Ueber das Verhältniss der theoretischen zur wirklichen Geschwindigkeit der Luft bei Ventilations-Anlagen

Autor(en): **Giesker, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **9/10 (1887)**

Heft 1

PDF erstellt am: **02.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-14333

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

Breite von 35,0 *m* und 20,0 *m* Höhe bis zur Firstpfette; die Küche als Anbau ist 87,0 *m* lang und 20,0 *m* breit. Somit überdacht dieser ausgedehnte Bau eine Fläche von 6640 m^2.

Als Festplatz diente die sog. Jugendfestwiese auf dem Rosenberg, einer der reizendsten Punkte der Umgebung, mit herrlicher Fernsicht auf Bodensee und Appenzellerberge.

Das im Ganzen um 4,0 *m* ansteigende Terrain im Innern der Hütte bot dem Besucher den eigenthümlichen Reiz, den amphitheatralisch ansteigenden Zuschauerraum, sowie von diesem aus das Podium an allen Punkten vollkommen übersehen zu können. An der tiefsten Stelle lag letzteres, unter welchem die Bierhalle eingerichtet wurde.

Als einziger Uebernehmer führte Zimmermeister Schenker in St. Gallen diese grosse Zimmerarbeit nach den Plänen des Unterzeichneten aus. An Bauholz wurden 1050 m^3 verarbeitet.

Der schönste Schmuck der Hütte war unstreitig das herrliche Colossalbild über dem Hauptportal, unentgeltlich durch den zufällig anwesenden, hervorragenden Künstler Herrn Brünner in Carlsruhe gemalt (Grösse desselben 9 auf 5 *m*) Diesem Kunstwerke stellten sich die mit enormem Fleiss und grosser Sauberkeit durch Herrn Dessinateur Weber in St. Gallen ebenfalls unentgeltlich hergestellten farbigen Transparentfenster würdig zur Seite.

Portal und Thürme wurden mit Oelfirniss in Holztönen lasirt; die Innendecoration musste möglichst einfach und billig in Tannreisguirlanden und Wappen ausgeführt werden.

Von den Nebenbauten sind zu erwähnen: Bureaulocalitäten, Maschinenhütten, Abortanlagen, sowie eine Zelthütte für 500 Personen.

Alle Bauten wurden mit Schindeln eingedeckt und electrisch beleuchtet, wobei Bogenlampen für Halle und Festplatz, und Glühlicht für Küche und Bierhalle verwendet wurden.

Die Kosten der Zimmermannsarbeiten der Festhalle sammt Küche, Podium und Bestuhlung betragen 65 321 Fr.; die Gesammtunkosten aller Festbauten, Decorationen, Strassen- und Wasserleitungen, Beleuchtung, Pachtzinse etc. belaufen sich laut Schlussrechnung auf die Summe von 138 459 Fr.

St. Gallen, im December 1886. *J. Kunkler,* Architect, Sohn.

Ueber das Verhältniss der theoretischen zur wirklichen Geschwindigkeit der Luft bei Ventilations-Anlagen.

Von Ingenieur *A. Giesker* in Enge-Zürich.

Zur Berechnung der wirklichen Geschwindigkeit der dichtesten Luft im engsten Querschnitt eines Canals, hat Herr Ingenieur Käuffer in Mainz folgende Formel aufgestellt:

$$v = \mu \sqrt{2\,g\,(h_1\,s_1 \pm h_2\,s_2 \mp h_3\,s_3 \pm h_4\,s_4 \mp \ldots)}$$

wobei bezeichnet:

μ einen Coefficienten für Contraction und Reibung, welcher je nach den örtlichen Verhältnissen zwischen 0,20 à 0,63 zu nehmen ist.

$h_1\,h_2\,h_3\,..$ die Höhentheilstrecken, welche die Luft im ganzen Lauf von Ruhe zu Ruhe durchfliesst, wobei diejenigen, in denen die Luft sich aufwärts bewegt, mit den —, diejenigen, in denen sie sich abwärts bewegt mit den + Zeichen eingesetzt worden und deren Summen $(+, - \ldots) = 0$ ist.

