

# Ein neues Prinzip für Wärmemengenzähler, Flüssigkeits- und Gasmesser

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **107/108 (1936)**

Heft 18

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-48296>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

dritter Teil von 20 Seiten an einem Beispiel den Rechnungsgang erläutert. Am Schluss sind die wichtigsten Formeln und der Rechnungsgang in tabellarischer Form zusammengefasst, was die direkte praktische Anwendung des Rechnungsverfahrens erleichtert. Ein bis in die jüngste Zeit nachgeführtes Literaturverzeichnis orientiert ausserdem über die in den letzten rd. 100 Jahren erschienenen einschlägigen Veröffentlichungen.

Die Arbeit ist an der Versuchsanstalt für Wasserbau der E. T. H. Zürich unter Leitung von deren Direktor, Prof. Dr. E. Meyer-Peter, und mit finanzieller Unterstützung durch den Jubiläumsfonds 1930 der E. T. H. entstanden. Sie gibt deshalb zugleich bereitetes Zeugnis für die nützliche, fruchtbringende, der praktischen Anwendung im Wasserbau dienende Tätigkeit dieser Anstalt, wofür die interessierte Fachwelt wieder einmal dankbar sein darf.

K. J e n n y.

Anmerkung der Redaktion. Der Verfasser, Priv.-Doz. Ing. Dr. Henri Favre, liest über «Les ondes de translation dans les canaux découverts» an der E. T. H. im laufenden Sommersemester (Donnerstag 9 bis 10 h, im Hörsaal 40c), worauf hiermit aufmerksam gemacht sei.

### Ein neues Messprinzip für Wärmemengenzähler, Flüssigkeits- und Gasmesser.

Bei der Wasser-, Gas- und Elektrizitätsversorgung ist das Messen der jedem Verbraucher gelieferten Menge eine Selbstverständlichkeit, nicht aber bei der zentralen Beheizung mehrerer Wohnungen oder Häuser. Den offenkundigen Vorteilen, welche die durchgehende Verwendung genauer Wärmemesszähler den sparsamen Verbrauchern und damit der Volkswirtschaft böte, steht u. a. die hiedurch bedingte Erhöhung der Installationskosten gegenüber. Ein Wärmemesszähler muss deshalb, um Verbreitung zu finden, nicht nur genau, sondern auch billig sein. Diesen doppelten Zweck verfolgt eine Neukonstruktion, die wir im Folgenden auf Grund eingehender, uns vom Erfinder, Ing. Manlio Goetzl, Trieste, zur Verfügung gestellter Unterlagen beschreiben<sup>1)</sup>.

**Wärmemessung.** Die ungemein einfache Messeinrichtung, wie sie der Entwurf Abb. 1, dem Wärmebedarf einer grösseren Wohnung entsprechend, für ein maximales Durchflussvolumen von 500 l/h Wasser, eine Rücklaufftemperatur von maximal 70° und einen Temperaturabfall von 20° normal, 30° maximal darstellt, kommt ohne Flügelrad, Venturirohr oder komplizierte Hilfsanordnungen aus. Sie greift auf die Poiseuille-Strömung in engen Röhren und Spalten zurück: Einem turbulenzfrei durchströmten, in den Rücklauf eingebauten<sup>2)</sup> Rohrkörper 1 aus sechs konzentrischen Röhren wird ein ebenfalls laminar durchflossener  $8 \times 10^{-3}$  mm schmaler, lotrechter Spalt 4 parallel geschaltet<sup>3)</sup>. Die sekundlich durch das Rohrstück und den Spalt fliessenden Wassermassen sind einander proportional. Der gemeinsame Druckabfall  $\Delta p$ <sup>4)</sup> ist nämlich

$$\Delta p = \frac{12l}{d^2 f} \left( \frac{\eta}{\rho} \right)_1 M_1 = \frac{12s}{hb^3} \left( \frac{\eta}{\rho} \right)_2 M_2$$

