



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## Verschiedene Konstruktionen

**Scholtz, Adolf**

**Leipzig, 1900**

Anwendungen.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96800](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96800)

## § 57.

## Anwendungen.

I. Eine der frühen Anlagen des Warmwasser-Niederdrucksystemes, die zur Beheizung des Schulhauses zu **Westerwik** in **Schweden** dient, geben wir auf Tafel 39 in Fig. 1 bis 3 (nach Mitteilungen von **C. A. Wiemann**).

Aus dem im Keller aufgestellten Kessel steigt das warme Wasser in dem vor Abkühlung geschützten Steigerrohr zum Dachraum auf und mündet dort in das Expansionsgefäß ein. Von hier geht das Hauptverteilungsrohr, ebenfalls gut verkleidet, in der Mittellinie des Gebäudes über dem Fußboden des Dachraumes entlang, wie durch punktierte Linien angedeutet ist. — Die Zuführungsrohre für die verschiedenen übereinander stehenden Öfen der drei Etagen zweigen sich sämtlich vom Hauptverteilungsrohre ab und fallen in den Korridoren bis zum Fußboden des Erdgeschosses hinab, um sich dort in einem Hauptsammelrohr zu vereinigen, welches über dem Kellergewölbe und unter dem Korridorfußboden entlang läuft und sich mittels Zweigrohr an den unteren Stufen des Kessels anschließt. Alle Leitungsröhren sind von Gußeisen und haben 125, resp. 104 und 74 mm lichten Durchmesser erhalten; die vertikalen Rohre sowohl, als das horizontale Sammelrohr im Korridor sind mit Gitterplatten überdeckt, um die abgehende Wärme für den Korridor und das Treppenhaus nutzbar zu machen.

Zur Erwärmung der Zimmer sind Cylinderöfen aufgestellt, welche ihr Cirkulationswasser aus den Zuführungsrohren empfangen. Diese Öfen sind nicht von Luftröhren durchzogen, sondern bestehen aus zwei konzentrischen weiten Blechzylindern, zwischen denen das Wasser zirkuliert. Oben und unten sind diese Cylinder durch gußeiserne Ringe verbunden. Dicht über dem unteren Boden tritt das Wasser in den 74 mm breiten, ringförmigen Raum durch ein Rohr ein und durch ein zweites wieder aus; mittels der an den Röhren o angebrachten Regulierungshähne hat man es in der Hand, entweder alles Wasser, welches durch die Röhren strömt, oder nur einen Teil desselben durch die Zimmeröfen zu leiten, oder endlich durch eine dritte Hahnenstellung den Öfen ganz auszuschalten.

Die frische Luft gelangt durch Öffnungen der Außenmauer in einen Kanal am Fußboden und demnächst in den Hohlraum des Ofens, wo der Luftstrom sich erwärmt und oberhalb ins Zimmer strömt. Der Luftzutritt zu den Öfen kann durch Schieber geregelt werden. Endlich ist der Ofensockel mit einer Stellklappe versehen, um neben der Ventilation auch Cirkulation der Zimmerluft bewirken zu können.

Zur Abführung der verbrauchten Zimmerluft dienen Ventilationskanäle v v innerhalb der Mauern, welche abwärts bis zum Fußboden des Kellergeschosses geführt sind. Hier wird die Luft in einem, unter dem Korridor fortlaufenden, gewölbten Kanal, dessen Lage im Grundriß, Fig. 4, angedeutet ist, gesammelt und tritt sodann in den Aspirationschacht, der durch das Rauchrohr der Kesselheizung erwärmt wird. — In den Sommermonaten dient zu gleichem Zweck eine, am Fuße des Rauchrohres angebrachte besondere Feuerung (Vockfeuer).

Der Kessel ist mit einem Flammrohr versehen; das Füllen desselben geschieht mittels einer Handpumpe, welche mit dem Rücklaufrohr kommuniziert und die Füllung ist erwiesen, sobald aus dem im Expansionsgefäß angebrachten Signalrohr Wasser herausfließt. Im Durchschnitt, Fig. 1, ist das Expansionsgefäß dargestellt. Sobald infolge Erwärmung sich das Wasser ausdehnt und endlich über den Rand des Trichters steigt, fließt es durch diesen in das Signalrohr ab, welches im Kesselhause ausmündet.

Wenn andererseits durch die Nachlässigkeit des Heizers das Expansionsgefäß leer wird, hört die Wassercirkulation auf und es bildet sich Dampf im Steigerrohr; dieser tritt endlich in das Signalrohr und giebt dem Heizer das Zeichen zum Anlegen der Pumpe.

II. Warmwasser-Mitteldruckheizung der neuen Realschule in Darmstadt, ausgeführt von **Nietschel & Henneberg** in Berlin und Dresden.

Auf Tafel 40 sind die Grundrisse des Souterrains und zweier darüber befindlicher Geschosse dargestellt. Im dritten und letzten Geschos wird der frontale Mittelbau von der Aula eingenommen, die eine Centralheizung nicht empfangen hat. Die Anordnung der übrigen Räume dieser Etage bietet nichts Abweichendes von derjenigen im zweiten Geschos und kann daher der entsprechende Grundriß entbehrt werden.

Mit Rücksicht auf die symmetrische Anlage des Gebäudes hat jede Hälfte desselben ihren besonderen Wärme-Recipienten empfangen. Dieser besteht für die Warmwasser-Mitteldruckheizung aus je zwei gekuppelten Heine'schen Patentkesseln, deren Konstruktion in § 52 ausführlich beschrieben wurde. Jeder Kessel hat 17,53 qm feuerberührte Heizfläche bei 2,25 m totaler Länge und 0,38 qm Kofffläche. Der Wasserinhalt eines jeden der vier Kessel beträgt 382 l. Ihre Lage und die anschließende Rohrverteilung ist aus dem Grundriß, Tafel 39, Fig. 1, zu sehen. Von der unter der Decke des Souterrains liegenden Rohrleitung steigen nun in der linken Gebäudehälfte 11, in der rechten 9 Wasserstränge zur Versorgung der oberen Etagen auf und ebenjoviele Rückflußrohre führen das abgekühlte Wasser nach dem Souterrain zurück.

Geheizt werden durch die Mitteldruckheizung:

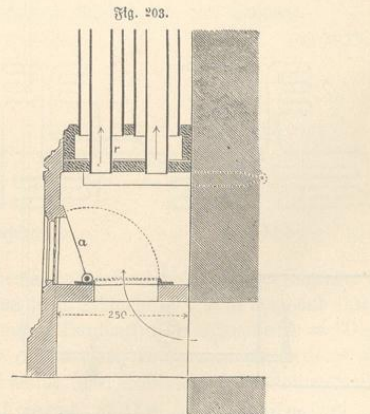
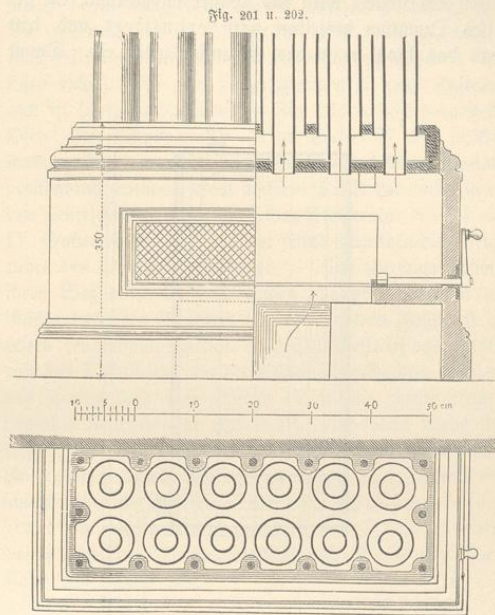
Im I. Geschloß	13	Klassenräume	verschiedener Größe,
" II.	11	"	"
" III.	9	"	"
		zusammen 33 Klassenzimmer mit Röhrenöfen und	
		4 Zimmer (Nr. 11, 28, 29, 43) mit	
		Cylinderöfen;	

überhaupt werden geheizt 7165 cbm Raum mit 490 qm Ofenfläche: es kommen also auf 100 cbm Raum 7 qm Heizfläche. Ungeheizt sind die Korridore, das Treppenhäus, die Räume rechter Hand neben der Haupttreppe und die Aula.

Die in den Räumen aufgestellten Heizkörper haben nur die Aufgabe, den Wärmedurchgangsverlust der Räume auszugleichen; die zuführende Ventilationsluft wird dagegen durch Heizwasserröhren im Kellergeschloß erwärmt. Als Ventilationsbedarf pro Kopf und Stunde sind 10 bis 11 cbm festgestellt worden, wobei sich ein stündlich einzuführendes Luftquantum von 11400 cbm ergab. Zur Vorwärmung der frischen Luft auf  $+20^{\circ}\text{C}$ . sind zwei besondere Heizwasseröfen RR, Tafel 140, Fig. 1, aufgestellt. Die Heizrohre verbreiten sich in gewölbten Kanälen unter der Decke des Souterrains und liegen hier zum Teil in Schlangen gewunden. Die frische Luft tritt bei B in das Souterraingeschoss ein, gelangt in der Richtung des Pfeiles bis zur Vorwärnkammer, strömt von unten her durch eine große Anzahl von Öffnungen in dieselbe, erwärmt sich an den Heizschlangen, zieht, nachdem sie genügend vorgewärmt ist, in vertikalen Zuführungskanälen nach den oberen Geschossen und strömt dort mit der Zimmertemperatur von  $+20^{\circ}\text{C}$ . ein. Die Ventilationsluft dagegen entweicht in die Ventilationskanäle, die im Dachboden zu sechs größeren Sammelschächten zusammengezogen, über Dach geführt und mit Deflektoren versehen sind.

