Der wirtschaftliche Durchmesser von eisernen Druckleitungen

Autor(en): **Steiner, CH.R.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **67/68 (1916)**

Heft 27

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-33132

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

in Bern. Eine ebenfalls frische Note bringt der Kachelofen (Abbildung 6) im Esszimmer; sein Grund ist weiss, der Sitz, die Ecklisenen und die kuppelartige Bedachung sind grün, die kleinen Dreiviertelssäulen des Oberteils gelb.

Ganz besondere Aufmerksamkeit musste den Installationsarbeiten geschenkt werden. Als Arzt war dem Bauherrn in dieser Hinsicht nur das Beste gut genug. Ausser der Heizungs- und Entstaubungsanlage wurden alle Arbeiten durch die Handwerker Langenthals ausgeführt, was ein Zeugnis von deren Leistungsfähigkeit gibt. Der fröhliche Gartenbrunnen mit den Hosenlupfenden Putten ist ein Werk des Bildhauers W. Schwerzmann in Zürich (Abb. 7).

Die Kosten der Baute belaufen sich auf 46 Fr./m^3.

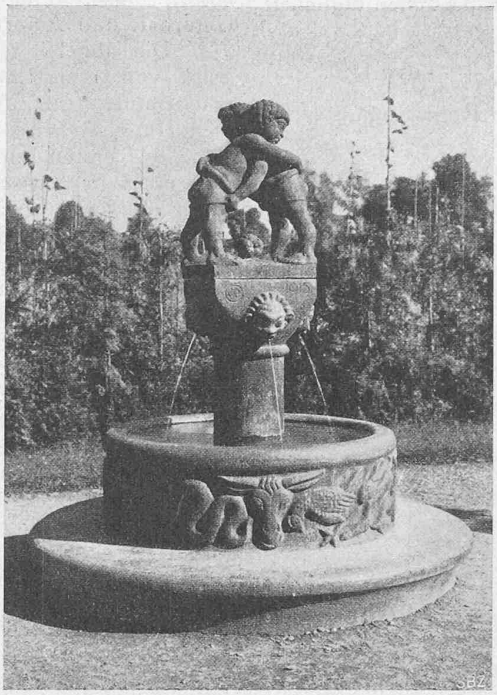


Abb. 7. Brunnen von W. Schwerzmann, Zürich.

Der wirtschaftliche Durchmesser von eisernen Druckleitungen.[1])

Von Ing. *Ch. R. Steiner*, Ruhbank, Zofingen.

Unter Berücksichtigung von Kraftverlust, Zins, Unterhalts- und Erneuerungs-Kosten soll hier untersucht werden, wie der Durchmesser einer eisernen Druckleitung gewählt werden muss, damit die Leitung die Bedingung grösster Wirtschaftlichkeit in Bezug auf die Kraftgewinnung erfülle. In der ursprünglichen analytischen Behandlung dieses Gegenstandes waren sowohl Zins als auch Unterhaltungs- und Erneuerungskosten proportional dem Gewichte des Metallrohres angenommen worden. In einem Abänderungsvorschlag hatte der Verfasser dagegen die Kosten für Unterhalt und Erneuerung der Rohroberfläche proportional angenommen, welche Modifikation auch hier beibehalten werden soll. Mit Rücksicht auf Anstrich, Rostwirkung usw. scheint dies durchaus gerechtfertigt und die hieraus folgenden Bedingungen für die wirtschaftliche Projektierung werden besonders da hervortreten, wo wegen klimatischen Einflüssen und im Wasser mitgeführten Stoffen beträchtliche mechanische und chemische Zerstörungen an der Leitung erwartet werden müssen.

[1]) Nach einer Arbeit von *M. L. Enger* in „Engineering Record" vom 12. Sept. 1914 und einem Abänderungsvorschlag des Verfassers in der Nummer vom 31. Oktober 1914 jener Zeitschrift.

Abb. 6. Kachelofen im Esszimmer.

