen u. Kochstelle u. hat verstellbare Sommer- u. Winterfeuerung! Der Brennstoffverbrauch ist verblüffend gering! Alle gangbaren Radiatoren können Verwendung finden!

Siegerländer Herdfabrik
G. m. b. H.
Geisweid, Kr. Siegen.

Postfach 85

Alleinverkauf für Rheinland, Westfalen und Hannover:
Kaß & Kleinmann, Gelsenkirchen



die
Zentralstelle
 für
gleichzeitige

Heizung von 3-10 Zimmern u. für
 Warmwasser-Versorgung.

*Größte Brennstoffersparnis!
 Seit über 10 Jahren glänzend bewährt!*

Siegerländer Herdfabrik G. m. b. H.

Geisweid, Kreis Siegen

Postfach 85

Alleinverkauf für Rheinland, Westfalen und Hannover:

KATZ & KLEINMANN, GELSENKIRCHEN

Das weltbekannte
Kennzeichen für
Fittings



Mit
**einem
Wort**
gesagt:
unerreicht

A.G. der Eisen & Stahlwerke
vorm. Georg Fischer
Singen, Hohentwiel (Baden)

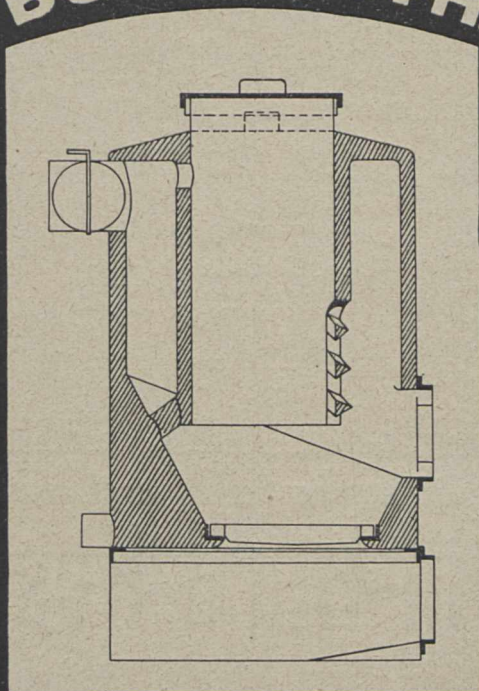
PROPAGANDA STÜTTGART

Samesreuther & Co

G.M.B.H.

BUTZBACH-H.

Deutsches
Reichs-
Patent

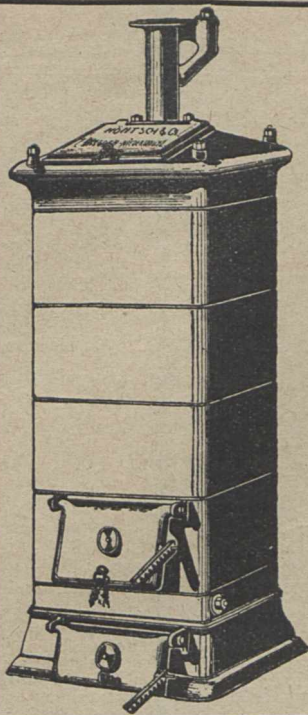


Unterabbrand
einfach
bequem

Schmiedeeiserner WARMWASSERHEIZKESSEL

VORZÜGE DES KESSELS:

Günstige Brennstoffausnützung infolge Unterabbrandes. - Das als Baustoff verwendete Flusseisen hat im Gegensatz zu Gusseisen bessere Wärmeleitfähigkeit und kann dünnwandiger gehalten werden. - Der Vorteil besteht in Material- und Brennstoffersparnis, daher billiger in Anschaffung und Betrieb. - Flusseisen ist im Gegensatz zu Gusseisen leicht reparierbar. - Bedienung bequem, da einfache Regulierung, grossdimensionierter Füllsicht für entsprechende Brennstoffaufnahme und leichte Entschlackungsmöglichkeit. Betrieb auch mit minderwertigen Brennstoffen möglich.



HÖNTSCH's Sektionalkessel

als Heizquelle für Ein- u. Mehr-Etagen-
Heizungen hat wegen seiner Vorzüge

Weltruf

erlangt.