Es ist also in unserem Fall:

Für den Abzug der Luft durch die Abzugsklappe unten

$$h_1 - (h_2 + h_3) + h_4 - (h_5 + h_6) = 0.$$

Für den Abzug der Luft durch die Abzugsklappe oben

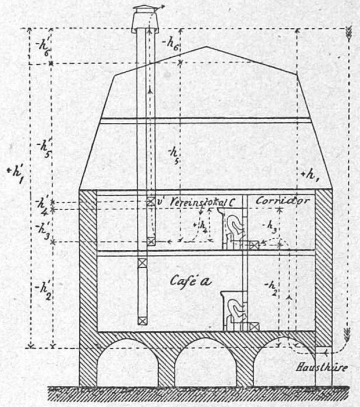
$$h_1' - (h_2' + h_3' + h_4' + h_5' + h_6') = 0.$$

$s_1\,s_2\,s_3\,.$ = den Dichten der Luft in den mit gleichem Zeiger bezeichneten Höhentheilstrecken;

g die Beschleunigung durch die Schwerkraft = 9,81.

Um über die Grösse des *Coefficienten* μ *mehr* Gewissheit zu bekommen, habe ich bei der von mir erstellten Heiz- und Ventilationsanlage im Vereinslocal des Zunfthauses zur Meise in Zürich bei gewissen Temperaturen die Geschwindigkeiten der Luft in der untern Abzugsklappe gleich v und in der obern gleich v' mehrere Mal gemessen und aus je 3 bis 4 Messungen das Mittel als *wirkliche Geschwindigkeit* angenommen. Die den verschiedenen Theilstrecken $h_1\,h_2\,h_3$ entsprechenden Temperaturen habe ich ebenfalls gemessen und die der jeweiligen mittleren Temperatur zukommende Dichtigkeit in obige Formel eingesetzt,

Fig. 1. Heiz- und Ventilationsanlage im Versammlungslocal des Zürch. Ingenieur- und Architecten-Vereins.
(Zunft zur Meise) in Zürich.



danach die theoretische Geschwindigkeit berechnet, diese durch die entsprechende wirkliche Geschwindigkeit dividirt und auf diese Weise den Coefficienten $\mu = \frac{v_{wirkl.}}{v_{theor.}}$ erhalten.

Da die Messungen nur in den geöffneten Abzugsklappen möglich waren, die untere aber *stets* um 0,1 m^2 geöffnet ist, so gibt die Division der in der obern Klappe gemessenen Geschwindigkeit durch die berechnete Geschwindigkeit für diesen Fall ein zu kleines μ, indem ein Theil der Luft auch durch die untere Abzugsöffnung mit abfloss. Zur Bestimmung der totalen richtigen Abflussmenge bei geöffneter oberer Abzugsklappe addirte ich daher die gemessenen Luftmassen, welche durch die obere und den *stets* offenen Theil der untern Klappe gingen.

Zur Bestimmung von μ kann ich aber desshalb auch nur die zwei Messungen brauchen, welche sich auf die *untere* Abzugsklappe beziehen und bei welchen der Ventilator nicht arbeitete. Immerhin sind die Messungen mit Ventilator und bei geöffneter oberer Abzugsklappe für die *allgemeine* Untersuchung *wichtig,* wesshalb ich in den nachfolgenden graphischen Tabellen dieselben ebenfalls eintrug.

Ich berechnete nun μ für folgende 2 *Fälle*.

1. *Fall, Berechnung von* μ, *ohne brennende* Gasflammen und *ohne Ventilator,* bei der *untern* Abzugsklappe.

Hiebei ist wie aus der Druckhöhenzeichnung ersichtlich:

Druckhöhe

$$h_1 = +18{,}42\,m,\ h_2 = -5{,}92\,m,\ h_3 = -2{,}3\,m,\ h_4 = +2{,}3\,m,$$
$$h_5 = -10{,}64\,m,\ h_6 = -1{,}86\,m,$$

dabei war die Temperatur

$$t_1 = 1{,}75^0\,c,\ t_2 = 7{,}5^0\,c,\ t_3 = 27^0,\ t_4 = 17{,}5^0,\ t_5 = 13{,}5^0,$$
$$t_6 = 10^0\,c$$

und die dieser entsprechende Dichtigkeit

$$s_1 = 1{,}2850,\ s_2 = 1{,}2560,\ s_3 = 1{,}1693,\ s_4 = 1{,}210,\ s_5 = 1{,}23,$$
$$s_6 = 1{,}24$$