( $l$  = Länge,  $f$  = Gesamtquerschnitt des Rohrstücks,  $d$  = Abstand zwischen den konzentrischen Röhren;  $s$  = Länge,  $h$  = Höhe,  $b$  = Breite des Spalts,  $\eta$  = Zähigkeit,  $\rho$  = Dichte,  $M$  = sekundlich das Rohrstück, bezw. den Spalt durchströmende Wassermasse). Die Umleitung 22 ermöglicht es, die den Spalt 4 enthaltende Kammer quer durch den Rücklauf zu legen, sodass die Spalttemperatur dank den gut leitenden Trennwänden 23 gleich der Temperatur im Rücklauf ist. Daher hat in obiger Gleichung der temperaturabhängige Quotient  $\eta/\rho$  beidseitig den selben Wert, und

$$M_2 = k h M_1,$$

wobei der Faktor  $k$  nur von den geometrischen Daten abhängt. Wie alsbald darzulegen, wird die Spalthöhe  $h$  andererseits proportional mit dem Temperaturunterschied  $T_1 - T_2$  zwischen Vor- und Rücklauf verändert, sodass  $M_2$  dem Produkt

<sup>1)</sup> Vergl. «SBZ», Band 102, S. 273\*, Nr. 22 vom 25. Nov. 1933 (Wärmemengenzähler von Siemens) und Bd. 105, S. 283\*, Nr. 24 vom 15. Juni 1935 (Mechanischer Wärmemesszähler von Z. Benes).

<sup>2)</sup> Im kälteren Rücklauf, wo die Zähigkeit des Wassers grösser ist und die Ringspalten entsprechend weiter gewählt werden können. Die Abmessungen des Rohrstücks der Abb. 1 basieren auf der mittleren Strömungsgeschwindigkeit  $w_m = 0,285$  m/s; die kritische Geschwindigkeit beträgt bei 70° C  $w_k = 0,295$  m/s.

<sup>3)</sup> Der Spalt, gebildet von den auf einige  $10^{-4}$  mm genau geschliffenen Schmalseiten der beiden Glas- oder Quarzscheiben 10 und 10', wird durch die Platinblättchen 11 und die beiden Schrauben des Rahmens 12 auf dem bezeichneten Abstand gehalten.

<sup>4)</sup>  $\Delta p$  beträgt vorliegendenfalls  $2 \times 10^{-3}$  at. Gegenüber dem Druckabfall im Spalt ist jener in den Zuleitungen durchaus zu vernachlässigen.

$M_1 (T_1 - T_2)$ , also der sekundlich abgegebenen Wärmemenge  $q$  proportional wird<sup>5)</sup>:

$$M_2 = k' q.$$

Die Parallelschaltung des Spalts 4 mit dem Rohrstück 1 geschieht über die beiden gleichen Glaszylinder 8 und 8', auf deren Kolben 26 der Anfangs-, bezw. Enddruck des Rohrs 1 wirkt; der eine Kolben steigt ebenso langsam empor, wie sich der andere senkt. Der von einem Kolben in der Zeit  $t$  zurückgelegte Weg ist offenbar proportional  $\int M_1 dt$  und damit proportional der gelieferten Wärmemenge  $Q = \int q dt$ ; diese kann also unmittelbar auf einer Skala abgelesen werden<sup>6)</sup>. Die Anordnung ist so bemessen, dass es während der Heizperiode mindestens einen Monat dauert, bis der halbe Wasserinhalt des einen Zylinders in den andern Zylinder verdrängt worden ist. Sodann vertauscht man mittels des Zweibegehahns 6 die Rolle der beiden Zylinder<sup>7)</sup>, und das Messwasser durchfliesst den Spalt 4 im umgekehrten Sinn.

Die oben angegebene Regulierung der Spalthöhe kommt mit Hilfe eines Quecksilberfadens zustande, der, die Rille 14 anfüllend<sup>8)</sup>, bis zur Höhe seiner Kuppe den Spalt verdeckt und sowohl mit dem Rücklaufthermometer 18 wie mit dem Vorlaufthermometer 19 kommuniziert.

Das Rücklaufthermometer ist eine quecksilbergefüllte Glas-kugel. Die in ihr bei einer mittleren Temperatur  $T$  enthaltene Quecksilbermasse  $m_2$  erfährt bei einer Erhöhung der Rücklaufftemperatur um  $\Delta T_2$  die Verminderung

$$\Delta m_2 = c_2 \Delta T_2, \quad c_2 = m_2 (\beta_{Hg} - \beta_G)$$

( $\beta_G, \beta_{Hg}$  = räumliche Ausdehnungskoeffizienten von Glas, bezw. Quecksilber).