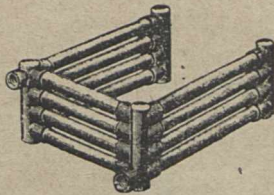
Der Sektionalkessel-Warmwasserkessel kann in jeder Ecke, in der Küche, im Keller, im Waschhaus, ja sogar wie jeder andere Ofen im Wohnzimmer aufgestellt werden. Einen bequemeren, leichter zu bedienenden Heizkessel wird man nicht finden.

Höntschs Kleinkessel erfreut sich in allen Staaten stetig wachsender Beliebtheit

Höntsch & Co.
Dresden - Niedersedlitz 240

Warmwasser-Bereiter

D. R. G. M. 529057



(System Raetsch)

vollständig in Metall, oder in Eisenrohr, unverwüsthlich, für jede Leistung und für jeden bestehenden Küchenherd passend sind die besten für Warmwasserbereitungen und kleine Etagen-Heizungen, diese fertigt als

Spezialität

Paul Raetsch

Görlitz i. Schl.

☛ Preise und technische Auskünfte kostenlos ☛

Carl Marhold Verlagsbuchhandlung in Halle a. S.

KLEINKÜHLANLAGEN FÜR GEWERBE UND HAUS

Von

Oberingenieur **Eduard Reif**, Düsseldorf
Technischer Berater und Sachverständiger der Kälte- und
Isoliertechnik

Mit 143 in den Text gedruckten Abbildungen,
3 Tafeln, sowie 18 Tabellen

Grundzahl*) in Halbleinen gebunden 2,—.

Inhaltsverzeichnis:

Nachteile der Eiskühlung. Kompressionskältemaschinen. Ammoniak-Absorptionsmaschine. Wasserdampfkältemaschine. Anwendung der Kleinkältemaschinen. Biergroßhandlungen. Fleischereien. Würstfabriken. Fischhandel. Wild- und Geflügelhandel. Molkereien. Eierkühlung. Butter und Milchhandlungen. Käsereien. Margarine- und Kunstbutterfabriken. Schokoladefabriken. Konditoreien und Bäckereien. Hotels, Restaurant und Cafés. Weinkellereien. Obst- und Gemüsehandel. Warenhäuser. Pelzhandlungen. Gartenbaubetriebe. Universitäten, hygien. Institute, Krankenhäuser, Leichenhallen, bakteriologische Institute, Sanatorien. Künstliche Eiszeugung. Haushaltungskühlschränke. Kühlung von Wohnräumen. Beschreibung der Kältemaschinen. Die Ammoniak-Kleinkältemaschinen. Die Kohlensäure-Kleinkältemaschinen. Die Schwefligsäure-Kleinkältemaschinen. Die Methylchlorid-Kleinkältemaschinen. Die Ammoniak-Absorptionskältemaschine. Die Wasserdampfkältemaschine. Die Kondensatoren. Tauchkondensatoren. Berieselungskondensator. Doppelrohrgegenstromkondensator. Die Verdampfer. Solekühler. Direkte Verdampfung. Luftkühler. Soleakkumulator. Kombinierte Außen- und Innenkühlung. Bestimmung und Berechnung des Kältebedarfes. Kühlung von Flüssigkeiten. Die Leitungen. Betriebs- und Temperaturkontrolle. Bau- und Isoliertechnisches. Allgemeine Ratschläge für den Bau und Betrieb. Garantien.

Kalender für Heizungs-, Lüftungs- und Badetechniker

Erstes kurzgefaßtes Nachschlagebuch für Gesundheitstechniker
von Oberingenieur **H. J. Klinger**

28. Jahrgang

Mit 53 Abbildungen und 120 Tabellen neu bearbeitet und herausgegeben von
Oberingenieur **J. Ritter**, Hannover

Grundzahl*) in Halbleinen gebunden 2,40.

*) Grundzahl mal offizieller Schlüsselzahl des deutschen Buchhandels ergibt den Ladenpreis.



ROLAND + EFFELL



**HEIZKESSEL
BADEKESSEL** **KLEINKESSEL
GROSSKESSEL**

FRANZ LOEWENSTEIN *CHARLOTTENBURG 4*



Carl Marhold Verlagsbuchhandlung in Halle a. S.

Handbuch der elektrischen Raumheizung

Von Wilhelm Heepke, Gewerbe-Studienrat.

Zweite vollständig neu bearbeitete Auflage.

