



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verschiedene Konstruktionen

Scholtz, Adolf

Leipzig, 1900

Berechnung einer Niederdruckheizungsanlage in Petersburg

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

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 "	
Herdschlangen	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 Innentemperatur 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.¹⁾ Für die Berechnung wurde eine Maximalkälte von -37°C . und eine Innentemperatur 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.²⁾

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

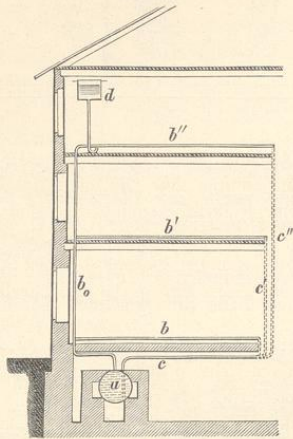
1) Mitgeteilt in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Jahrg. XVI, S. 241, vergl. auch Tafel 10 daselbst.

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:

l₁ und l₂, die Länge des Rohres vom Durchmesser d₁ und d₂;
 ξ₀ den Ausflußkoeffizienten aus dem Kessel in die Rohre = 0,505;

ξ den Koeffizienten für die Reibung des Wassers¹⁾ in den Röhren;

ξ₁ den Widerstand in den abgerundeten Knien = 0,294;

n₁ die Anzahl der Knien (Bogen) in der Leitung;

ξ₂ den Widerstand in den scharfen Knien = 0,485;

n₂ die Anzahl dieser scharfen Biegungen;

n₃ 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:

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

n₁ die Anzahl der abgerundeten Bogen ist = 15;

n₂ " " " scharfen Biegungen = 1;

n₃ " " " 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.¹⁾

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.
 Verwendbare Rohrlänge 9,75 m.

Rohrtransmission $1,728 \times 9,75 \times 74,50 = 1255 \text{ W.-Einh.}$
 Es bleiben noch zu transmittieren:

$$2130-1255 = 875 "$$

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-Wärme-verlust 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 Batterie-flächen		
			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:

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