Die Röhrenöfen haben teils sechseckige, teils oblonge Grundform erhalten. In der Konstruktion weichen sie von den auf Tafel 34 dargestellten Öfen nur hinsichtlich der Rohranordnung und Dichtung ab. Die Dichtung der Rohre gegen die Wasserkästen geschieht nämlich wie bei den Lokomotivkesseln durch Einwalzen, wobei vergängliches Dichtungsmaterial in Fortfall kommt. Jedes der zehn vertikalen, patentgeschweißten Rohre, Fig. 201, ist mit einem inneren Cirkulationsrohre von geringerer (35 mm) Durchmesser versehen, das den Kasten ganz durchdringt. Außer der sonstigen Transmissionsfläche wird daher auch die innere Rohrwandung zur Wärmeabgabe benutzt. Das Wasser aber tritt in den oberen Kasten ein und sinkt, durch Wärmeverlust abgekühlt, in dem ringförmigen Räume zwischen den Röhren abwärts nach dem unteren Kasten, während die Luft in dem inneren Cylinder aufsteigt. Es

kann nun nach Belieben entweder Ventilation oder Cirkulation der Zimmerluft stattfinden; im ersten Falle ist die Klappe a in dem hölzernen Ofensockel geöffnet, im letzteren

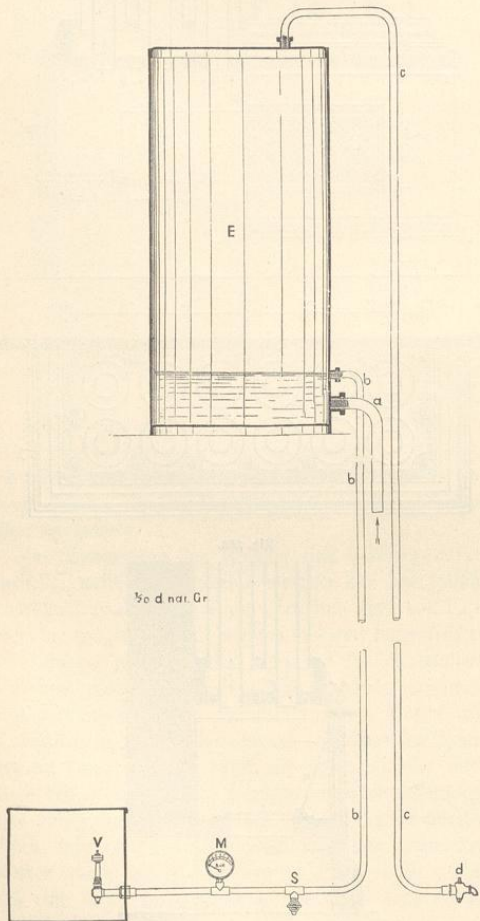


geschlossen. Die Krönung des Ofens ist dekorativ aus Metallguß hergestellt.

Das Expansionsgefäß E (Fig. 204) befindet sich auf dem Dachboden, aber der Ventilkasten mit Doppelventil v ist im Heizraum aufgestellt und dadurch jederzeit für den Heizer kontrollierbar, ohne daß er seinen Platz verläßt.

Das Expansionsgefäß E ist nämlich mit dem Ventilkaften durch das Signalrohr b und mit dem Cirkulationsystem durch das Steigerrohr a verbunden. Beim Heizen des Kessels wird das Wasser ausgedehnt; ein gewisses Quantum desselben wird expulsiert und tritt durch das Rohr a in das Expansionsgefäß ein. Damit

Fig. 204.



aber der Wasserstand im Expansionsgefäß auf normaler Höhe erhalten werde, ist das Signalrohr b angebracht, dessen Hahn S im Heizraum stets Wasser geben muß. Das Rohr b endigt im Ventilkaften, und zwar in dem auf S. 136 beschriebenen Doppelventil V. Endlich ist auf dem Signalrohr ein Manometer M aufgesetzt, an dessen geteiltem Gradbogen der Heizer die Atmosphärenspannung im System ablesen soll.

Wenn nun beim Heizen des Kessels mit zunehmender Temperatur die expulsierte Wassermasse größer wird und über das Signalrohr hinaus steigt, so vermindert sich gleichzeitig der genau bemessene Luftraum über dem Wasserspiegel im Gefäß und (nach dem Mariotte'schen Gesetz) nimmt die Spannung zu. Übersteigt sie aber den Druck von 2 1/2 Atmosphären, so wird das Belastungsgewicht im Ventilkaften gehoben und es strömt Wasser aus. Bei eintretender Abkühlung des Systemes tritt der umgekehrte Fall ein, das expulsierte Wasser tritt in die Leitung zurück und der Zeiger des Manometers sinkt auf den ersten Teilpunkt der Skala. — Damit beim Füllen des Systemes die in den Heizkörpern eingeschlossene Luft entweichen könne, ist vom Deckel des Expansionsgefäßes ein Luftröhr c abgeleitet, dessen Hahn d beim Füllen offen zu halten ist. Wenn der Hahn ganz fortfällt, ist das System ein offenes und kann die Expansionsvorrichtung auch für Niederdruckheizung benutzt werden.

Anlagekosten der Warmwasserheizungen.

Für die neue Realschule zu Darmstadt betragen:

A. Die Gesamtkosten der Warmwasserheizung mit Mitteldruck bei 7165 cbm Heizraum . 32970 Mk.,  
hiervon kommen auf:

4 Röhrenkessel (Patent Heine) nebst	
Montage . . . . .	4790 Mk.,
Röhrenleitung mit Montage . . . . .	8690 "
Heizkörper nebst Zubehör . . . . .	17250 "
Zusammen . . . . .	2240 "

zusammen wie oben (32970 Mk.),  
so daß auf 100 cbm Heizraum an Anlagekosten entfallen: 460 Mk. oder auf:

1 cbm Heizraum 4,60 Mk. Anlagekosten,	
nämlich spezialisiert: 0,67 Mk. für Röhrenkessel,	
1,20 " " Röhrenleitung,	
2,40 " " Heizkörper,	
0,33 " " Diverse,	

wie oben 4,60 Mk. pro 1 cbm Heizraum.

Dividiert man die Gesamtkosten durch den Bodenflächenraum der geheizten Lokale, so entfallen auf den Quadratmeter Fußbodenfläche 19 Mk. Anlagekosten.

B. Das Ventilationsquantum beträgt 11400 cbm pro Stunde. Die Kosten der Ventilationseinrichtung betragen 11250 Mk., nämlich:

Für 1550 m Perkinsrohr mit Montage	6890 Mk.,
" die Regulierungsvorrichtungen . . . . .	4360 "

Summa wie oben.

Jeder Kubikmeter erforderte demnach:

$$\frac{11250}{11400} = 0,98 \text{ Mk. Anlagekosten.}$$

C. Die Pumpenanlage kostete 580,00 Mk.,  
 oder pro Kubikmeter Heizraum . . . 0,08 „  
 Hiernach betragen für 1 cbm Heizraum die Anlage-  
 kosten:  
 a) der Warmwasser-Mitteldruckheizung 4,60 Mk.  
 b) der Ventilation . . . . . 0,98 „  
 c) der Pumpenanlage . . . . . 0,08 „  
 zusammen 5,66 Mk.

Ann. Die Anla ist nicht mit Centralheizung versehen.

Die von C. Heckmann für das Berliner Rath-  
 haus ausgeführte Warmwasserheizung mit Kupfer-  
 röhren hat nachstehende Leistung zu erfüllen:

Es sind zu erwärmen:

- 12188 cbm Korridor- und Treppenraum auf 10° C.;
- 11875 „ Vorzüge, Garderoben u. s. w. auf 15° C.;
- 59380 „ Säle, Bureau Räume auf 20° C.

Im Durchschnitt kostete die Anlage pro Kubikmeter  
 Heizraum . . . . . 5,04 Mk.

Im Gebäude des statistischen Bureaus zu Berlin  
 erreichten die Anlagekosten der von der Firma Schäffer &  
 Walker eingerichteten Warmwasserheizung ebenfalls pro  
 Kubikmeter die Summe von . . . . . 5,04 Mk.

Im Wilhelms-Gymnasium daselbst bei eiserner  
 Röhrenleitung pro Quadratmeter nur . . . . . 4,45 Mk.

Ann. Für kleinere Landhäuser, Villen u. s. w. stellen sich die  
 Kosten der Warmwasserheizung mit kupfernen Leitungen und eisernen  
 Ofen nach C. Heckmann pro Kubikmeter bis . . . . . 8,50 Mk.

§ 58.

III. Auf Tafel 41 geben wir endlich die Anlage einer  
 Heißwasser-Mitteldruckheizung für das Wohnhaus  
 des Herrn v. Maya zu Lipnik in Österreichisch-  
 Schlesien, ausgeführt durch die Firma J. L. Bacon in  
 Berlin.