Im folgenden bedeuten:

- h das Gefälle in m über einem bestimmten, in Betrachtgezogenen Rohrabschnitte;
- d den wirtschaftlich vorteilhaften Durchmesser dieses Rohrabschnittes in m;
- n das relative Extragewicht wegen Stossdeckung usw.;
- w das spezifische Gewicht des Rohrmetalls in kg/dm^3;
- a Kosten der Leitung in Fr./kg;
- b den Wert der Pferdestärke im Jahr, bei Dauerbetrieb;
- i den Zinsfuss;
- k eine Konstante, gleich den jährlichen Unterhaltungs- und Amortisationskosten pro 100 Fr. Anlagekapital, wenn die Rohrdicke 1 cm beträgt;
- t die Rohrdicke in cm für einen bestimmten Abschnitt;
- c die Konstante in der Geschwindigkeitsformel von Chézy;
- v die Geschwindigkeit in m;
- s das verlorene Gefälle in m pro m Rohrlänge;
- E den Gesamtwirkungsgrad der Motoren und Maschinen, welche die dem Werte b entsprechende Triebkraft erzeugen;
- Q_1, Q_2 usw. die Abflussmengen in m^3/sek, die während z_1, bezw. z_2 Stunden jeden Tag durchfliessen.

Gemäss der Formel von Chézy ist:

$$v = c\sqrt{\frac{d}{4}\,s} \quad \left(\text{wobei } \frac{d}{4} = \text{hydraul. Radius des Kreises}\right)$$

Es ergibt sich: $s = \dfrac{4\,v^2}{c^2\,d}$, alles in m ausgedrückt.

Die Abflussmenge Q in m^3/sek ist $Q = \dfrac{\pi\,d^2}{4}\,v$,

folglich $v = \dfrac{4\,Q}{\pi\,d^2}$

Der obigen Wassermenge Q und einem Gefällsverlust s entspricht ein Arbeitsverlust in der Sekunde von:

$$P = Q \cdot 1000 \cdot s \; mkg \text{ oder } \frac{Q \cdot 1000 \cdot s}{75}\; PS$$

und nach Einführung der Werte für s und v:

$$P = \frac{Q \cdot 1000 \cdot 4\,v^2}{75 \cdot c^2\,d} \text{ oder}$$

$$P = \frac{Q \cdot 1000 \cdot 4 \cdot 16 \cdot Q^2}{75 \cdot c^2\,d^5\,\pi^2} = \frac{86{,}4\,Q^3}{c^2\,d^5} \qquad (1)$$

Diese Brutto-Energie entspricht einer verwertbaren Kraft von EP und einem Werte des jährlichen Kraftverlustes im Rohre bei Dauerbetrieb von bEP, somit, wenn nur während z_1 von den 24 Stunden Q_1 m^3/sek

abfliessen, ist der Wert dieses jährlichen Rohrreibungs-Verlustes:

$$L = \frac{86{,}4\, Q_1^3\, E\, b}{c^2\, d^5} \cdot \frac{z_1}{24} = \frac{3{,}6\, Q_1^3\, E\, b\, z_1}{c^2\, d^5}$$

oder für die Summe von verschiedenen partiellen täglichen Betriebszeiten:

$$L = \frac{3{,}6\, E\, b}{c^2\, d^5}\, (Q_1^3\, z_1 + Q_2^3\, z_2 + \cdot\cdot \text{ usw.}) \qquad (2)$$

Das Gewicht eines 1 *m* langen Rohrabschnittes in *kg* ist:

$$= w \cdot \pi \cdot 10\, d \cdot \frac{1}{10}\, t \cdot 10\,(1+n) = 10\, w\, \pi\, t\, d\,(1+n)$$

oder für eine genietete eiserne Leitung ($w = 7{,}78$)

$= 244{,}4\, t\, d\,(1+n)$, somit die Kosten desselben

$= 244{,}4\, a\, t\, d\,(1+n)$ und der jährliche Zins bei einem Zinsfuss von i %:

$$C_1 = \frac{244{,}4\, a\, i\, t\, d\,(1+n)}{100} \qquad (3)$$

Da h den Druck in t pro m^2 Rohrfläche bedeutet und die Tangential-Zugkraft pro m Rohrlänge $= \frac{h \cdot d \cdot 1}{2}$ Tonnen ist, so hat man:

$$t \cdot 100 \cdot S \cdot e = \frac{h\, d}{2} \quad \text{oder}$$

$t = \frac{h\, d}{200 \cdot S \cdot e}$, wobei S die zulässige Spannung pro cm^2 Eisen in t und e das Verhältnis des unverschnittenen zum ganzen Längsschnitt der genieteten Wand bedeutet. Durch Einführung dieses Wertes in Gleichung 3 ergibt sich:

$$C_1 = \frac{244{,}4\, a\, i\, d^2\, h\,(1+n)}{200 \cdot S \cdot e \cdot 100} = \frac{1{,}22\, a\, i\, d^2\, h\,(1+n)}{100\, S\, e} \qquad (4)$$