Mit 153 Abbildungen.

Aus dem Inhalt:

Die Wärmewirtschaft und die elektrische Heizung. — Die Geschichte und die Entwicklung der elektrischen Heizung. Vor- und Nachteile. — Kosten. — Anwendungsgebiete. — Stromverbrauch. — Allgem. Durchführung der elektrischen Heizung. — Lichtbogen- und Widerstandsheizkörper. — Heizkörperbauarten. — Schaltung u. Regulierung. — Anlage u. Betrieb.

Grundzahl*) in Halbleinen gebunden 3,75.

*) Grundzahl mal offizieller Schlüsselzahl des deutschen Buchhandels ergibt den Ladenpreis.

Entwerfen und Berechnen von Heizungs- und Lüftungsanlagen. Von Ratsing. **Otto Wieprecht.** Neu bearb. von Obering. **J. Ritter,** Hannover. 5. bed. verm. und verb. Aufl. Mit 15 Abb. Grundzahl*) in Halbl. geb. 1,75

Handbuch der gesamten Dampfäscherei für Textilstoffe. Von **Otto Neumann.** Mit 89 Abbildungen. Grundzahl*) in Halbl. geb. 2,50

Heizung und Lüftung für Krankenhäuser und Schulen. Von **Joh. Kelling,** Dipl.-Ing. 2. vollst. umgearb. Auflage. Mit 5 Abb. 39 S. Grundzahl*) 0,50

Bestimmung der Durchmesser für unbedeckte Rohrleitungen der Niederdruckdampfheizungen. Von **Joh. Kelling,** Dipl.-Ing. 2. Auflage. 30 Seiten und 8 große Tafeln. Grundzahl*) 0,60

Zur Frage der generellen Regelung bei Niederdruckdampfheizungen. Von **Otto Ginsberg,** Dipl.-Ing. 83 S. Grundzahl*) 1,—

Bestimmung der Rohrweiten für Warmwasserheizungen. Von **Joh. Kelling,** Dipl.-Ing. Mit 5 Abb. u. zahlreichen Tab. 64 Seiten. Grundzahl*) 0,80

Über Fernthermometer. Von **Dr. K. Scheel.** Mit 19 Abb. 48 Seiten. Grundzahl*) 0,50

Der entleuchtete Heizbrenner für Gase und flüssige Brennstoffe. Von **E. Walter,** Ing. Mit 87 Abb. 60 S. Grundzahl*) 0,60

Was soll man bei Einrichtung einer Zentralheizung beachten? Von **M. Knorr,** Ing. 24. S. Grundzahl*) 0,30

Die Hygiene der Zimmerluft. Von **Dr. K. Schäfer** und **Dr. K. Scheel.** Illust. 68 Seiten. Grundzahl*) 0,75

Gesundheitstechnische Nebenanlagen im Fabrikbetriebe. Eine praktische Anleitung zur Einrichtung der Bedürfnis- und Wohlfahrtseinrichtungen für gewerbliche Anlagen und Fabriken. Von Oberingenieur **H. Müllenbach.** Mit 51 Abb. 136 Seiten. Grundzahl*) 1,50

Die Luft im Lichte der Lüftungstechnik. Von **Joh. Kelling,** Dipl.-Ing. 90 Seiten. Grundzahl*) 0,90

*) Grundzahl mal offizieller Schlüsselzahl des deutschen Buchhandels ergibt den Ladenpreis.

Carl Marhold Verlagsbuchhandlung in Halle a. S.

Haustechnische Rundschau

Zeitschrift für Haus- und Gemeindetechnik, für Heizung,
Lüftung und Beleuchtung, Wasserversorgung,
Abwasserbeseitigung und Kanalisation.

Unter Mitwirkung hervorragender Fachgenossen herausgegeben von
Oberingenieur **J. Ritter** und Prof. **H. Chr. Nußbaum**.

Erscheint monatlich dreimal.

Autogene Metallbearbeitung

Älteste Fachzeitschrift für die
Interessen der autogenen Schweiss- u. Schneidverfahren.
Offizielles Organ des Deutschen Acetylenvereins.

Herausgegeben von
Ingenieur **Theo. Kautny**, Düsseldorf-Grafenberg.

Monatlich zwei Hefte.

Leitfaden für Acetylschweißer

Von Ingenieur **Theo. Kautny**.