Im Vorlaufthermometer füllt die  $T^0$  warme Hg-Masse  $m_1$  den engen Zwischenraum vom Volumen  $V_Z$  zwischen einer Hohlkugel aus Glas und einem kugelförmigen Quarzkern vom Volumen  $V_Q$  und dem räumlichen Ausdehnungskoeffizienten  $\beta_Q$  aus. Bei Erhöhung der Vorlaufftemperatur um  $\Delta T_1$  erweitert sich dieser Zwischenraum um  $(\beta_G - \beta_Q) V_Q \Delta T_1$ ; er fasst infolgedessen (bei Berücksichtigung der thermischen Ausdehnung des Quecksilbers) eine um  $\Delta m_1$  vergrösserte Quecksilbermasse  $\Delta m_1$ :

$$\Delta m_1 = c_1 \Delta T_1, \quad c_1 = m_1 \left[ (\beta_G - \beta_Q) \frac{V_Q}{V_Z} - \beta_{Hg} \right].$$

<sup>5)</sup> Es ist hervorzuheben, dass die gemessene Grösse ( $M_2$ ) wirklich dem Produkt aus dem Temperaturabfall in die sekundlich durchfliessende Wassermasse, nicht in das Durchflussvolumen (wie bei andern Wärmemesszählern) proportional ist — ein wegen der Temperaturabhängigkeit von  $q$  zu beachtender Umstand.

<sup>6)</sup> Offenbar ist diese Ablesung nur bei undurchlässiger Abdichtung der beiden Zylinderräume von einander richtig. Diesem Zweck dienen die Quecksilberringe 27. Sie gewähren ausserdem ein reibungsloses Gleiten der Leichtmetall-Kolben 26 in den Zylindern, was, nebst genauer Gleichheit der Querschnitte und der (geringen) Kolbengewichte in den beiden Zylindern, Bedingung für die vorausgesetzte Gleichheit der Druckabfälle längs des Spalts 4 und längs des Rohrstücks 1 ist.

<sup>7)</sup> Praktisch wird die Apparatur in einen Kasten zu verschalen sein, der zur Ablesung und Umschaltung mit einem Schlüssel geöffnet werden muss.

<sup>8)</sup> Die Kapillarität verhindert das Quecksilber, in den engen Spalt einzudringen.

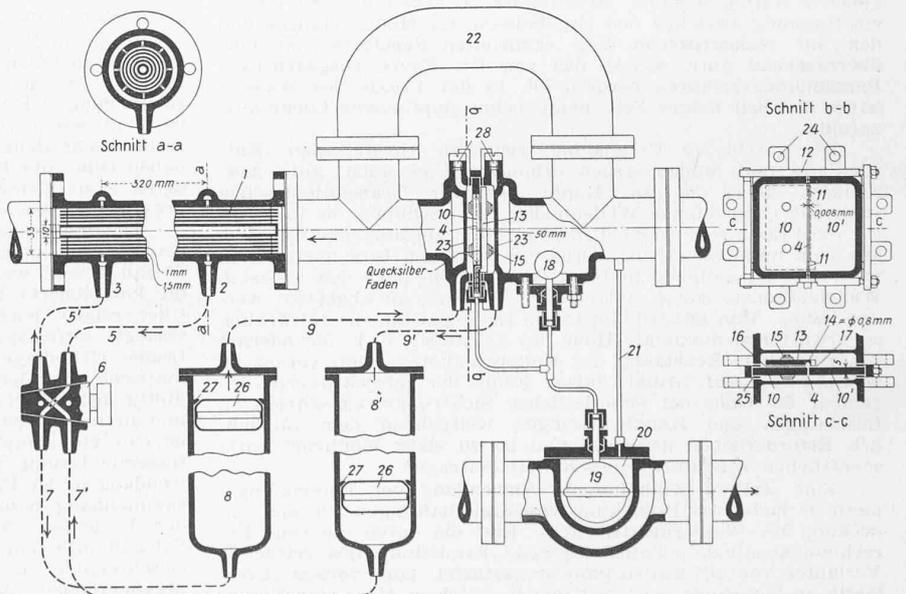


Abb. 1. Wärmemengenzähler nach Ing. Manlio Goetzl, Trieste (schematisiert).