Was die jährlichen Kosten für Unterhalt und Erneuerung betrifft, so ist angenommen, dass diese in direktem, einfachem Verhältnisse mit der Rohroberfläche variieren. Letztere ändert sich in direktem Verhältnis mit dem Durchmesser, und dieser direkt mit der Wandstärke. Während also bei gleicher Oberfläche die Anlagekosten mit der Wandstärke zunehmen, nimmt gleichzeitig das Verhältnis der jährlichen Unkosten zu den Anlagekosten ab. Ergeben sich für Unterhalt und Erneuerung k % jährliche Kosten bei 1 *cm* Rohrwandstärke, so werden unter gleichen Bedingungen bei 2 *cm* Stärke die jährlichen Kosten pro 100 Fr. Anlagekosten nur $\frac{k}{2}$ betragen. Also ist der jährliche Unterhalt samt Entwertung gleich $\frac{k}{t}$ %.

In Analogie mit der Gleichung 3 bekommen wir daher durch Einsetzen von $\frac{k}{t}$ statt i den zweiten Wert der jährlichen Kosten:

$$C_2 = \frac{244{,}4\, a\, k\, d\,(1+n)}{100} \qquad (5)$$

Die jährlichen Verluste und Kosten sind L, C_1 und C_2 (Gleichungen 2, 4 und 5). — Deren Summe soll ein Minimum sein. Indem wir das erste Differential dieser Summe = 0 setzen, finden wir die Bedingungsgleichung hiefür. Durch Ersatz der Konstanten in den Werten für L, C_1 und C_2 durch die Zeichen N, M und P erhalten wir:

$$L + C_1 + C_2 = \frac{N}{d^5} + M d^2 + P d \qquad (6)$$

Hiernach:

$$-5\, N d^{-6} + 2\, M d + P = 0, \text{ d. h.}$$

$$\frac{4}{10}\, M d^2 + \frac{2}{10}\, P d = \frac{N}{a^5},$$

somit gemäss Gleichung 6 und vorangehender Definition von L, C_1 und C_2

$$\frac{4}{10}\, C_1 + \frac{2}{10}\, C_2 = L. \qquad (7)$$

Diese Gleichung, die für sämtliche Röhrenteile und somit für die ganze Druckleitung gilt, liefert folgende Konstruktions-Regel:

Damit die Druckleitung möglichst günstig für die Oekonomie der Kraftgewinnung ausfalle, sollte der jährliche Wert der dem verlorenen Gefälle entsprechenden Triebkraft gleich sein 4/10 der jährlichen Zinsen der Erstellungskosten der Leitung plus 2/10 der jährlichen Kosten für Unterhalt und Amortisation.

Die abgeleiteten Beziehungen gelten für ein Rohrstück von 1 *m* Länge unter Voraussetzung konstanten Querschnittes für diese Länge. Wäre die Leitung ein wenig konisch und ihr ökonomischer Durchmesser in der Mitte des ersten und letzten Meters berechnet, so erhielte man mit sehr grosser Annäherung die wirtschaftliche Form eines allmählich sich erweiternden Rohrstückes, wobei die Genauigkeit durch die Wahl der Längen zu jedem beliebigen Grade getrieben werden könnte. In der Praxis wird sich jedoch wohl immer der Einheitspreis einer solchen konischen Leitung den zu erreichenden, unbedeutenden Vorteilen gegenüber zu hoch stellen, und es dürfte genügen, der wirtschaftlich günstigsten Form dadurch nahezukommen, dass die Leitung aus mehreren Abteilungen erstellt wird, gewöhnlich jede für sich mit konstantem Gefälle, jedenfalls aber mit konstantem Querschnitte, während die Gefälle- und Grössen-Aenderungen an den Teilpunkten innerhalb weniger Meter Länge angeordnet werden. In einem solchen Falle kann der Durchmesser des in der Mitte der Abteilung liegenden Meters Rohr für die ganze Abteilung verwendet werden.