Sechste vermehrte u. verbess. Auflage. 29. bis 38. Tausend.
VI u. 226 S. Mit 194 Abb. Grundzahl*) geb. 1,25

Adreßbuch der Zentralheizungs-, Lüftungs- und gesundheitstechnischen Industrie.

1. Ausgabe.

Enthält mehr als 6000 Adressen der Installationsfirmen, Fabrikanten,
Lieferanten, Sachverständigen, berat. Ingenieure, Vereine und Verbände,
Fachliteratur, Bezugsquellen.

Grundzahl*) in Halbleinen geb. 1,50

*) Grundzahl mal offizieller Schlüsselzahl des deutschen Buchhandels ergibt den Ladenpreis.

Rosenthal & Schädé, Berlin SW 29

Zossener Straße 55



Manometer

Wasserstandsanzeiger

Thermometer

Armaturen

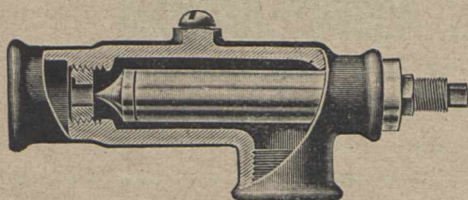
für Niederdruck und Hochdruck

Konstant Apparatebaugesellschaft m. b. H., Reisholz b. Düsseldorf

Fernspr.: Amt Düsseldorf 7625, 7626 Nebenstelle v. Eisenwerken. Tel.-Adr.: Konstantregler

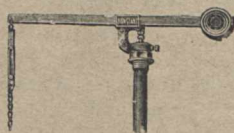
Temperaturregler-Bau

D. R. P. a.
D. R. G. M. a.



Kondenswasserableiter

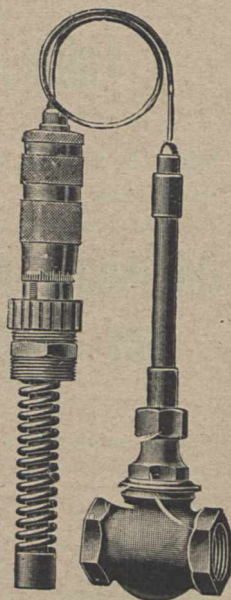
Vorzüge: Ohne Patronenführung, daher keine Widerstände. Zuverlässiges Abdichten, da der Thermostat beweglich an der Regulierspindel gelagert ist.



Feuerungs-Zugregler
für Warmwasserheizung

Bei Verwendung

grosse Heizmittlersparnisse



Wassertemperaturregler

Automatische
Ent- und Belüfter
sowie
Raum- und Wasser-
temperaturregler,
Mischapparate usw.

STREBELWERK

MANNHEIM



HEIZUNGSKESSEL



FÜR

ZENTRALHEIZUNG UND WARMWASSERVERSORGUNG

Strebel "S" Apparate

Raum- u. Wassertemperaturregler

Kondenswasserableiter

Feuerungsregler

Ent- und Belüfter

Armaturen

RADIATOREN

DER

GELSENKIRCHENER BERGWERKS-A.-G.

GENERAL-VERTRIEB:

STREBELWERK

Zweigbüros:

Berlin * Leipzig * Düsseldorf * Hamburg



BIBLIOTEKA GŁÓWNA

350716 L/1



Das vielseitige Anwendungsgebiet der **Narag-Heizung**

einer neuartigen Warmwasser-Zentralheizung von bisher unerreichter Betriebsbilligkeit erstreckt sich auf Landhäuser, Villen, Kleinwohnhausbauten, Siedlungshäuser, Etagenwohnungen, Läden mit Nebenräumen, Büros, Restaurants, Kinos, Stellwerksgebäude, Dachgeschoßansbauten, Garagen usw.

Die NARAG-HEIZUNG weist so viele neue und interessante Gesichtspunkte auf, daß es einer ausführlich illustrierten Broschüre bedarf, um den Fachmann über ihre besonderen Eigenschaften erschöpfend zu unterrichten.

Verlangen Sie kostenfreie Zusendung der neuesten NARAG-Literatur Nr. 111.

NATIONALE RADIATOR GESELLSCHAFT
m.b.H.

BERLIN W 66

Werke: Schönebeck/Elbe — Neuß/Rhein.