- 1 Rohrkörper, 2 obere, 3 untere Druckentnahmestelle, 4 Spalt, 5 u. 5' Verbindungsrohre,
- 6 Zweibegehahn, 7 u. 7' Verbindungsrohre, 8 u. 8' Sammelylinder, 9 u. 9' Verbindungsrohre,
- 10 u. 10' Scheiben, 11 dünne Metallblättchen, 12 Rahmen, 13 Scheiben, 14 Quecksilberrille,
- 15 Schrauben, 16 Metallblättchen, 17 Seitenspalte, 18 Rücklauf-, 19 Vorlauf-Thermometer,
- 20 Kammer, 21 Verbindungsrohre, 22 Umleitung, 23 Trennwände, 24 Bolzen, 25 Dichtung,
- 26 Kolben, 27 Quecksilberringe, 28 Füllöffnungen.

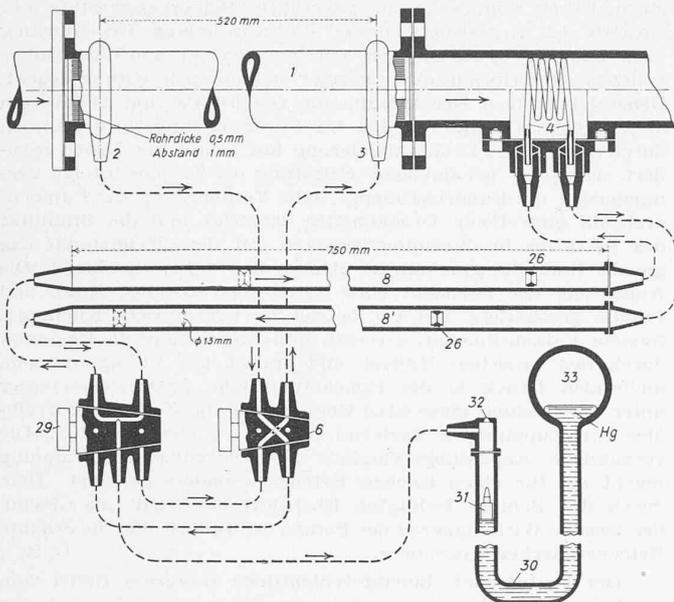


Abb. 2. Druckluftmesser nach M. Goetzl.

1 Rohrkörper, 2 obere, 3 untere Druckentnahmestelle, 4 Kapillarrohr, 6 Zweiwegehahn, 8 und 8' Sammelzylinder, 29 Hahn, 30 U-Rohr, 31 Schwimmer, 32 kleine Oeffnung, 33 Hilfsgefäss.

Die Abmessungen der beiden Thermometer werden so gewählt dass

$$c_1 = c_2 = c$$

ist, sodass sich bei einer Erhöhung des Temperaturabfalls um  $\Delta(T_1 - T_2) = \Delta T_1 - \Delta T_2$  die Absperrille um die Differenz  $\Delta m$  der vom Vorlaufthermometer verschluckten und der vom Rücklaufthermometer ausgestossenen Quecksilbermasse entleert<sup>9)</sup>:

$$\Delta m = \Delta m_1 - \Delta m_2 = c \Delta(T_1 - T_2).$$

Befindet sich bei gleicher Vor- und Rücklauftemperatur die Kuppe des Quecksilberfadens auf der Höhe des oberen Spaltendes, so ist also die freie Spalthöhe, wie oben behauptet, dem Temperaturabfall  $T_1 - T_2$  proportional<sup>10)</sup>. — Zur Vermeidung elastischer Deformationen ist der Aussendruck auch des Vorlaufthermometers dem Innendruck, also dem Druck im Rücklauf gleichzumachen, weshalb das Vorlaufthermometer, wie aus Abb. 1 hervorgeht, nicht unmittelbar in den Vorlauf, sondern in eine mit dem Rücklauf verbundene, vom Vorlaufwasser umspülte Kammer 20 taucht.