Das Gebäude ist von allen Seiten freistehend und  
 enthält im Erdgeschoß die Küche, Raum für Dienerschaft  
 und zehn heizbare Piecen. Das Erdgeschoß hat eine lichte  
 Höhe von 4,8 m, der Salon (Nr. 4) von 4,87 m.

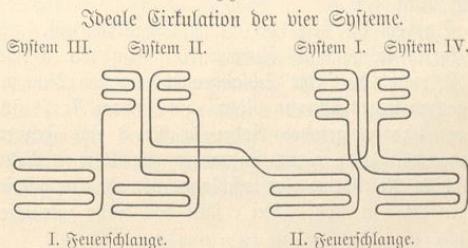
Die Leitungsröhren sind, wo immer zugänglich, zur  
 Erwärmung des Korridors verwendet, d. h. diese Rohrstrrecken  
 liegen im Fußboden und sind mit Platten abgedeckt. Es  
 sind hiernach die toten Rohre nach Möglichkeit vermieden.  
 Ins Freie führen drei Thüren (aus den Zimmern 1, 4  
 und 10), die im Fußboden liegenden Rohre sind an diesen  
 Thürübergängen „verpackt“, um das Einfrieren zu ver-  
 hindern. Sonstige Thürübergänge im Inneren wurden in  
 der früher beschriebenen Weise hergerichtet und zur Trans-  
 mission verwendet. Zur Wärmeabgabe dienen außer den  
 Rohren cylindrische Spiralen in den Fensterbrüstungen. Der  
 Heizofen liegt im Kellergeschoß und ist die dafür gewählte

Brey mann, Baukonstruktionslehre. IV. Vierte Auflage.

Stelle im Grundriß angedeutet. Alle im Fußboden liegenden  
 Rohre sind punktiert.

Die Heizanlage setzt sich aus vier Systemen zusammen,  
 welche durch verschiedene Farben markiert zu denken sind.  
 Die Systeme sind „gekuppelt“, und zwar so, daß je  
 zwei Systeme eine gemeinsame Feuerchlange haben. 1) Der  
 Ofen enthält also zwei Feuerchlangen zu zwei Systemen  
 und ist konstruiert wie der in Fig. 183 u. 184 dargestellte  
 Ofen. Der Schnitt nach a—b auf Tafel 37 wird in Ver-  
 bindung mit den eben genannten Figuren die Kuppelung  
 verständlich machen. Vom höchsten Punkt der links liegen-  
 den Feuerchlange gehen die beiden Steigerohre des III. und  
 IV. Systemes ab, und von der rechts liegenden die Steige-  
 rohre des I. und II. Systemes. — Die Stränge nehmen  
 ihren Weg durch die betreffenden Zimmer, aber nur das  
 Rücklaufrohr des Systemes III kehrt zu dem Fußpunkt der  
 ersten Feuerchlange zurück; an dessen Stelle ist das Retour-  
 rohr des I. Systemes mit der Schlange verbunden, während  
 das Rücklaufrohr von System IV in die zweite (rechts-  
 liegende) Feuerchlange zurückkehrt. Auf solche Weise sind  
 (vergl. Fig. 205) kombiniert: 1) die beiden Systeme jeder  
 Feuerchlange unter sich, und 2) auch je zwei Systeme ver-  
 schiedener Feuerchlangen; die vier Systeme bilden  
 hiernach eine zusammenhängende Rundleitung,  
 welche von einer Pumpvorrichtung gespeist und von einem  
 Ofen aus geheizt wird.

Fig. 205.



Die Dimensionen der Feuerchlangen sind folgende: der  
 lichte Hohlraum jeder Schlange ist 1,57 m lang und 0,23 m  
 breit, also der äußere Durchmesser der Schmalseiten = 30 cm.  
 Die Schlange enthält zwölf Windungen und versorgt, wie  
 schon erwähnt wurde, zwei Systeme mit Circulationswasser.  
 Der zu heizende Raum beträgt 1250 cbm.

1) Die Windungen der beiden Rohre, aus denen sich jede  
 Feuerchlange zusammensetzt, liegen im Ofen alternierend über-  
 einander, weil sie gemeinschaftlich zur Spirale gewunden sind.  
 Zum leichteren Verständnis der Systemkuppelung sind dieselben jedoch  
 in vorstehender Skizze, Fig. 205, auseinandergezogen dargestellt. Dem  
 aufmerksamen Leser wird diese Abweichung von der Wirklichkeit schon  
 durch Betrachtung der Fig. 183 u. 184 klar geworden sein.

Gang der Circulation.

System I steigt bei a zum Fußboden des Erdgeschosses auf, geht durch Zimmer Nr. 10 über den Korridor, im Fußboden nach Nr. 1, woselbst zwei Fensterschlangen, à 16,48 m und im ganzen 64,65 m Transmissionsrohr verlegt sind. Aus Nr. 1 geht das System auf demselben Wege zurück nach Nr. 10; hier liegen 24,8 m Transmissionsrohr. Es fällt bei a zum Ofen zurück.

System II steigt ebenfalls bei a, geht nach Nr. 10, durch Nr. 10 über den Korridor nach Nr. 4, Nr. 3, Nr. 2. In Nr. 2 bildet das Rohr eine Fensterschlange von 8,79 m und im ganzen 15,98 m Rohr. In Nr. 3 eine Fensterschlange von 9,42 m und im ganzen 16,01 m. In Nr. 4 liegen 30,76 m gerades Rohr. Von hier geht das System auf demselben Wege nach Nr. 10 zurück, bildet eine Fensterschlange von 27,93 m und im ganzen 41,74 m und fällt bei a zum Ofen hinab.

System III geht bis b an der Kellerdecke entlang, steigt dann bei b nach Nr. 5 auf, geht nach Nr. 4, macht in Nr. 4 eine Fensterschlange von 30,76 m mit Absperrbahn (15 m können abgesperrt werden) und im ganzen 35,47 m. Von Nr. 4 läuft das System nach Nr. 5, Nr. 6 und Nr. 7; Nr. 7 enthält eine Fensterschlange von 22,6 m und im ganzen 25,99 m Rohr; Nr. 6 erhält eine Fensterschlange von 12,24 m und im ganzen 18,88 m Rohr; Nr. 5 nur 17,89 m gerades Rohr. Bei b fällt das System nach dem Souterrain hinab und geht an der Kellerdecke zum Ofen zurück.

System IV steigt bei c zum Erdgeschoß auf, geht auf kurzem Wege durch Zimmer Nr. 9 und Nr. 8 nach Nr. 7, macht dort eine Schlangenwindung von 28,87 m; im ganzen liegen 33,37 m Rohr. In Zimmer Nr. 7 sind verlegt 10,67 m gerades Rohr; in Nr. 8 eine Fensterschlange von 18,52 m und im ganzen von 41,43 m Rohr; endlich in Nr. 9 eine Fensterschlange von 20,4 m mit im ganzen 30,13 m Rohr. Bei c fällt das Rohr zum Ofen zurück.

Anm. Die Berechnung vorstehender Heizanlage und eine tabellarische Übersicht der verwendeten Rohrlängen findet man in § 60 zusammengefaßt.

Rohrverbrauch und Anlagekosten der Heißwasserheizungen.

I. Für die vorgenannte Villa zu Lipnik stellte sich, nach Angabe der Firma S. L. Bacon, der Gesamtrohrverbrauch bei der Ausführung wie folgt: Es waren erforderlich:

430,5 m Heizrohr . . . . .	oder 72,7	} Prozent der ganzen Rohr- länge.
68,5 m Verbindungen und Wanddurchgänge . . . . .	„ 11,9	
80,0 m Fensterschlangen . . . . .	„ 13,4	
12,0 Durchpumprohre, Ventilkasten-Verbindungen u. s. w. . . . .	„ 2,0	

Der zu heizende Raum beträgt 1250 cbm, so daß auf jeden Kubikmeter Heizraum im vorliegenden Falle 0,34 m Heizrohr entfallen.

Die Anlagekosten betragen rund . . . . . 4000 Mk. und verteilen sich wie folgt:

Rohre, Muffen, T-Stücke und Montage . . . . .	2810 Mk.
Ofenarmatur, Expansionsapparat, Thermometer und sämtliche Rohrhalter . . . . .	515 „
Rohrverkleidungen, Fensterpanneau . . . . .	675 „
Summe wie oben.	

Jeder Kubikmeter Heizraum erforderte daher 3,20 Mk. Anlagekosten.

Anm. Für Gebäude von größerer Ausdehnung und bei Anlage von mehr als einer Etage stellt sich das Verhältnis erheblich günstiger, weil mit der Druckhöhe die Circulationsgeschwindigkeit wächst und mit steigender Mittltemperatur des Wassers auch die Systemlänge vergrößert werden kann.

II. Als derartiges Beispiel ist die von derselben Firma ausgeführte Heizanlage im Gymnasium zu Neustadt-Dresden zu nennen, eine Hochdruckheizung mit starker Ventilation. Nach authentischen Angaben des ausführenden Baumeisters entfallen hierbei auf 1 cbm Heizraum 0,30 laufende Meter Heizrohr.