und da $\sqrt{2\,g} = 4{,}43$, so ist v gemessen =

$$\mu \,.\, 4{,}43 \sqrt{(18{,}42\,.\,1{,}285 + 2{,}3\,.\,1{,}21) - (5{,}92\,.\,1{,}256 + 2{,}3\,.\,1{,}1693 + 10{,}64\,.\,1{,}23 + 1{,}86\,.\,1{,}24)}$$

$$v\ gemessen = \mu \,.\, 4{,}43 \sqrt{26{,}4527 - 25{,}5185} = \mu \,.\, 4{,}43 \sqrt{0{,}9342} = \mu \,.\, 4{,}43 \,.\, 0{,}966$$

also gemessene Geschwindigkeit $v = \mu \,.\, 4{,}27938 = \mu \,.\, 4{,}28$

da in Wirklichkeit $v = 1{,}6\,m$, so ist

$$Coefficient:\ \mu = \frac{1{,}6}{4{,}28} = 0{,}387.$$

2. *Fall.* Berechnung von μ: bei 14 brennenden Gasflammen und ohne Ventilatorbetrieb, bei der untern Abzugsklappe.

Für die verschiedenen Druckhöhen

$$h_1 = +18{,}42;\ h_2 = -5{,}92;\ h_3 = -2{,}3;\ h_4 = +2{,}3;$$
$$h_5 = -10{,}64;\ h_6 = -1{,}86\ m$$

sind hier die Temperaturen

$$t_1 = 1{,}25^{\circ}C;\ t_2 = 7{,}5^{\circ};\ t_3 = 27{,}5^{\circ};\ t_4 = 20^{\circ};\ t_5 = 15^{\circ};$$
$$t_6 = 11^{\circ}$$

und die entsprechenden Dichtigkeiten

$$s_1 = 1{,}2860;\ s_2 = 1{,}2560;\ s_3 = 1{,}1675;\ s_4 = 1{,}2001;$$
$$s_5 = 1{,}2223;\ s_6 = 1{,}2404$$

danach ist v gemessen =

$$\mu \,.\, 4{,}43 \sqrt{(18{,}42 \,.\, 1{,}2860 + 2{,}3 \,.\, 1{,}2001) - (5{,}92 \,.\, 1{,}2560 + 2{,}3 \,.\, 1{,}1675 + 10{,}64 \,.\, 1{,}2223 + 1{,}86 \,.\, 1{,}2404)}$$

$$v_{gemessen} = \mu \,.\, 4{,}43 \sqrt{26{,}44835 - 25{,}4324)} = \mu \,.\, 4{,}43 \sqrt{1{,}016} = \mu \,.\, 4{,}43 \,.\, 1{,}008$$

$$v_{gemessen} = \mu \,.\, 4{,}4654 \text{ in Wirklichkeit} = 1{,}62\ m \text{ p. Sec.}$$

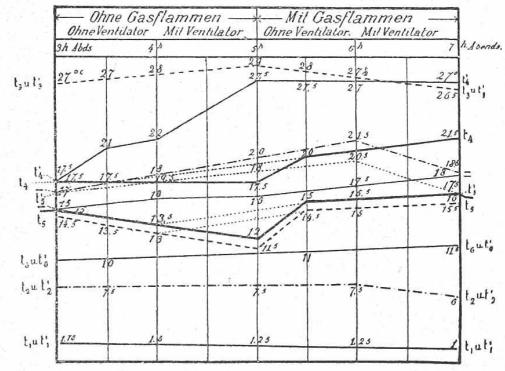
$$\text{mithin } \mu = \frac{1{,}62}{4{,}4654} = 0{,}362.$$

Aus diesen Zahlen für μ geht hervor, dass bei Berechnungen von ähnlichen Fällen wie hier die *wirkliche* Geschwindigkeit nur als circa $^1/_3$ der *theoretischen* Geschwindigkeit angenommen werden darf, will man *richtige* Resultate erhalten!

