



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verschiedene Konstruktionen

Scholtz, Adolf

Leipzig, 1900

Berechnung der Luftheizungsanlage für das Direktorial-Wohngebäude des
Physikalischen Institutes zu Berlin

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

laß gegeben. Zu jeder Heizkammer gehört ein separater Einfeuerungsraum und bei der längeren Kammer ein Raum zum Ausrußen der Röhren. Der Keller für Brennmaterial liegt zu beiden Kammern hinreichend bequem.

Die frische Luft wird jeder der Kammern durch einen unterirdischen, gewölbten Kanal zugeleitet, der etwa inmitten der Kammer ausmündet. Die Heizluft strömt aus der oblongen Kammer durch elf Öffnungen verschiedener Größe und versorgt ebensoviele Räume (in drei Geschossen) mit zusammen 1598 cbm Inhalt. Die bei C gelegene Heizkammer beheizt elf Räume verschiedener Größe mit 1252 cbm Inhalt. — Nach den entfernteren Heizrohrmündungen strömt die Heizluft in gezogenen Kanälen unterhalb des Gewölbes.

Die Richtung des warmen Luftstromes w ist durch Pfeile im Grundriß des Kellergeschosses angedeutet (vergl. Tafel 21).

Alle Ausmündungen der Heizluft in den Zimmern der drei Geschosse, ebenso die Einmündungen der Ventilationsluft sind durch verschieden gerichtete Pfeile in den Grundrissen und durch eingesezte Zahlen markiert. Im Durchschnitt (Tafel 24) sind dagegen die verschiedenen Luftleitungen durch charakterisierende Farben anschaulich gemacht, die Heizkanäle sind rot, die Frischluftkanäle grün, die Ventilationskanäle blau eingetragen und die Mündungen der Kanäle durch Buchstaben erläutert. Alle Ventilationskanäle münden über Dachhöhe aus und sind mit Deflektoren versehen. Die Regulierung der Luftströmungen wird durch Drosselklappen bewirkt. Weitere Beschreibungen sind durch vier Blatt Zeichnungen und die darin „enthaltenen Erklärungen“ entbehrlich gemacht.

Berechnung der Luftheizungsanlage für das Direktorial-Wohngebäude des Physikalischen Institutes zu Berlin.

Vorbemerkungen. Im III. Kapitel ist der theoretische Nachweis geführt worden, daß jeder von festen Wänden umschlossene Raum durch Strahlung und Leitung so lange Wärme abgibt, bis er die Temperatur der Umgebung erlangt hat. Da diese aber in unserem Klima während der Wintermonate erheblich sinkt, so müssen die Oberflächen der uns umgebenden Behausung durch Heizvorrichtungen eine solche Temperatur erhalten, daß die von ihnen ausströmenden Wärmestrahlen mit der physiologischen Körperwärme übereinstimmen.¹⁾

1) In den §§ 15 und folgende ist auf wissenschaftlicher Basis die Wärmemenge W ermittelt, welche stündlich durch einen Quadratmeter Umschließungsfläche bei 1° Temperaturdifferenz entweicht; dieselbe ist abhängig

1) Edm. Trélat, Wiener med. Presse. 1889, S. 1466.

von der Art der Umschließung und demgemäß für Mauern, Fensterflächen, Decken, Fußböden u. s. w. besonders hergeleitet. Die Anzahl von Wärmeeinheiten, welche durch den Quadratmeter stündlich übergeht, haben wir den Transmissions-Koeffizienten genannt und mit K bezeichnet.

Die Transmissions-Koeffizienten für Ziegelmauerwerk von verschiedener Stärke sind in den Tabellen XII und XIII zusammengestellt; für Quaderverblendung ist bei gleicher Wandstärke den Tabellenwerten ein Zuschlag von 15° zuzufügen.

Die Transmissions-Koeffizienten von Deckenkonstruktionen verschiedener Art sind aus § 17 zu entnehmen.