**Flüssigkeitsmessung.** Das heikelste Organ des Wärmemessers, der Spalt mit Vor- und Rücklaufthermometer, wird bei dem Flüssigkeitsmesser Goetzl's durch ein in den Rücklauf getauchtes Kapillarrohr (Abb. 2, 4) ersetzt. Da es Druckabfall und Temperatur mit dem Rohrkörper teilt, ist jetzt das diesen in einem beliebigen Zeitabschnitt durchfliessende Flüssigkeitsgewicht auf der Zylinderskala unmittelbar abzulesen. Diese Messmethode wird sich dort empfehlen, wo es, wie z. B. bei der Wirkungsgradbestimmung eines Dampfkessels, auf grosse Genauigkeit ankommt, zumal bei Temperaturschwankungen, unter denen das spezifische Gewicht des Wassers nicht unerheblich variiert, und das von gewöhnlichen Flüssigkeitsmessern (Venturirohr, Flügelrad) gemessene Durchflussvolumen dem Durchflussgewicht nicht exakt proportional ist. Allfällige erhebliche Temperaturschwankungen der Messzylinder können nötigenfalls mit einem Korrekturfaktor berücksichtigt werden. Die Messgenauigkeit wird umso grösser sein, je höher man das Druckgefälle im Rohrkörper wählt. Beispielsweise erhält Goetzl für die Messung einer stündlichen Strömungsmenge von 2000 l Kesselspeisewasser, dessen Temperatur bis zu 80° ansteigen kann, bei Wahl von  $8 \times 10^{-3}$  at Druckgefälle einen 48 cm langen Rohrkörper und ein 160 mm langes, 0,1 mm weites Kapillarrohr, von monatlich rd. 90 cm<sup>3</sup> Messwasser durchflossen.

<sup>9)</sup> Die Kapillarrille ist mit Diamant genau auszufräsen. Damit man von allfälligen thermischen Schwankungen des Quecksilbers in den Verbindungsrohren zwischen den Thermometern und der Absperrille absehen kann, werden diese Röhrchen bedeutend enger gewählt als die Rille.

<sup>10)</sup> In dem beständig vom gleichen, gereinigten Wasser durchflossenen engen Spalt sind keinerlei die Anzeige fälschenden Ablagerungen zu erwarten. Die Störung des Stromlinienbildes in der Nähe der Quecksilberkuppe lässt sich für die in Betracht kommenden Spaltöffnungen leicht durch eine entsprechende Verschiebung des oberen Bezugspunktes, von dem aus die Spalthöhe gemessen wird, berücksichtigen. Einer bei höheren Betriebsdrücken etwa eintretenden elastischen Ausbauchung des Spalts wird man u. U. durch eine Eichung des Zählers unter Betriebsbedingungen Rechnung tragen.

**Gas- und Druckluftmessung.** Nicht ganz so einfach gestaltet sich die Messung des Durchflussgewichts von Gasen, z. B. Druckluft. Die in Abb. 2 schematisch dargestellte Messanordnung unterscheidet sich zwar grundsätzlich nicht von der eben besprochenen; auch hier haben die Betriebsluft im Rohrkörper 1 und die Messluft in dem parallel geschalteten Kapillarrohr 4 gleiche Temperatur und Druck und daher auch die gleiche kinematische Zähigkeit  $\eta/\rho$ , sodass die Durchflussgewichte einander wiederum proportional sind; doch ist das Gewicht  $G$  der im Laufe etwa eines Monats in einen Sammelzylinder<sup>11)</sup> eingeströmten Messluft dem von ihr besetzten Volumen  $V$  nur dann proportional, wenn das spezifische Volumen  $V/G$  im Moment der Skalenablesung stets den selben Wert hat. Die Herstellung dieser Konstanz bedingt eine zusätzliche Einrichtung: In dem Hilfsgefäss 33 ist eine Luftmasse von gegebenem Gewicht  $G'$  eingeschlossen. Der an sie grenzende Quecksilberspiegel schwankt mit der Stellung des Schwimmers 31; dessen oberste mögliche Lage fixiert das Volumen der eingeschlossenen Luftmasse auf den Betrag  $V'$ . Ihr spezifisches Volumen ist dann  $V'/G'$ . Diesem konstanten Wert wird bei der Ablesung das spezifische Volumen der Messluft gleich gemacht. Nach der Zustandsgleichung ist

$$\frac{V}{G} : \frac{V'}{G'} = \frac{T}{p} : \frac{T'}{p'}$$

Damit der rechteitige Ausdruck = 1 werde, muss, da sich sowohl die Messzylinder wie das Hilfsgefäss auf Raumtemperatur  $T = T'$  befinden, die Messluft im Zylinder auf den gleichen Druck gebracht werden wie die in der Kammer 33 eingeschlossene Luft:  $p = p'$ .