Wie schon erwähnt, beruht der Wert $\frac{2}{10}\, C_2$ in Gleichung 7 auf der Annahme, dass Amortisations- und Unterhaltungs-Kosten der Rohroberfläche proportional sind. (Wollte man sie dem Gewichte proportional setzen, so hätte die Gleichung die Form:

$$\frac{4}{10}\, C_1 = L \qquad (8)$$

wobei C_1 nach Gleichung 4 zu berechnen wäre, jedoch mit der neuen Definition von i gleich Zinsfuss plus Unterhaltungs- und Erneuerungskosten pro 100 Fr. Wert.)

Gleichung 7, gestützt auf obgenannte Annahme, wird deswegen empfohlen, weil sie bei Ausschluss von Irrtümern in den Konstanten der Wirklichkeit näher kommen wird als Gleichung 8. In Fällen, in denen kein grosser Unterschied durch diese Neuerung entsteht, ist dennoch nichts verloren; in andern Fällen aber ist viel an Zuverlässigkeit gewonnen. Fälle der letzteren Art kommen oft vor, z. B. wenn es schwierig ist, das Wasser von mitgeführtem Sand immer rein zu halten oder wenn gewisse saure oder alkalische Bodenbestandteile die Röhre von aussen angreifen.

Von den ausserdem für die jährlichen Kosten in Betracht kommenden Faktoren, die zum Teil unvermeidlich sind, wären hauptsächlich unvorhergesehene Zufälle zu nennen, wie z. B. eine Unterwaschung der Leitung am untern Ende durch Ueberschwemmung, die lokalen Bruch und darauf plötzliche Entleerung, Vakuumbildung und Zusammenquetschen der Leitung zur Folge haben kann, wenn nicht für diesen Fall zum voraus genügend vorgesorgt ist.

Dergleichen Einflüsse sind oft nur durch die Wahrscheinlichkeitsrechnung zu ermitteln, wo aber bekannt, kommen sie in den Formeln zur vollen Geltung. Nehmen wir zum Beispiel an, während des Durchfliessens des Wassers mit der maximalen Geschwindigkeit erleide die Innenwand des Rohres von 1 *cm* Wandstärke eine Abnützung, die bei Dauerbetrieb ein gewisses Dienstalter bedingt. Ist der hieraus sich ergebende Teil k_1 von k hiernach bekannt (durch Erfahrung usw.), so wäre bei zeitweiligem Betriebe offenbar

$$\frac{Q_1\, z_1 + Q_2\, z_2 + \text{usw.}}{Q_{max} \cdot 24}\, k_1$$

statt k_1 zu nehmen.

Der Gang der Berechnung zur Bestimmung von d ist einfach. Für die Mitte einer Abteilung werden für zwei oder drei Werte von d die Kosten L, C_1 und C_2

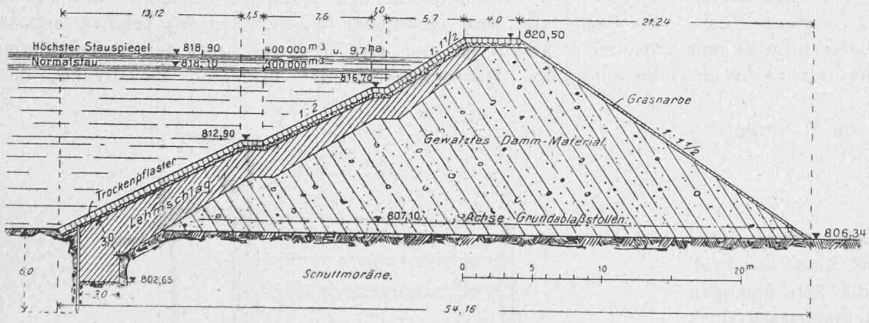
bestimmt und (am besten) durch Kurven dargestellt. Der ungefähre Schnittpunkt der Kurve L mit der Kurve $\frac{4}{10} C_1 + \frac{2}{10} C_2$ zeigt an, für welchen Wert von d dies zu wiederholen ist, wonach sich in der Regel der genaue Schnittpunkt und der endgültige Wert von d, dem wirtschaftlichen Durchmesser einer Abteilung ergibt. Hierbei kann der Koeffizient c für den Anfang zu ungefähr 100 angenommen und so beibehalten werden, so lange die Geschwindigkeit sich zu etwa 3 bis 4 *m* berechnet. Für andere Geschwindigkeiten muss c in gewohnter Weise geändert werden. Ebenso wäre das Resultat eventuell mit Rücksicht auf eine anders als zuerst angenommen ausfallende Wandstärke t zu modifizieren durch Anwendung eines genauern Wertes für k.