Die durch eine wärmeüberführende Fläche F bei $t - t_0$ Grad Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Innenluft entweichende Wärmemenge wird ausgedrückt durch die Formel:

$$W = F \cdot K (t - t_0),$$

worin K den Transmissions-Koeffizienten der Umschließungs-substanz bezeichnet.

2) In Nord- und Mitteldeutschland wird für die Berechnung von Wärmeverlusten gewöhnlich eine Winter Temperatur von -20° C. zu Grunde gelegt. Für Innenräume soll laut Ministerialerlaß vom 7. Mai 1894 der Grad der Erwärmung in öffentlichen Gebäuden betragen:¹⁾

| | |
|---------------------------------------------|------------|
| für Wohn- und Geschäftsräume | 20° |
| „ Auditorien | 18° |
| „ Korridore, Flure, Treppenhäuser | 12° |

so daß für Wohn- und Geschäftsräume $t - t_0 = 40^\circ$ C. zu setzen ist.

Die Summe der Wärmeverluste der einzelnen umschließenden Flächen eines Raumes (der Wände, Türen, Fenster u. s. w.) ist sein Gesamtwärmeverlust.

3) Soll, wie üblich, mit der Heizung eine Lüftungsanlage verbunden werden, so muß auch die für die Vorwärmung der Frischluft auf Zimmertemperatur nötige Wärme durch den Heizapparat erzeugt werden.

4) Die Berechnung der Wärmeverluste bildet die Grundlage für die Größe der Luftheizungsanlage, sie giebt den eigentlichen „Wärmebedarf“ an und daraus ist die Leistungsfähigkeit des Kalorifers zu bestimmen.

Für sämtliche Wohnräume ist eine Maximalleistung, d. h. Erwärmung der Zimmer auf $+20^\circ$ C. bei einer Winter Temperatur im Freien von -20° C. vorausgesetzt. Für das Treppenhaus genügt eine Erwärmung auf 10° C. Die Korridore nehmen wegen ihrer geschützten Lage zwischen geheizten Räumen und wegen der zahlreichen Heizkanäle,

1) Vergl. Kapitel 7, § 90, III.

die in den Korridorwänden angebracht sind, leicht eine Temperatur von 10 bis 12° C. dauernd an. Hiernach ergeben sich für die Wärme transmittierenden Wandflächen, Decken u. s. w. nachstehende Temperaturdifferenzen:

| | |
|--------------------------------------------|--------|
| Für Außenwände | 40° C. |
| " Wände am Treppenhause | 10° " |
| " " des ungeheizten Vestibüls | 20° " |
| " " der ungeheizten Innenräume | 15° " |
| " die Fußböden des Erdgeschosses | 15° " |
| " " Decken des II. Stockwerkes | 35° " |

Diese Temperaturdifferenzen sind der Transmissionsberechnung zu Grunde gelegt und in der nachstehenden Tabelle (Spalte 7) verzeichnet. Die Transmissions-Koeffizienten der Spalte 8 sind für Backsteinmauern nach der Formel des § 17 . . $k = \frac{16,8}{4,9 + 24e}$ bestimmt worden, worin e die Wanddicke bezeichnet.

Das Produkt aus dem Flächeninhalt, der Temperaturdifferenz und dem zugehörigen Transmissions-Koeffizienten giebt den stündlichen Wärmeverlust dieser Fläche für Maximalleistung. Diese Wärmeverluste, in Wärmeeinheiten ausgedrückt, sind in der letzten Spalte der Berechnung auf Seite 118 enthalten.