Die Anlagekosten pro 1 cbm Heizraum betragen nur 2,6 Mk., nämlich für 8076 cbm Heizraum nebst Gittern und Ofenmauerung . . . . . 21000 Mk.

Aufwand an Brennmaterial.

Derselbe betrug pro Jahr . . . . . 1800,00 Mk. oder für jeden Kubikmeter jährlich Heizraum 0,23 „

III. Gymnasium Andreaneum zu Hildesheim, ausgeführt von der Firma Mhl & Poensgen zu Düsseldorf.<sup>1)</sup> Die zu erwärmenden Räume bestehen in 18 Klassenzimmern, dem Zimmer für physikalische Vorträge, einem Zeichenaal, der Bibliothek, dem Konferenz- und Direktorzimmer, zwei Lehrerzimmern und der Aula mit zusammen 6737,1 cbm zu beheizendem Luftraum. Die Ausdehnung und symmetrische Grundrißanlage des Gebäudes gab Veranlassung, die Heizöfen in zwei getrennten Gruppen anzulegen, von denen jede Gruppe wieder in drei getrennten Systemen, entsprechend den drei Geschossen, untergebracht ist. Jedes Geschöß kann unabhängig von den anderen geheizt werden.

Beide Herde enthalten schmale Spiralkammern, ähnlich den Öfen nach Haag'schem Systeme. Die Verteilung der Rohrleitungen und der durch die sechs Systeme zu erwärmenden Lufträume ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich.

1) Nach Mitteilungen von F. Fischer in der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover. Jahrg. 1870.

Gruppe	System für das	Heizraum	Transmissionsröhren	Tote Röhren	Ofenmontierung	Ofenspiralen	Expansions- und Pumpenröhren
		cbm	m	m	m	m	m
westlich	1. Geschloß	526,3	94,1	9,06	14,0	29,24	19,7
	2. "	1089,9	193,6	29,09	12,1	47,16	
	3. "	1665,9	260,0	21,05	11,4	52,63	
östlich	1. "	600,6	105,0	9,06	14,0	29,24	6,8
	2. "	1093,2	195,6	29,60	12,1	47,16	
	3. "	1761,2	270,1	20,10	11,4	52,63	
Summa		6737,1	1118,4	117,96	75,0	258,06	26,5

Es beträgt also:

Die Länge der Heizröhren . . . . .	1118,4 m oder 70,1%	} der gesamten Rohr- länge.
der toten Röhren . . . . .	118,0 " " 7,4 "	
Herdmontierung . . . . .	75,0 " " 4,7 "	
Herdspiralen . . . . .	258,1 " " 16,2 "	
Expansions- und Pumpenröhren . . . . .	26,5 " " 1,7 "	
	1596,0 m	

Hiernach kommen auf 1 cbm Heizraum 0,18 m Heizrohr und mit Einschluß der Herdmontierung u. s. w. 0,24 m Rohr.

Die Anlagekosten der Heißwasserheizung betragen im ganzen . . . . . 20 173 Mk.,  
oder pro Kubikmeter  $\frac{20\ 173}{6737,1} = \text{rot. } 3 \text{ Mk.}^1)$

Für Ventilationseinrichtungen sind ver-  
ausgabt . . . . . 1830 Mk.

§ 59.

**Berechnung der Wasserheizungen.**

Soll die Erwärmung einer bestimmten Anzahl von Räumen oder eines ganzen Gebäudes mittels der Wasser-Circulationsheizung erfolgen, so muß nach Anleitung des § 47 zunächst die Ermittlung des Maximal-Wärmebedarfes dieser Räume vorangehen. Es ist demnach der stündliche Wärmeverlust durch Transmission — und wo Zuführung frischer Luft beabsichtigt ist, auch derjenige durch Ventilation — für jeden Raum gesondert aufzustellen, wobei sich tabellarische Anordnung unter Benutzung der früher ermittelten Transmissions-Koeffizienten empfiehlt. Für die Bestimmung der Temperaturdifferenz  $T-t$  ist die verlangte Zimmertemperatur und die stärkste Winterkälte, wie solche der geographischen Lage des Ortes entspricht, maßgebend.

Das hier folgende Beispiel betrifft die durch **Frauz San Galli** in Petersburg ausgeführte Beheizung eines

1) Der Kohlenverbrauch pro Tag betrug bei der Probeheizung für beide Ofen 350 kg Steinkohlen.

Zügels des Wohnhauses des Herrn **Boehl** daselbst.<sup>1)</sup> Für die Berechnung wurde eine Maximalkälte von  $-37^{\circ}\text{C}$ . und eine Zimmertemperatur von  $+18^{\circ}\text{C}$ . zu Grunde gelegt; danach ist  $T-t = 55^{\circ}$ . Die Wärmeverluste der Haupttage des genannten Gebäudes finden sich in Spalte 1 und 2 der auf Seite 158 gegebenen Tabelle zusammengestellt.<sup>2)</sup>

Die Wärmeabgabe wird nicht durch Wasseröfen bewirkt, sondern von einem kontinuierlich fortlaufenden Rohre, welches durch das ganze Gebäude — meist an den Fronten entlang — geführt und dessen Querschnitt nach den unten folgenden Rechnungen bestimmt ist. Demnach ist die Rohrlänge durch die Breite und Lage der Zimmer bedingt. Aber nur in seltenen Fällen wird die dadurch gewonnene Oberfläche genügen, um den Bedarf an Wärme zu decken: es muß also ein Heizkörper eingeschaltet werden, welcher das noch fehlende Wärmequantum ersetzt und diese Funktion wird durch sogenannte „Batterien“ (Fig. 172) bewirkt. Dies sind gegossene Röhren von dem lichten Durchmesser der Rohrleitung (63 mm), welche mit einer Anzahl (20 bis 70) dünnen Flanschen versehen sind. Das Prinzip dieser Methode ist bereits in § 51 besprochen worden.

Als Wärmerecipient ist im Keller ein einfacher Kessel **a** (Fig. 206) aufgestellt. Das zur Erwärmung der drei Etagen erforderliche Wasserquantum wird diesen wie gewöhnlich durch das Steigerrohr **b**, welches 76 mm lichten Durchmesser erhält, zugeführt. Abweichend von der gewöhnlichen Methode findet die Abzweigung der Etagenleitungen **b' b''** direkt vom Steigerrohr aus statt. Mittels der separaten Fallrohre **c c'** wird das Wasser endlich nach dem Souterrain zurück in den Kessel geleitet. An

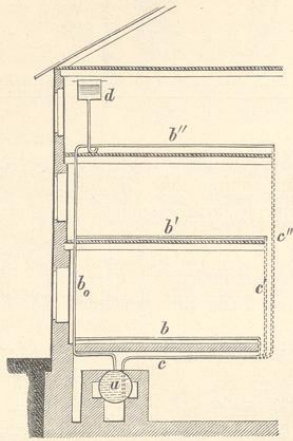
1) Mitgeteilt in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Jahrg. XVI, S. 241, vergl. auch Tafel 10 daselbst.

2) Auf Ventilation der Räume ist dabei nicht Rücksicht genommen, doch dürfte der Apparat bei den hohen Transmissionsziffern auch dieses Luftquantum unter gewöhnlichen Verhältnissen zu erwärmen im Stande sein.

den höchsten Stellen der Rohrleitung sind kleine Hähne angebracht, um die angesammelte Luft ablassen zu können.

Das Auf- und Nachfüllen von Wasser geschieht von dem offenen Ausdehnungsreservoir d aus, welches im Dachgeschloß, 12 m hoch über dem Kessel, angebracht ist. Dieser Wasserfäule entspricht ein Überdruck von 1,16 Atmosphären:

Fig. 206.



die Dampfbildung wird daher nicht bei 100° C., sondern etwa erst bei 123° eintreten, und kann demnach unbedenklich eine Erhitzung des Wassers bis 100° erfolgen.

Erfahrungsmäßig gelangt das Wasser nach dem Ausdehnungsreservoir mit 70° C., die mittlere Temperatur im Steigerrohr ist also

$$T = \frac{100 + 70}{2} = 85,$$

und wenn man die Temperatur beim Wiedereintritt in den Kessel = 50° setzt, so findet man als Temperatur im Rücklaufrohr

$$t = \frac{70 + 50}{2} = 60.$$

Um die Cirkulationsgeschwindigkeit des Wassers im Heizsystem zu ermitteln, benutzen wir die Formel von Péclét

$$v = \sqrt{\frac{2gh \cdot 0,0005 (T-t)}{2 (1,0086 - 0,0005 t) (1 + R)}} \dots (1)$$

Darin ist:

2g = 19,618;

h die Wasserfäule von der Kesselmitte bis zur höchsten Stelle des Systemes;

T die mittlere Temperatur im Steigerrohr = 85°;

t " " " " Rücklaufrohr = 60°;

R die Summe der Hindernisse, welche sich der Wasserbewegung entgegenstellen.