Die Quecksilbermenge in dem U-Rohr 30 ist so dosiert, dass, solange der Druck über dem Schwimmer jenen in der Kammer übersteigt, die Oeffnung 32 frei bleibt, jedoch durch die Spitze des Schwimmers in dessen oberster Lage eben dann dicht abgeschlossen wird, wenn die genannten Drücke einander gleich geworden sind<sup>12)</sup>. Zur Ablesung werden durch den Hahn 29 die Verbindungen der Sammelzylinder mit dem Rohrkörper unterbrochen und die in Abb. 2 links gelegenen Zylinderräume mit jenem über dem Schwimmer verbunden. Die Zylinderluft strömt nun solange durch die Oeffnung 32 aus, bis der Zylinderdruck auf den Druck in der Kammer gesunken ist und die Dichte der Messluft ihren Sollwert erreicht hat. Nach der Ablesung wird der Hahn wieder in die Betriebslage gedreht. Auch hier ist die Messluft von der Betriebsluft getrennt, sodass keine Verunreinigungen des Kapillarrohrs zu befürchten sind.

Der in Abb. 2 skizzierte Druckluftmesser ist für eine Luftmenge von maximal 10 m<sup>3</sup>/h bei 5 at entworfen. In dem aus elf konzentrischen Rohren bestehenden Rohrkörper strömt die Druckluft mit 2,84 m/s Geschwindigkeit, entsprechend einem Druckabfall von 0,003 at. Das 400 mm lange und 0,05 mm weite Kapillarrohr wird monatlich von etwa 12 cm<sup>3</sup> Messluft durchströmt.

## MITTEILUNGEN

**Der Einfluss der Wärmemessung auf die Heizkosten** geht aus den von Regierungsbaumeister a. D. Berlitz im Gesundh.-Ing. Bd. 59 (1936) veröffentlichten Messungen hervor, die sich auf insgesamt 637 Wohnungen in Wiesbaden beziehen. In vier Wohnungsblöcken und fünf Wohnungen untergebracht, werden die Wohnungen von einem zentralen Kesselhaus mit Wärme und Gebrauchswasser versorgt, in dem sechs schmiedeiserne und vier gusseiserne Warmwasserkessel mit insgesamt 396 m<sup>2</sup> Heizfläche aufgestellt sind. Zu beheizen sind Stahlradiatoren mit einer gesamten Heizfläche von 10 800 m<sup>2</sup> für eine aus der Wärmebedarfsrechnung ermittelte Höchstleistung von  $4,4 \times 10^6$  Cal/h, wozu noch etwa 10% Fortleitungsverluste kommen. Zum Ausgleich von Bedarfschwankungen und zur Verkürzung der Anheizdauer dienen drei Wärmespeicher von je 25 m<sup>3</sup> Inhalt, die von den nachts gedrosselt weiterbrennenden Kesseln aufgeladen werden. Zur Warmwasserbereitung dienen zwei Kessel von je 29 m<sup>2</sup> Heizfläche, die durch eine Rauchgasvorwärmanlage von 98 m<sup>2</sup> hinter den sechs schmiedeisernen Heizkesseln ergänzt werden.

Für die Wärmemessung in den einzelnen Wohnungen zur Erzielung einer gerechteren Heizkostenverteilung und Senkung der Brennstoffausgaben wurden sowohl elektrische Messer (der Wärmemesser A.-G. Berlin) als auch Messapparate nach dem Verdunstungsprinzip (Calorius) eingebaut. Der Verbrauch in Wohnungen ohne Wärmemesser erwies sich als beträchtlich höher;

<sup>11)</sup> Auch hier werden zur gleitenden Abdichtung der Zylinderkolben (26) Quecksilberringe verwendet; zur Vermeidung von Reibung zwischen den Kolben und den hier beispielsweise horizontal gestellten Zylinderwänden wird das Kolbengewicht dem Auftrieb des Quecksilbers (rd. 5 gr) gleich gemacht, sodass der Kolben in diesem, ohne zu klemmen, schwimmt.

<sup>12)</sup> Z. B. gleich 800 mm Quecksilbersäule bei 0° C.