Der Bruch des Staudamms an der Weissen Desse.

Seit unserer Berichterstattung mit Abbildung der Durchbruchstelle auf Seite 242 dieses Bandes ist nun in den ersten Dezembernummern der „Deutschen Bauzeitung" eine einlässliche Darlegung des ganzen Sachverhaltes, begleitet von zahlreichen Abbildungen, erschienen. Wir entnehmen diesem, von Obering. *Ott* und Regierungsbaumeister *Marquardt* in Brüx (Böhmen) verfassten Aufsatz noch einige Einzelheiten, sowie die Profilzeichnung des Dammes, und verweisen im übrigen auf die genannte reichhaltige Quelle.

„Der wie die meisten Erddämme in gerader Richtung das Tal absperrende Damm, dessen Querschnitt beigegebene Abbildung zeigt, hat an der Wasserseite eine 1 : 1,5 geneigte Böschung bis auf Höhe 816,7, woselbst eine 1 *m* breite Berme den Uebergang in die Böschungsneigung 1 : 2 bis Höhe 812,9 vermittelt, um hier durch eine 1,5 *m* breite Berme unterbrochen zu werden und in derselben Neigung bis zur Talsohle weiter zu gehen. Die luftseitige Böschung hat ohne Berme die reichlich steile Neigung 1 : 1,5.

Der Querschnitt des Dammes setzt sich zusammen aus einer Lehmhaut an der Wasserseite, deren Stärke von 1 *m* an der Krone auf 3 *m* am Dammfuss zunimmt und daselbst 3,69 *m* tief hinter einer Spundwand in den lehmig-sandigen bis schotterartigen Untergrund eingebunden ist; ferner aus einer vor die Lehmschale gesetzten, gegen Wellenschlag schützenden Trockenpflasterung aus Granitsteinen von 30 *cm* Stärke mit durch Steinsplitter ausgezwickten Fugen auf 40 *cm* starker Schotterlage, sowie einem stützenden, in Schichten von 40 *cm* mittels 3000 *kg* schwerer Benzinauto-Walze verdichteten Dammkörper, dessen sandig-lehmiges



Profil des am 11. September 1916 gebrochenen Staudammes an der Weissen Desse. — 1 : 500.

bis geröllartiges Material der obersten Verwitterungsschicht der im Staubecken gelagerten Schuttmoräne entnommen ist.

Die Spundwand an der Wasserseite der Lehmschale reicht 6 *m* unter die Talsohle, bindet aber, im Gegensatz zum Damm an der Schwarzen Desse, noch nicht in undurchlässige Schichten ein, sodass die Vermutung nahe liegt, dass auch noch in dieser Tiefe (in Probegruben hat man in 10 *m* Tiefe noch keinen Fels angefahren), zwischen dem sandig-lehmigen Verwitterungsprodukt des Granites grössere Geröllstücke und Felsblöcke eingelagert sind, die, selbst unter der Voraussetzung einer dichten Lagerung, doch keineswegs wasserdicht sein können. Man muss sich daher fragen, ob bei dem am Fuss der Spundwand herrschenden grössten Wasserdruck von 18,56 *m* nicht die Bildung von Wasseradern möglich war, die durch die infolge des Rammens wahrscheinlich eingetretene Lockerung der Geschiebestücke vielleicht noch begünstigt wurde.

Ob die bei der Weissen Desse gewählte Abdichtung des Talgrundes auf die Dauer genügt hätte, muss bei dem grossen Talgefälle von 3 bis 5 % bezweifelt werden, umsomehr als das dem Staubecken entnommene — zweifellos ausgesuchte — Schüttungsmaterial nur 14 % Lehmbestandteile enthielt, im übrigen aber über 28 % Grusgeschiebe aufweist.[1]) Die aus den Bodenuntersuchungen (Tabelle III) nachgewiesene grosse Durchlässigkeit des Dammmaterials erfährt insofern eine Bestätigung, als bei einem weniger durchlässigen Material das im Damm-Innern sitzende Wasser bei einem sehr raschen Sinken des Wasserspiegels nicht schnell genug aus diesem entweichen kann, sodass infolge der reibungsvermindernden Eigenschaft des im Dammkörper befindlichen Wassers ein Abrutschen der Böschungsflächen eintreten würde. Das war aber an der Durchbruchstelle nicht der Fall; vielmehr sind, wie auch die photographischen Aufnahmen zeigen, sehr steile Bruchflächen zu erkennen, deren Zustandekommen man wohl der leichten Neigung des Dammkörpers, Wasser rasch aufzunehmen und abzugeben, zuschreiben muss" usw.