Zur Bestimmung von R kann man die Formeln von Weißbach und Zeuner benutzen. Danach ist:

$$R = \xi_0 + \xi \left( \frac{l_1}{d_1} + \frac{l_2}{d_2} \right) + \xi_1 n_1 + \xi_2 n_2 + (1 + n_3) \cdot \left( \frac{1}{\alpha} - 1 \right)^2 \dots (2)$$

In dieser Formel bezeichnet:

l<sub>1</sub> und l<sub>2</sub>, die Länge des Rohres vom Durchmesser d<sub>1</sub> und d<sub>2</sub>;  
 ξ<sub>0</sub> den Ausflußkoeffizienten aus dem Kessel in die Rohre = 0,505;

ξ den Koeffizienten für die Reibung des Wassers<sup>1)</sup> in den Röhren;

ξ<sub>1</sub> den Widerstand in den abgerundeten Knien = 0,294;

n<sub>1</sub> die Anzahl der Knien (Bogen) in der Leitung;

ξ<sub>2</sub> den Widerstand in den scharfen Knien = 0,485;

n<sub>2</sub> die Anzahl dieser scharfen Biegungen;

n<sub>3</sub> die Anzahl der Rohrverengungen;

α das Verhältnis des Rohrdurchmessers beim Übergang vom Querschnitt F zum Querschnitt f.

Die zu erwärmende Hauptetage enthält einschließlich zweier, mit direktem Licht versehener Korridore 13 Piecen; das durchgehende Transmissionsrohr hat einschließlich der Zu- und Rückleitung zum Kessel 84 m Länge bei 63 mm lichtigem Durchmesser.

Das Steigerrohr ist bis zur Abzweigung 3,81 m lang bei 76 mm lichtigem Durchmesser.

Hiernach ist:

$$\frac{l_1}{d_1} = \frac{3,81}{0,076} = 50,13; \quad \frac{d_2}{l_2} = \frac{84}{0,063} = 1333;$$

n<sub>1</sub> die Anzahl der abgerundeten Bogen ist = 15;

n<sub>2</sub> " " " scharfen Biegungen = 1;

n<sub>3</sub> " " " Verengungen = 1.

Werden diese Werthe in (2) substituirt, so entsteht:

$$R = 0,505 + 0,052 (50,13 + 1333) + 0,294 \cdot 15 + 0,485 + (1 + 1) \cdot \left( \frac{0,013}{0,076} \right)^2 = 77,384.$$

Setzt man endlich in Formel (1) die zugehörigen Werte ein, so erhält man als Ausdruck der Cirkulationsgeschwindigkeit des Wassers in der Hauptetage:

$$v = \sqrt{\frac{0,0005 \cdot 19,62 \cdot 3,81 (85 - 60)}{2 (1,0086 - 0,0005 \cdot 60) \cdot (1 + 77,38)}} = \sqrt{\frac{0,934}{153,40}} = 0,078 \text{ m}$$

pro Sekunde oder v = 4,68 m pro Minute. Demnach ist die

stündliche Cirkulationsgeschwindigkeit = 280,8 m;

d der Durchmesser des Cirkulationsrohres ist = 0,063 m;

f der Querschnitt desselben = 0,003117 qm.

Nun cirkulieren stündlich durch das System:

$$Q = 280,8 \cdot 0,003117 = 0,875 \text{ cbm oder } 875 \text{ Liter Wasser.}$$

Jedes Liter Wasser wiegt ein Kilogramm und giebt für jeden Grad Temperaturdifferenz eine Wärmeeinheit ab;

1) Derselbe ist verschieden für verschiedene Geschwindigkeiten des Wassers und beträgt nach Weißbach für 0,03 0,065 0,094 0,126 0,150 m Geschwindigkeit. ξ = 0,0679 0,0522 0,0453 0,0383 0,0362.

das Circulationswasser des Systemes I giebt also stündlich ab:

$$875 (85-60) = 21875 \text{ W.-Einh.}$$

System I hat Wärmeverluste in 13 Räumen 19401 W.-Einh. Durch Kachelofenheizung im Saal werden produziert . . . . . 2248 "

Es bleiben zu erzeugen nur . . . . . 17153 W.-Einh. Die Annahme 63 mm weite Rohre wird also dem Bedürfnis vollkommen entsprechen.

II. Für das Obergeschoß werden verlangt: 8275 W.-Einh.  
III. " " Souterrain " " 10856 "

Auch diesem Bedürfnis wird durch 63 mm weite Rohre vollkommen genügt, denn die diesen Systemen entsprechenden Geschwindigkeiten und Volumina sind:

$$v = 152 \text{ m und } Q = 481 \text{ l.}$$

I. System. Hauptetage von 13 Zimmern. (Hierzu die Tabelle auf Seite 158.)

Zimmer Nr. 1.

Das Wasser kommt mit 100° vom Kessel, steigt zum Parterre hinauf und gelangt sogleich nach Zimmer Nr. 1 mit der Temperatur von 95,72° C. Hier sollen stündlich abgegeben werden 1446 W.-Einh.; es sind dem Wasser also zu entziehen

$$\frac{1446}{875} = 1,76^\circ \text{ C.}$$

Das Wasser verläßt den Raum mit 95,72—1,85 = 93,76°, so daß die Mitteltemperatur des Heizwassers in Zimmer Nr. 1

$$\frac{95,72 + 93,87}{2} = 94,8^\circ \text{ C. rot.}$$

Die Zimmertemperatur  $t$  ist = 18°, hiernach  $T-t$ , d. h. die nutzbare Temperaturdifferenz = 94,8—18 = 76,8° C.

Die Länge des im Zimmer unterzubringenden Transmissionsrohres ist bekannt, daher auch die Heizoberfläche; die Transmission der 63 mm weiten Rohre ist aus nachstehender Tabelle zu entnehmen.

Wärmeabgabe von einem Quadratmeter Rohroberfläche bei 1° C. Temperaturdifferenz in Wärmeeinheiten.

Innere Rohrdurchmesser in Millimetern	51	63	76	102	127	152
Gusseisernes horizontales Rohr . . .	—	—	7,87	7,65	7,43	7,21
Schmiedeeisernes horizontales Rohr . . .	8,26	8,09	7,93	7,75	7,65	7,35
Vertikale Rohroberfläche . . . . .	8,74	8,61	8,49	8,43	8,35	8,30

Die Heizoberfläche der 63 mm weiten schmiedeeisernen Rohre beträgt bei 3 mm Wanddicke pro lfd. Meter 0,2167 qm; ein laufendes Meter Rohr transmittiert also stündlich für 1° Temperaturdifferenz

$$8,09 \times 0,2167 = 1,76 \text{ W.-Einh.}$$

Die im Zimmer Nr. 1 liegenden 4,27 m Rohr transmittieren  $4,27 \times 1,728 = 7,51 \text{ W.-Einh.}$

und für die nutzbare Temperaturdifferenz von 76,8° C.

$$76,8 \times 7,51 = 576 \text{ W.-Einh. stündlich.}$$

Der stündliche Wärmebedarf von Zimmer Nr. 1 beträgt (laut Tabelle III) 1446 W.-Einh., so daß noch zu erzeugen sind: 870 W.-Einh.<sup>1)</sup>

Anm. In vorliegenden Falle kamen Batterien mit quadratischen Flanschen zur Verwendung. Bei 152 mm Seite- und 6 mm Gußstärke enthält jeder Flansch 0,039 qm Oberfläche und 1 qm Batteriefläche transmittiert stündlich (nach F. Meyer) 6,55 W.-Einh. für 1° Temperaturdifferenz. Bei 76,8° C. nutzbarer Temperaturdifferenz liefert jeder Batteriefansch

$$76,8 \times 0,039 \times 6,55 = 19,5 \text{ W.-Einh.}$$

Demnach wird der Wärmebedarf gedeckt durch  $\frac{870-405}{19,5} =$

$$\frac{465}{19,5} = 24 \text{ Flanschen. In der Ausführung sind 50 Stück angeordnet worden.}$$

In ähnlicher Weise bestimmt sich die Heizoberfläche für jedes folgende Zimmer.

Zimmer Nr. 2.

Wärmebedarf laut Tabelle III . . . . . 2130 W.-Einh.  
Initialtemperatur des Wassers . . . . . 93,76° C.

Dem Wasser werden entzogen  $\frac{2130}{875} = . . . . . 2,43^\circ \text{ C.}$

Endtemperatur des Wassers 93,76—2,43 = 91,33° C.

Mitteltemperatur . . . . . 92,54° C.

Nutzbare Temperaturdifferenz = rot. 74,50° C.

Benwendbare Rohrlänge 9,75 m.

Rohrtransmission  $1,728 \times 9,75 \times 74,50 = 1255 \text{ W.-Einh.}$

Es bleiben noch zu transmittieren:

$$2130-1255 = 875 \text{ "}$$

Bei 74,5° nutzbarer Temperaturdifferenz liefert jeder Batteriefansch  $74,5 \times 0,255 = 19 \text{ W.-Einh. rot., demgemäß sind}$

$$\text{erforderlich } \frac{875}{19} = 46 \text{ Flanschen.}$$

Ein übersichtliches Bild der Temperaturverhältnisse und des Heizvorganges liefert die Tabelle auf Seite 158. Die Zahlen der Spalte 7 werden erhalten, indem man die betreffende Rohrlänge (Spalte 6) mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten 1,76, und das entstandene Produkt mit der nutzbaren Temperaturdifferenz multipliziert.

1) Das Rücklaufrohr in Zimmer Nr. 1 liefert bei 4,5 m Länge und 52,13° nutzbarer Temperaturdifferenz 405 W.-Einh., so daß nur zu decken bleiben 475 W.-Einheiten.