Zu dem Gesamtwärmeverluste gehört auch diejenige Wärmemenge, welche in der Ventilationsluft enthalten ist und mit dieser stündlich entweicht. Die in einem Kubikmeter Ventilationsluft von + 20° enthaltene Wärmemenge drückt sich aus: durch das Produkt aus ihrem absoluten Gewicht bei dieser Temperatur, ihrer spezifischen Wärme bei konstantem Druck und ihrer Temperatur. Nun ist:

$$\begin{aligned} \text{die spezifische Wärme der Luft} &= 0,2375, \\ \text{das absolute Gewicht}^1) \text{ bei } + 20^\circ &= 1,209, \end{aligned}$$

in einem Kubikmeter Ventilationsluft von + 20° sind daher enthalten:

$$1,209 \times 0,2375 \times 20 = 5,74 \text{ W.-Einheiten.}$$

In Tabelle B, Spalte 2, sind die stündlich für jeden Raum abzuführenden Luftmengen in Kubikmetern angegeben unter der Annahme, daß in der Stunde eine 1½- bis 2malige Lüfterneuerung stattfindet. Für den Gesellschaftssaal ist eine dreimalige Lüfterneuerung pro Stunde zu Grunde gelegt.

Nun. Dieses Luftquantum wird schon bei der niedrigsten Temperaturdifferenz — wie solche zu Anfang und am Ende der Heizperiode zu herrschen pflegt —, d. h. bei 10 bis 12° Außentemperatur und + 20° C. Zimmertemperatur, abgeführt: Bei hohen Kältegraden fällt es daher noch bedeutender aus.

Multipliziert man die Zahlen der Spalte 2, Tabelle B, mit der vorstehend ermittelten Zahl 5,7, so erhält man die

1) Hierzu die Tabellen A und B auf S. 118 bis 120.

Wärmeverluste durch Ventilation; diese Resultate sind in Spalte 4 zusammengestellt.

Von dem Wärmeverluste durch Ventilation ist noch für den Gesellschaftssaal die darin stündlich produzierte Wärmemenge mit 120 Wärmeeinheiten pro Kopf in Abzug zu bringen, also für 20 Personen mit 2400 Wärmeeinheiten.¹⁾

In Tabelle B, Spalte 5, endlich sind die Gesamtwärmeverluste sämtlicher zu heizenden Räume des Gebäudes enthalten.

Größe der Heizfläche.

Die Heizfläche des Kalorifere bestimmt sich aus der Summe der Gesamtwärmeverluste, d. h. aus der Luftmenge, welche der betreffende Heizapparat in der Stunde zu erwärmen hat. Die durchschnittliche Temperatur der den Räumen zugeführten Heizluft soll + 40° C. betragen, bei welcher Temperatur ein Kubikmeter Luft

$$1,132 \times 0,237 \times 40 = 10,7 \text{ Wärmeeinheiten}$$

enthält. Dividiert man den Gesamtwärmeverlust eines jeden Raumes durch die Zahl 10,7, so erhält man als Resultat die Kubikmeter Heizluft, welche demselben zugeführt werden muß. Diese Luftmengen sind in Spalte 6 der Tabelle B zusammengestellt und betragen

| | |
|------------------------|------------|
| für Gruppe I | 3433,5 cbm |
| " " II | 3089 " |

Beide Luftvolumina müssen sich im Maximum von — 20° auf + 40° erwärmen und demgemäß ausdehnen. Das Volumen bei + 40° ist bekannt und sei bezeichnet durch V_{40} , dasjenige bei — 20° kann man ableiten aus der Formel:

$$V(-20) = \frac{V_{40}}{1 + at},$$

worin t die Temperaturerhöhung und a den Ausdehnungs-Koeffizienten der Luft = 0,003665 bezeichnet. Hiernach ist:

$$V(-20) = \frac{3433,5 \text{ cbm}}{1 + 0,003665 \cdot 60} = 2814 \text{ cbm für Gruppe I,}$$

$$V(-20) = \frac{3089 \text{ cbm}}{1 + 0,003665 \cdot 60} = 2532 \text{ cbm für Gruppe II.}$$

Zur Erwärmung eines Kubikmeter Luft von — 20° Temperatur und 1,4 kg Gewicht auf + 40° C. sind erforderlich:

$$1,400 \times 0,237 \times 60 = 19,9 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Hiernach berechnet sich die Gesamtwärmeproduktion für Gruppe I zu $2814 \times 19,9 = 55999$ Wärmeeinh.,
" " II " $2532 \times 19,9 = 50386$ "

1) Die Wärmeerzeugung durch Gasflammen ist nicht in Betracht gezogen. Der Verf.