Aus der oben erwähnten „Tabelle III" ergibt sich die prozentuale Verteilung nach Korngrössen des Dammschüttungsmaterials im Innern zu: Grus über 4 *mm* ⊖ 28 %, grober Sand 4 bis 2 *mm* ⊖ 38 %, Sand von 1 bis 0,1 *mm* 20 % und lehmhaltige Teile 14 %. Der wasserseitige „Lehmschlag" wies auf: Grus 11 %, groben Sand 47 %, Sand 27,5 % und lehmhaltige Teile 14,5 %!

Eine einfache Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit.

Die unter dem Titel *Graphische Darstellung des Luftbefeuchtungs- und Trocknungsvorganges* in der Schweizerischen Bauzeitung vom 30. September 1916 (Seite 156 dieses Bandes) gegebene graphische Darstellung[2]) gestattet u. a. auch, in sehr einfacher Weise, die Bestimmung der relativen Feuchtigkeit der Luft aus der Ablesung eines trockenen und eines „feuchten" Thermometers. Diese Methode ist alt, wird aber in der Praxis nicht so oft angewendet, als sie infolge ihrer Einfachheit verdient, vielleicht weil die Ausrechnung des Resultates etwas schwierig ist. In seinem Buche über Kondensatoren zeigt aber *F. J. Weiss* anhand eines ähnlichen Diagrammes, wie man diese relative Feuchtigkeit leicht nach der Zwei-Thermometer-Methode bestimmen kann. Da die Kenntnis der relativen Luftfeuchtigkeit in der Praxis oft wünschenswert ist, direkt zeigende Hygrometer aber eine besondere Aichung benötigen, dürfte eine kurze Erläuterung der Methode, die mittels zwei guter Thermometer, ohne besondere Aichung, auch anhand des in der Bauzeitung veröffentlichten Diagramms vorgenommen werden kann, angebracht sein.

Zur Ausführung der Messung hängt man in den Raum, in dem die relative Luftfeuchtigkeit bestimmt werden soll, zwei vorher miteinander verglichene Thermometer auf und umgibt das untere Ende des einen mit einem Stückchen porösem Stoff, das in ein Schälchen mit etwas Wasser taucht, derart, dass sich der Stoff leicht mit Wasser voll saugt. Die Luft in der Nähe der beiden Thermometer hält man z. B. durch einen Zimmerventilator in dauernder leichter Bewegung. Beide Thermometer sind, wenn nötig, durch Schirme gegen Wärmestrahlung zu schützen.

Die in unmittelbarer Berührung mit der feuchten Hülle vorüberströmende Luft sättigt sich an der Berührungsstelle vollständig mit Wasserdampf. Da keine Wärme von aussen zugeführt wird, muss die Luft aus ihrem eigenen Wärmeinhalt die nötige Verdampfungswärme liefern. Dabei kühlt sie sich ab. Die von der Gewichtseinheit Luft zur Verdampfung aufzubringende Wärmemenge ist gegeben durch die Wassermenge, die verdunstet werden muss, bis die Gewichtseinheit Luft gesättigt ist. Aus dieser Verdampfungswärme und der spezifischen Wärme der Luft resultiert eine be-

[1]) „Bei andern ausgeführten Erddämmen bestand das Schüttmaterial aus folgenden Teilen: Mittersheim 50 % Sand und 50 % Ton, Montauby 66⅔ % Sand und 33⅓ % Ton, La Liez 56 % Sand und 44 % Ton, Cold Springs 75 % Kies und 25 % Lehm, Marne-Saône-Kanal 30 bis 70 % Sand und 70 bis 30 % Lehm, Straschin-Prangschin 71 % Sand und 29 % Ton, Schwarze Desse 48 % Sand und 52 % Lehm, Weisse Desse 86 % Sand und 14 % Lehm."

[2]) Wir wiederholen hier (auf S. 314) zum bessern Verständnis des Folgenden die betreffende Abbildung. *Red.*