In gleicher Weise sind auch die Systeme II und III durch Rechnung festgestellt. Von dem Nachweis kann hier füglich Abstand genommen werden.

Anm. In ähnlicher Art würde die Rechnung zu führen sein, wenn Cylinderofen an Stelle der Batterien zur Erwärmung der Räume benutzt werden sollten.

Der Transmissions-Koeffizient glatter vertikaler Cylinderoberflächen kann im Durchschnitt = 8,00 W.-Einh. für 1° Temperaturdifferenz angenommen werden. Die Temperatur des Wassers in den Öfen wechselt nun zwar mit der Entfernung des Heizkörpers vom Kessel, wird aber — unter gewöhnlichen Verhältnissen — zwischen

der Mitteltemperatur des Steigerohres und Rücklaufrohres, d. h. zwischen 82,5° und 60° C. liegen und daher im Durchschnitt 70° erreichen. Danach ergibt sich bei 20° Zimmervärme eine nutzbare Temperaturdifferenz von 50° C. und darf die stündliche Transmission eines Quadratmeters glatte unbelaidete Warmwasserniederdruckheizfläche zu  $8 \times 50 = 400$  W.-Einh. angenommen werden.

Auf Seite 133 sind die Heizflächen einiger gangbaren Formen von Cylinderofen aus der Fabrik der Berliner Aktien-Gesellschaft für Centralheizungs-Anlagen u. i. w. zusammengestellt, welche als Hilfsmittel zur Bestimmung von Dimensionen benutzt werden können.

Übersicht der Wassertemperaturen und der Wärmeproduktion einer Heizanlage in St. Petersburg.

Nr. des Zimmers	Benennung der geheizten Räume	Maximal-Wärmeverlust in W.-Einh.	Temperatur des Wassers im Rohr beim		Mitteltemperatur des Wassers Grad C.	Nutzbare Temperaturdifferenz Grad C.	Länge des Rohres im Zimmer m	Wärmeproduktion durch		Anzahl der Batterieflammen		
			Eintritt ins Zimmer Grad C.	Austritt aus dem Zimmer Grad C.				Rohre W.-Einh.	Batterien W.-Einh.	Berechnet	Ausgeführt	
1	Entree . . . . .	1446	95,72	93,87	94,80	76,80	4,27	566	880	—	—	
2	Kabinett . . . . .	2130	93,87	91,12	92,50	74,50	9,75	1255	805	46	50	
3	Gesellschaftszimmer . . . . .	1367	91,12	89,36	90,24	72,24	3,66	456	911	48	50	
4	Desgleichen . . . . .	1938	89,36	86,86	88,11	70,11	6,10	739	1199	67	70	
5	Kabinett . . . . .	1218	86,86	85,29	86,07	68,07	4,27	502	716	42	50	
6	Kinderstube . . . . .	575	85,29	84,55	84,92	66,92	2,20	255	320	18	20	
7	Desgleichen . . . . .	1576	84,55	82,52	83,53	65,53	5,03	570	1006	60	60	
8	Zimmer der Gouvernante . . . . .	575	82,52	81,78	82,65	64,65	2,20	246	329	20	20	
9	Unterrichtszimmer . . . . .	1505	81,78	79,84	80,81	62,81	4,87	330	1175	73	80	
10	Salon . . . . .	2834	79,84	76,16	78,00	60,00	5,64	586	(2248)	Kachelöfen		
11	Korridor . . . . .	1865	76,16	73,77	74,95	56,97	14,80	1458	407	33	40	
12	Vorzimmer zu Nr. 5 . . . . .	795	73,77	72,75	73,26	55,23	4,27	405	390	28	30	
13	Korridor . . . . .	1577	72,75	70,72	71,73	53,73	7,92	735	842	55	60	
1	Entree (Rücklaufrohr) . . . . .	—	70,72	69,54	70,13	52,13	4,50	405	475	33	60	
		19 401						79,48	8508	11 793		

Bestimmung der Kesselfläche.

Der Gesamtwärmebedarf der drei Geschosse bezieht sich nach dem Vorstehenden auf:

$$19\,401 + 8275 \times 10856 = 39\,532 \text{ W.-Einh. stündlich.}$$

Ein Quadratmeter feuerberührte Kesselfläche liefert stündlich 8250—11 000 W.-Einh. Rechnet man im Mittel 10 000 W.-Einh., so ist erforderlich eine feuerberührte Fläche

$$F = 3,85 \text{ qm.}$$

Da man bei derartigen Anlagen  $\frac{2}{3}$  der gesamten Kesselfläche als Heizfläche rechnet, so ergibt sich ein Kessel von 5,77 qm

Oberfläche. Der vorhandene Kessel hat 0,91 m Durchmesser und 2,74 m Länge, also 9,20 qm Oberfläche und ist demnach für alle Fälle ausreichend zur Wärmeproduktion.

Zum Schluß erübrigt noch die Größe des Expansionsreservoirs zu berechnen. Das unterzubringende Wasservolumen ist gegeben in der Differenz zwischen dem Volumen des gesamten Cirkulationswassers bei 20° und bei 100°.

Setzt man nun das Volumen bei der großen Dichtigkeit = 1, so ist nach Desprez das Volumen

$$\begin{aligned} \text{bei } + 20^\circ &= 1,00179, \\ \text{„ } + 80^\circ &= 1,02885, \\ \text{„ } + 100^\circ &= 1,04316. \end{aligned}$$

Der Wasserinhalt des Kessels beträgt . . . 1800 l  
 „ „ der Rohre „ . . . 510 „

In den Rohren herrscht eine Mitteltemperatur von 80 bis 82° C. und im Kessel die Temperatur von 100° C. Nun sind:

$$\begin{aligned} 1800 \text{ l Wasser bei } 20^\circ &= 1803 \text{ l; bei } 100^\circ = 1877 \text{ l} \\ 510 \text{ „ „ „ } 20^\circ &= 511 \text{ „ „ } 80^\circ = 514 \text{ „} \\ \hline 2310 \text{ l Wasser bei } 20^\circ &= 2314 \text{ l.} & 2301 \text{ l.} \end{aligned}$$

Der Differenz von 77 l ist im Expansionsreservoir Raum zu geben.

In der Ausführung hat dasselbe folgende Abmessungen erhalten:

$$0,61 \times 0,61 \times 0,46 = 171 \text{ l.}$$

§ 60.

**Berechnung der Heißwasserheizungsanlage in der Villa des Herrn v. Naya zu Lipnik.**

(Dargestellt auf Taf. 41.)

Wie der Wärmebedarf jedes einzelnen Raumes zu bestimmen sei, ist in § 47 ausführlich angegeben. Die Resultate solcher Rechnung sind in Tabelle I und II Seite 118 bis 120 niedergelegt unter Annahme einer Maximaltemperaturdifferenz von 40° C., welche auch für das hier in Betracht kommende, und auf Tafel 41 im Grundriß dargestellte Gebäude zu Grunde zu legen ist.

Die Summe der in den zehn Wohnzimmern der Parterre- etage zu verteilenden Wärmemengen ist in Spalte 3 der Übersicht auf Seite 161 enthalten und berechnet sich also:

39 926 W.-Einh. für die Wohnräume und  
3 124 " " den inneren Korridor,  
zusammen 43 050 W.-Einh.

Die Rohrlänge wird nun derart zu bestimmen sein, daß diesem Maximalwärmebedarf genügt werden kann unter Beobachtung der üblichen Wassertemperaturen.

Für Heißwasser-Mitteldruckheizung ist gewöhnlich:

$t'$  die Initialtemperatur des Wassers im Steigerohr beim Eintritt ins Zimmer . . . . . 150° C.

$t$  die Temperatur, mit welcher das Wasser zum Ofen zurückkehrt . . . . . 60° C.

Die Temperaturdifferenz  $t' - t = 90°$  wird in zehn- gradige Intervalle geteilt und für jedes Temperaturintervall der entsprechende Transmissionskoeffizient des Perkinsrohres für die Differenz  $T - t$  berechnet.

$T$  die Temperatur des Rohres wechselt, wie bemerkt, zwischen 150° und 60° C.

$t$  die Temperatur der Zimmerluft ist konstant und = 20° C.