Für kontinuierliche Heizung bei Tage und Unterbrechung bei Nacht sind diese Zahlen (vergl. S. 44) zu multiplizieren mit dem empirischen Koeffizienten 1,2, so daß die voraussichtlich höchste Gesamtwärmeproduktion betragen dürfte:

für den Kalorifer der Gruppe I = 67 200 W.-Ein.,
 " " " " " " II = 60 463 "

Die stündlich durch einen Quadratmeter glatte, gußeiserne Heizfläche entwickelte Wärmemenge beträgt 2500 bis 3000 Wärmeeinheiten. Ein größerer Teil der Flächen des Apparates besteht jedoch aus gerippten Strahlungsflächen, welche vom Feuer nicht direkt berührt werden, auch sind horizontale Heizröhren nur mit einem Teile ihres Umfanges in Rechnung zu stellen: Wir wollen daher im Durchschnitt die Wärmeproduktion eines Quadratmeters Heizfläche nur zu 2000 Wärmeeinheiten annehmen. Danach sind erforderlich rot:

für den Kalorifer I $\frac{67\,200}{2000}$ rot. = 34 qm Heizfläche.
 " " " II $\frac{60\,463}{2000}$ rot. = 30 qm Heizfläche.

Querschnitt der Heizkanäle.

Hierbei ist nur eine Ausströmungsgeschwindigkeit zu Grunde gelegt, wie sie etwa der mittleren Temperatur des Januar in Berlin bei einer Heizkammertemperatur von 60° C. entspricht.

Nach den im Gymnasium zu Rendsburg¹⁾ vorgenommenen anemometrischen Versuchen (welche mit den in § 44 durch Rechnung ermittelten Geschwindigkeiten nahezu übereinstimmen) beträgt die Ausströmungsgeschwindigkeit:

Für das Erdgesch. im Mittel 1,2 bis 1,5 m in der Sekunde,
 " " I. Stockwerk im Mittel 2,0 bis 2,38 m " " "
 " " II. " " " 2,2 bis 2,6 m " " "

Man erhält nun die Querschnitte der Heizkanäle in Quadratmetern, indem man das den Räumen zuzuführende Luftquantum dividiert durch das Produkt aus Geschwindigkeit und Zeitdauer. Danach sind die in Tabelle B, Spalte 8, enthaltenen Querschnitte unter Zugrundelegung folgender Ausströmungsgeschwindigkeiten berechnet:

Im Erdgesch. 1,2 m,
 " I. Stockwerk 2,0 m,
 " II. " " " " 2,5 m.

Für Zimmer Nr. 1 beträgt demnach der Querschnitt des Heizkanals:

$$\frac{387}{3600 \cdot 1,2} = 0,089 \text{ qm.}$$

1) Diese Messungen sind bei +2° äußerer Temperatur und für ähnliche Etagenhöhen vorgenommen worden. Der Verf.

Querschnitte der Ventilationskanäle.

Dieselben sind für die Minimal-Temperaturdifferenz von 8° C., wie solche zu Anfang und am Ende der Heizperiode stattfindet, nämlich für +10 bis 12° Lufttemperatur im Freien und +20° C. Zimmertemperatur zu berechnen. Schon bei dieser Differenz von 8° C. soll ein- bis zweimaliger Luftwechsel für die Wohn- und Schlafzimmer, und eine dreimalige Lüfterneuerung für den Salon stattfinden. Da die theoretische Abzugsgeschwindigkeit der Ventilationsluft außer von der Temperaturdifferenz auch von der Höhe und Beschaffenheit der Abzugskanäle abhängt, so berechnet sie sich nach der Formel I, § 44

$$v = 4,4 \sqrt{\frac{H(T-t)}{273+t}}$$

Die effektive Abzugsgeschwindigkeit ist nur 1/2 der theoretischen.