Nach Anleitung des § 14 (Anwendung der Formeln) bestimmt sich nun die Wärmeemission eines 34 mm weiten horizontalen Rohres nach Formel 4) desselben Paragraphen mittels der Gleichung

$$W = S K + L K'$$

Anm. Der Wert von  $K$  ist aus Tabelle I, derjenige von  $K'$  aus Tabelle V des § 14 zu entnehmen. Für  $S$  und  $L$  sind die Zahlenwerte, welche der Temperaturdifferenz  $T - t = \theta$  entsprechen, in Tabelle VII zu suchen. — Da die Temperatur des Raumes nicht 15°, sondern 20° C. beträgt, so ist der Wert von  $S$  mit dem Korrektionsfaktor 1,04 zu multiplizieren. Für den Temperaturintervall  $\theta = 150 - 20 = 130°$  C. ist  $S = 239,3$  und  $L = 223,1$  und demnach die Transmission:

$$W = 248,9 \times 3,36 + 223,1 \times 3,149 = 1565,8 \text{ W.-Einh. pro qm, oder } 1565,8 \times 0,1099 = 172,08 \text{ W.-Einh. pro lfd. Meter.}$$

Zur Erleichterung der Rohrverteilung dient nachstehende, vom Verfasser berechnete Tabelle, und zwar enthält die Spalte 4 dieser Tabelle die Transmission eines laufenden Meter Perkinsrohr von 34 mm Durchmesser bei Wassertemperaturen von 60—200° C. nach Intervallen von 10° geordnet. Für dazwischen liegende Temperaturgrade ist der mittlere Transmissionskoeffizient  $k^m$  (Spalte 5) in Ansatz zu bringen, welcher das arithmetische Mittel aus den benachbarten Werten der Spalte 4 bildet. — Endlich sind in Spalte 6 die Summen der mittleren Transmissionskoeffizienten für 14 Temperaturintervalle gebildet. Dividiert man mit der Anzahl der zehngradigen Intervalle in die Summe des zugehörigen mittleren

**Tabelle zur Bestimmung der Wärmeabgabe von Perkinsrohren bei 20° Zimmertemperatur.**

Wasser-temperatur	Temperaturdifferenz $T - t$	Rohrtransmission pro		Mittlerer Transmissionskoeffizient	Summen von	Temperaturintervall	Mittlerer Koeffizient des Systemes
		1 qm	1 lfd. Meter von 34 mm Durchmesser				
Grad C.	Grad C.	W.-Einh.	W.-Einh.	qm	W.-Einh.		qm
60	40	339,5	37,3	43,0	43,0	1	—
70	50	444,2	48,8	54,9	97,9	2	—
80	60	556,1	61,1	67,8	165,7	3	—
90	70	674,4	74,1	81,1	246,8	4	—
100	80	799,9	87,9	95,1	341,9	5	68,3
110	90	930,8	102,3	110,0	451,9	6	75,3
120	100	1072,2	117,8	125,8	577,7	7	82,2
130	110	1218,9	133,9	142,4	720,1	8	90,0
140	120	1374,6	151,0	161,5	881,6	9	97,9
150	130	1565,8	172,0	180,0	1061,6	10	106,1
160	140	1714,0	188,0	198,0	1259,6	11	114,5
170	150	1893,5	208,1	219,9	1478,5	12	123,2
180	160	2091,3	229,8	241,0	1719,5	13	132,3
190	170	2296,5	252,3	264,1	1883,6	14	134,5
200	180	2511,5	276,1				

Koeffizienten, so erhält man den mittleren Koeffizienten  $k^0$  des Systemes.

Im vorliegenden Falle sind neun Temperaturintervalle vorhanden und der mittlere Koeffizient des Systemes ist:

$$k^0 = 97,9 \text{ oder rund } 98 \text{ W.-Einh.}$$

Hiernach werden erfordert bei einem Maximalbedarf von 43 050 W.-Einh. im Mittel

$$43\,050 : 98 = 430,3 \text{ m Rohr.}$$

Solche Rohrlänge würde aber nur zulässig sein bei einer sehr großen Cirkulationsgeschwindigkeit: wir teilen die Rohrlänge daher in vier Systeme von je 110 m Länge. Das Wasser tritt in jede der Transmissionsröhren mit einer Temperatur von 150° ein und mit 60° strömt es zum Ofen zurück; es durchläuft neun zehngradige Temperaturintervalle und jeder der neun ersten Koeffizienten, Kolumne 5 der umstehenden Tabelle, gilt für

$$110 : 9 = 12,22 \text{ m Transmissionsrohr.}$$

Bei richtiger Cirkulationsgeschwindigkeit transmittieren diese neun Rohrlängen à 12,22 m Länge folgende Wärmemengen:

Übersicht des Transmissionsvorganges.

Temperaturintervalle	Transmissionskoeffizienten	Rohrlänge eines Temperaturintervalls	Wärmeeinheiten
1	161,5	12,2 m	1970
2	142,4	12,2 "	1737
3	125,8	12,2 "	1535
4	110,0	12,2 "	1342
5	95,1	12,2 "	1160
6	81,1	12,2 "	989
7	67,8	12,2 "	827
8	54,9	12,2 "	681
9	43,0	12,2 "	525

Transmission eines Systemes = 10766 W.-Einh.

oder von vier Systemen:

$$43\,064 \text{ W.-Einh.}$$

was mit dem geforderten Maximalbedarf nahezu übereinstimmt. Die Verteilung der 440 laufenden Meter Transmissionsrohr an die verschiedenen Räume ist mit Hilfe der vorstehenden Übersicht vorzunehmen; diese Arbeit ist aber mühselig und erfordert Erfahrung, um Systeme von annähernd gleicher Länge zu erhalten.

Der Wärmebedarf der zu heizenden Räume ist in der tabellarischen Übersicht auf Seite 161 enthalten. Wir schreiben nunmehr zur:

Verteilung der Rohrlängen.

Zimmer Nr. 1 (System I).

Das Rohr tritt (vergl. Cirkulationsgang Seite 154) in einem Abstände von 23 m vom Punkt a in das Zimmer ein.

- 1) Wärmebedarf laut Übersicht. . . . . 6336 W.-Einh.
- 2) Durchschnittlicher Rohrbedarf à 98 W.-Einh. = 64,65 m.

Anm. Zwei Temperaturintervalle liefern  $12,22 \times 2 = 24,44$  m Rohr: Die ersten 24,44 — 23,0 = 1,44 m des Transmissionsrohres liegen also im zweiten Temperaturintervall und jede 12,2 m desselben in einem weiteren Intervall mit entsprechendem Transmissionsvermögen (vergl. Tableau).

Hiernach transmittieren:

die ersten	1,44 m Rohr im 2. Intervall	205 W.-Einh.
" folgenden	12,22 " " " 3. " "	1535 " "
" "	12,22 " " " 4. " "	1342 " "
" "	12,22 " " " 5. " "	1160 " "
" "	12,22 " " " 6. " "	989 " "
" "	12,22 " " " 7. " "	827 " "
" "	5,10 " " " 8. " "	280 " "
zusammen		67,64 m Rohr. 6338 W.-Einh.

und bedingt demnach der Wärmebedarf des entfernten liegenden Zimmers gegen den Durchschnittsbedarf à 8 W.-Einh. eine Mehrverwendung von 3 m Rohr.

Zimmer Nr. 2 (System IV).

Das Rohr tritt nach Zurücklegung eines Weges von 38,5 m (vergl. Cirkulationsgang) in das Zimmer ein. Es liegen demnach  $4 \times 12,22 - 38,5 = 10,38$  m Rohr im vierten Intervalle.

Wärmebedarf laut Übersicht: 1753 W.-Einh.

17,89 m durchschnittlicher Rohrbedarf.

Es transmittieren nun:

die ersten	10,38 m Rohr im 4. Intervall	1141 W.-Einh.
		und bleiben zu verteilen 612 " "
		oder:

612 : 95,1 = 6,43 m Rohr im 5. Intervall

zusammen 16,81 m Rohr mit . . . . . 1753 W.-Einh.;

d. h. der Rohrbedarf bleibt in Zimmer Nr. 2 1,09 m unter dem Durchschnittsbedarf.

Zimmer Nr. 3 (System IV).

Das Rücklaufrohr hat bis zum Eintritt ins Zimmer zurückgelegt 45,31 m. Das Steigerrohr ist 2,8 m lang und liegt im dritten Temperaturintervall.

Wärmebedarf laut Übersicht: 1753 W.-Einh.

17,88 m durchschnittlichen Rohrbedarf.

Es transmittieren aber:

2,80 m Steigerrohr im 3. Intervall	304 W.-Einh.
3,57 " Rücklaufrohr (48,88—45,31) im 4. Intervall	393 " "
11,06 " " " im 5. Intervall	1056 " "
17,43 m Rohr	1753 W.-Einh.

Der Rohrbedarf in Zimmer 3 bleibt 0,46 m unter dem Durchschnittsbedarf.

Zimmer Nr. 4 (Salon). System IV und III.

Das Steigerrohr des IV. Systemes tritt in das Zimmer Nr. 4 nach Zurücklegung eines Weges von 9,1 m, es liegen also 3,1 m Steigerrohr im 1. Intervall. Das Retourrohr hat beim Eintritt 63,99 m durchlaufen und liegen 73,33 — 63,99 = 9,33 m Rohr im 6. Intervall.

Wärmebedarf laut Übersicht: 6829 W.-Einh.

69,68 m durchschnittlicher Rohrbedarf.

Es transmittieren nun von System IV:

3,10 m Steigerrohr	im 1. Intervall	500 W.-Einh.	
12,20 "	" 2. "	1737 "	
0,08 "	" 3. "	10 "	
9,33 " Rücklaufrohr	" 6. "	757 "	
6,08 "	" 7. "	412 "	
30,79 m Rohr des IV. Systemes.			3416 W.-Einh.,

ferner transmittieren im III. System:

6,50 m (24,44—17,95) im 2. Intervall	925 W.-Einh.	
12,22 " 3. " "	1535 "	
10,00 " 5. " "	951 "	
28,72 m Rohr des III. Systemes.		3411 "
oder 59,51 m Gesamtbedarf mit zusammen		6827 W.-Einh.

In dieser Art ist die Rechnung fortzusetzen; man erhält alsdann die in nachstehender Übersicht des Wärmebedarfes eingetragenen Rohrlängen unter Berücksichtigung der den Temperaturintervallen entsprechenden Transmission. Spalte 4 enthält dagegen den durchschnittlichen Rohrbedarf, wie er dem mittleren Transmissionskoeffizienten der Anlage entspricht. Dieser Koeffizient ist von erheblichem Werte für die vorläufige Bestimmung der Rohrlängen in den zu heizenden Piecen, für das „Auslegen der Rohre“ und die Vereinigung derselben zu Systemen von gleicher Länge.

**Übersicht des Wärmebedarfes und Verteilung der Transmissionsröhren der Heißwasser-Mitteldruckheizung in der Villa des Herrn v. Maya zu Lipnik (Österreichisch-Schlesien).**

System	Zimmer Nr.	Wärmebedarf der Zimmer W.-Einh.	Durchschnittlicher Rohrbedarf à 100 Meter 68 W.-Einh.	Rohrverteilung unter Berücksichtigung der Temperatur		Wärmeproduktion im		Rohrverteilung nach der Ausführung m
				im einzelnen m	im ganzen m	einzelnen W.-Einh.	ganzen W.-Einh.	
I.	1	6336	64,65		67,64		6336	64,65
IV.	2	1753	17,89	10,38 6,43	16,81	1141 612	1753	15,38
IV.	3	1753	17,89	2,80 14,63	17,43	304 1449	1753	16,01
IV. und III.	4	6829	69,68	15,38 15,38 29,28	60,04	2247 1169 3411	6827	66,23
III.	5	1753	17,89	8,95 8,95	17,90	1344 437	1781	17,89
III.	6	1753	17,89	17,29 3,29	20,58	1573 180	1753	18,83
III. und II.	7	5999	60,26	26,99 33,71	60,70	2187 3812	5999	60,26
II.	7a	1200	12,24	7,28 2,00	9,28	1038 162	1200	10,67
II.	8	4060	41,43	10,90 28,36	39,26	1808 2252	4060	41,43
II.	9	2429	24,79	4,86 26,40	31,26	758 1671	2429	30,13
I. und IV.	10	6061	61,83	12,40 12,40 37,23 8,60	70,63	1998 538 2135 1401	6072	66,22

**Bemerkungen zu vorstehender Tabelle.**

Die Spalte 6 der tabellarischen Übersicht giebt die Resultate der Rohrverteilung auf Grund theoretischer Ermittlung, während solche in Spalte 9 auch nach den Maßen der Ausführung beigelegt sind. Diese a posteriori bestimmten Zahlenwerte weichen nicht erheblich von den durch die Theorie gefundenen ab; sie stützen sich auf umstehende, aus älteren Perkins'schen Beobachtungen abgeleitete Tabelle der Rohrtransmission. Dabei ist jedoch unterstellt: daß das Transmissionsrohr 150 m lang sei, mit 150° in die Zimmer eintrete und mit 70 bis 80° C. aus denselben zum

21

Ofen zurückkehre. — Die Initialtemperatur des Wassers (150° C.) entspricht dabei dem Nullpunkt der oberen Reihe.

Diese erste Zahlenreihe repräsentiert das in Intervallen von 10 m fortschreitende Transmissionsrohr. Jeder Meter desselben transmittiert — bezogen auf den mittleren Koeffizienten des Systems — 100 W.-Einh. und demnach jeder Längenintervall 1000 W.-Einh.

Die zweite Zahlenreihe der Tabelle giebt die gleichwertige Rohrlänge, welche der wirklichen Wärmeabgabe des zugehörigen Längenintervalles entspricht.

Danach transmittieren:

im 1. Intervall 6,5 m Rohr = 1000 W.-Einh.,

" 2. " 6,9 " = 1000 " u. f. w.

Die dritte Zahlenreihe endlich enthält die in sämtlichen Intervallen zur Erzielung von 100 W.-Einh. nötige Rohrlänge.

Tabelle der Rohrtransmission für Heißwasser-Mitteldrucksysteme (nach Bacon).

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
0	6,5	13,4	20,7	28,4	36,5	45,1	54,2	63,8	74,0	84,8	96,2	108,3	121,2	135,1	
	0,65	0,69	0,73	0,77	0,81	0,86	0,91	0,96	1,02	1,08	1,14	1,21	1,29	1,39	1,52

Die Ziffern der 3. Zahlenreihe werden erhalten, indem man die darüber stehenden benachbarten Zahlen subtrahiert und ihre Differenz durch 10 dividiert, also (13,4—6,5) : 10 = 0,69 u. f. f.

Bestimmung der Fenstererschlangen. Nachdem der Rohrbedarf der Räume durch Rechnung ermittelt ist, hat der Heizingenieur die gefundenen Rohrlängen in angemessener Weise an den Fronten und sonst geeigneten Zimmerwänden unterzubringen. Nur selten genügt dazu die Länge der beiden geraden Fußbodenrohre, es sei denn, daß der Wärmebedarf (wie in Zimmer Nr. 5 des vorhergehenden Beispiels) gering ist und das Rohr mit hoher Temperatur eintreten kann. In den sonstigen Fällen ist also die Anlage von Spirallöfen geboten und als einfachster, auch nicht Raum absorbierender Heizkörper die O-förmige Fenstereschlange in Gebrauch (Fig. 192). Ihre Länge ist allemal bedingt durch die Maße der Fensterbrüstung. Letztere haben in unserem Beispiel 1,30 m Länge bei 0,25 m Tiefe und werden dem entsprechend die Enden der Schlange mit einem Krümmungsradius von mindestens 5 cm gebogen. Die Außenlänge beträgt dann 0,83 bis 1,00 m und die Abwicklung eines Ringes, bei 0,83 bis 1,00 m Länge der geraden Stücke, 2,2 bis 2,5 m. Ein genügender Spielraum für die Luftcirculation soll an allen Seiten verbleiben und vom hölzernen Fensterpaneel bleibt man 4 bis 5 cm entfernt.

Der Höhe nach werden die Schlangen in 5 bis 10 Ringen gewunden. In unserem Beispiel enthalten die größten Spiralen 30,76 m, die kleinsten 8,79 m Rohrlänge, in allen Fällen aber müssen die beiden Fußbodenrundrohre und die Spirale zusammen mindestens den in Kolonne 6 der Tabelle eingetragenen Wert erreichen. Besser ist es, einige Prozent Zuschlag, mit Rücksicht auf die ungünstigere Transmission der Schlangenhöhre, zu geben, denn die am untersten Rohre vorgewärmte Luft tritt schon mit höherer Temperatur an alle oberen Rohre, was bei geraden Fußbodenröhren nicht der Fall ist.<sup>1)</sup>

Ann. C. Schinz hat daher als vorteilhaft für Circulations-Fensterspiralen die Anlage von  $\infty$ -förmigen parallelen Flachschlangen

1) Daß auch die Circulation in den vier Wertekreiswindungen jedes Ringes erheblich beeinträchtigt wird, ist durch Rechnung zu erweisen.

empfohlen.<sup>1)</sup> Da aber in den gewöhnlichen Brüstungen von 25 m Tiefe höchstens fünf derselben zu placieren sind, so können — selbst wenn deren Krümmungsdurchmesser 0,40 m beträgt — bei 1,3 m Nischenlänge und dem üblichen Spielraum nur 15 m Rohr in einer Brüstung untergebracht werden. Oder man ist gezwungen, die Risten ins Zimmer vortreten zu lassen, was in der That bei 1½ Stein starken Wänden vielfach geschieht; Flachschlangen von der Form, welche Fig. 191 darstellt, lassen sich in flachen Brüstungen ebenfalls doppelt und dreifach anbringen und enthält dann jede Schlange bei sechs Bindungen 9,5 m Rohr.

### C. Die Dampfheizung.

#### § 61.

Die in den vorhergehenden Paragraphen behandelte Centralheizmethode von Perkin's beruht auf der Circulation eines Wärme tragenden Mediums, welches durch die unerschließenden Hüllen verhindert wird, seinen Aggregatzustand zu verändern, wobei die zugeführte Wärmemenge lediglich zur Erhöhung der Temperatur benutzt wird. Daß dabei die Kohäsion überwunden, also die Verteilung der Moleküle verändert, auch der von außen auf die Oberfläche ausgeübte Druck durch Ausdehnung des Körpers überwunden wird, ist aus der Wärmelehre bekannt.

Andere Verhältnisse treten ein, wo der Dampf als Träger der Wärme benutzt werden soll. Bei der Verdampfung eines flüssigen Körpers besteht die von der Wärme hervorbrachte Wirkung hauptsächlich in der Änderung des Aggregatzustandes: die ganze Wärme, welche der unter bestimmtem Druck siedenden Flüssigkeit zugeführt wird, kann nun zur Verdampfung verwendet werden, wobei die Temperatur des gebildeten Dampfes gleich derjenigen der Flüssigkeit ist und die Temperatur der letzteren unverändert bleibt.

Die Anzahl Wärmeeinheiten, welche nötig sind, um 1 kg einer Flüssigkeit von 0° C. in ebensoviel gesättigten Dampf von T° zu verwandeln, nennt man die „totale

1) Dingler, Polyt. Journal, Jahrg. 1876, S. 101.