Die Höhe der Kanäle beträgt vom Fußboden des Geschosses ab gerechnet:

für die Räume im Erdgesch. . . 16,16 m,
 " " " " I. Stock . . . 12,26 m,
 " " " " II. " " . . . 7,39 m.

Die wirklichen Abzugsgeschwindigkeiten bei T-t = 8° betragen demnach:

für das Erdgesch. $0,5 \times 4,4 \sqrt{\frac{16,16 \times 8}{293}} = 1,487 \text{ m,}$
 " " I. Stockw. $0,5 \times 4,4 \sqrt{\frac{12,26 \times 8}{293}} = 1,279 \text{ m,}$
 " " II. Stockw. $0,5 \times 4,4 \sqrt{\frac{7,39 \times 8}{293}} = 0,981 \text{ m.}$

Hienach erhält man unter Annahme eines ein- bis zweimaligen Luftwechsels in den Wohnräumen und einer dreimaligen Lüfterneuerung im Salon folgende Querschnitte für die Räume von Gruppe I, wie sie in Spalte 9 zusammengestellt sind.

| | | |
|----|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| | für das Zimmer des Direktors . | $\frac{300}{1,49 \cdot 3600} = 0,056 \text{ qm}$ |
| E | " " Vorzimmer . . . | $73 : (1,49 \times 3600) = 0,014 \text{ "}$ |
| | " " Privatlaboratorium | $300 : (1,49 \times 3600) = 0,056 \text{ "}$ |
| | " " Treppenhaus . . . | $263 : (1,49 \times 3600) = 0,049 \text{ "}$ |
| | " " Arbeitszimmer . . . | $325 : (1,28 \times 3600) = 0,070 \text{ "}$ |
| I | " " Vorzimmer . . . | $100 : (1,28 \times 3600) = 0,021 \text{ "}$ |
| | " " Zimmer der Töchter | $250 : (1,28 \times 3600) = 0,054 \text{ "}$ |
| | " " Salon (zur Hälfte) | $426 : (1,28 \times 3600) = 0,092 \text{ "}$ |
| II | " " Schlafzimmer . . . | $154 : (0,98 \times 3600) = 0,043 \text{ "}$ |
| | " " " " " " " " | $250 : (0,98 \times 3600) = 0,070 \text{ "}$ |
| | " " " " " " " " | $160 : (0,98 \times 3600) = 0,045 \text{ "}$ |
| | " " den disponiblen Raum | $79 : (0,96 \times 3600) = 0,022 \text{ "}$ |

Bei der Ausführung sind vorstehende Querschnittsdimensionen — zum Teil des Mauerverbandes wegen — auf die Zahlen der Spalte 10 vergrößert worden.

Die Querschnitte für Gruppe II wurden in derselben Weise bestimmt.

Bestimmung des Kohlenverbrauches.

Bei einer Außentemperatur von -1°C ., welche 4° niedriger bleibt, als die mittlere Wintertemperatur von Berlin, beträgt der stündliche Wärmeverlust nur $\frac{21}{40}$ des oben berechneten Maximalbedarfes, also

für Gruppe I $\frac{67200 \times 21}{40} = 35280$ Wärme-Einh.

" " II $\frac{60463 \times 21}{40} = 31743$ "

zusammen 67023 Wärme-Einh.

Bei täglich 10stündiger Heizung resultiert also ein täglicher mittlerer Wärmebedarf von zusammen

$10 \times 67023 = 670000$ Wärme-Einh. rot.

Nun beträgt der theoretische Heizeffekt mittelguter Steinkohlen pro Kilogramm 6000 Wärmeeinheiten, wovon in Wirklichkeit nur nutzbar gemacht werden 67 Proz. oder

rot. 4000 Wärmeeinheiten: der gesamte Kohlenverbrauch für sechs Heizmonate oder 180 Heiztage (Mitte Oktober bis Mitte April) berechnet sich daher pro Heizperiode auf

$\frac{670000 \times 180}{4000} = 30150 \text{ kg} = \frac{30150}{75} = 402 \text{ hl.}$

In praxi betrug der tägliche Kohlenverbrauch nach sieben tägiger Beobachtung bei im Mittel $2,5^{\circ}$ äußerer Temperatur für beide Kaloriferen = 3 hl.

Die Gesamtkosten der Heizungsanlage betrug laut nachstehender Aufstellung 8730 Mark.

Der Kubikinhalt sämtlicher zu erwärmenden Räume beträgt nach Tabelle B, Kol. 1 rot. $1598 + 1252 = 2850$ cbm; hiernach erforderten je 100 cbm zu heizender Raum einschließlich der Ventilationseinrichtungen

$\frac{8730}{28,50} = 306$ Mark Anlagekosten.

Kosten der Heizanlage.

| Nr. | Anzahl | Benennung der Gegenstände | Geldbetrag | | | |
|------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---|-----------|---|
| | | | im einzelnen | | im ganzen | |
| | | | M | δ | M | δ |
| I. Erd- und Maurerarbeiten. | | | | | | |
| 1 | — | Die Fundamente der beiden Heizapparate und | | | | |
| 2 | 12 | lauf. Meter Kanal, letzterer 0,38 m in den Wangen stark mit $\frac{1}{2}$ Stein starkem Gewölbe. Hierzu die Erde ausgehoben, das Fundament in angemessener Breite in Beton hergestellt, die Wangenmauern des Kanals mit Klütern in Cement aufgeführt und überwölbt, auch das umgekehrte Gewölbe als Sohle desselben in Cement hergestellt und den Kanal abgedeckt. Hierzu an Arbeitslohn zusammen | 363 | — | | |
| | | Material | 960 | — | | |
| 3 | — | Sonstige Maurerarbeiten an den Stirnmauern der beiden Kammern, beim Vermauern der Reinigungskapiteln und der Zuleitungen für warme Luft in die Steigeanäle, beim Einsetzen der sämtlichen Verschlussgitter, der Drossel- und Jalousieklappen und der Befestigung von Deflektoren auf den Ventilationsseffen | 840 | — | | |
| | | Maurerarbeiten | — | — | 2163 | — |
| II. Eisenteile und Geräte. | | | | | | |
| 4 | 2 | Kalorifere von Reinhardt in Würzburg, mit 36 qm Heizfläche und Wasserverdunstungsgefäßen | 3462 | — | | |
| 5 | 2 | Rauchrohre vom Heizapparate nach dem Schornsteine führend, von 30 cm lichter Weite, zusammen 4 m lang | 80 | — | | |
| 6 | 2 | Einschlußthüren zu den Heizkammern | 42 | — | | |
| 7 | 2 | Saß große Schürgeräte | 72 | — | | |
| 8 | 1 | große Fußbüvite | 7 | — | | |
| 9 | 2 | eiserne Drehklappen mit Schlüssel für den kalten Kanal, à 1,20 breit, 0,90 m lang à 50 M | 100 | — | | |
| 10 | | Fracht und Aufstellungskosten (Montage) | 650 | — | | |
| 11 | 15 | qm eiserne Gitter zum Verkleiden der Heiz- und Ventilations-Öffnungen | 540 | — | | |
| 12 | 22 | Drosselklappen verschiedener Größe zum Abschluß der Heizkanäle durchschnittlich à 12,5 M | 297 | — | | |
| 13 | | desgl. für die Ventilationskanäle | 297 | — | | |
| 14 | 50 | Drehklappen für den Versluß der unteren Ausströmungsöffnungen | 600 | — | | |
| 15 | 28 | Jalousieklappen mit Stellstange für die oberen Ventilationsöffnungen | 420 | — | | |
| | | Gesamtkosten | — | — | 6567 | — |
| | | | | | 8730 | — |