Ich lasse nun noch 3 graphische Darstellungen der betreffenden Untersuchungen folgen. Dieselben wurden vorgenommen als keine Gasflammen und als 14 Gasflammen brannten, und jeweilen wieder ohne und mit Ventilatorbetrieb. Der Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft war im Anfang der Messungen um 3 Uhr 45 % und sank zu Folge der 14 brennenden Gasflammen und da nur zwei Personen im Saal waren bis Abends 9 Uhr auf 40 %.

Der Ventilator ist eine horizontale kleine Tangentialturbine, die pro Stunde nicht ganz 200 *l* Wasser consumirte und in Glaslagern läuft; der Ofen ein gusseiserner, mit Rippen versehener Rüsselofen, in einem Kachelmantel im Saale stehend, mit Wasserverdunstungsgefäss und mit Füllschacht, von aussen zu feuern.

Fig. 2. Graphische Darstellung der gemessenen Temperaturen.



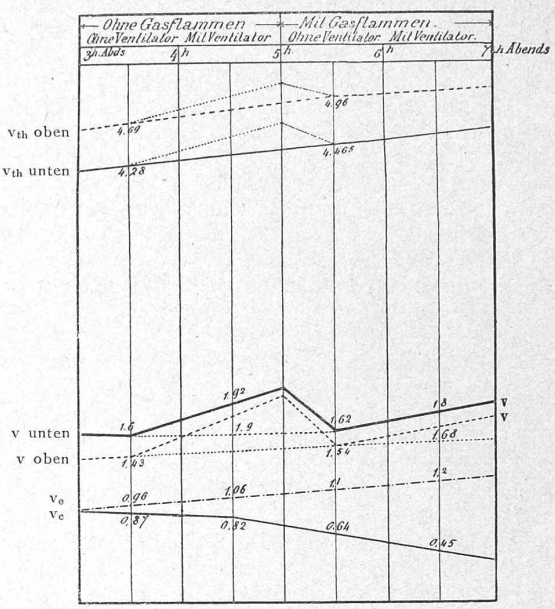
1,5 *mm* = 1° Celsius.

Fig. 2 stellt die von 3 Uhr Mittags bis Abends 7 Uhr gemessenen Temperaturen dar. Dieselben sind als Ordinaten (1,5 *mm* = 1° Celsius) aufgetragen, während die Abscissen die Zeit der Messungen angeben.

Fig. 3 gibt die gemessenen wirklichen und die berechneten theoretischen Geschwindigkeiten an (15 *mm* der Ordinate = 1 *m* Geschwindigkeit per Secunde).

Aus *Fig.* 4 sind die wirklichen Luftbewegungen ersichtlich (15 *mm* = 1000 m^3 per Stunde) sowie die Luftmenge, die bei 50 Personen und 10 brennenden Gasflammen (d. i. ca. 40 m^3 per Kopf u. Stunde) nöthig wären, damit die Luftverschlechterung nur 1,5 ‰ bei unbegrenzter Benützungsdauer des Saales, der ca. 400 m^3 Inhalt hat, betrüge, die

Fig. 3. Graphische Darstellung der Geschwindigkeiten.



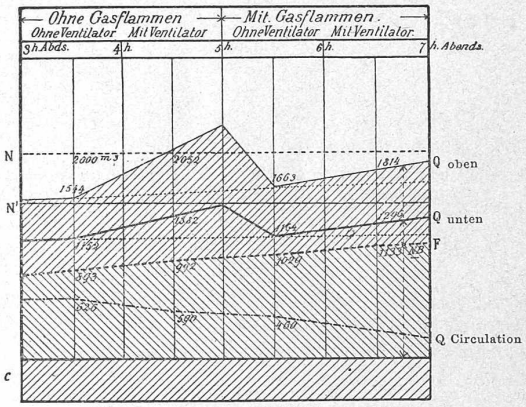
1,5 *mm* = 1 *m* Geschw.

Erklärung: v_{th} = Theoretisch bestimmte Geschwindigkeit.
v = Wirkliche Geschwindigkeit.
v_e = Eintrittsgeschwindigkeit der Luft in den Ofen.
v_c = Circulationsgeschwindigkeit der Luft durch den Ofen.

Luft also nach Dr. Pettenkofer als gesund bezeichnet werden dürfte.

Auch ist dieselbe Luftmenge angegeben für den Fall, dass kein Gas brennt und 50 Personen im Saal sind. Diese Luftmenge ist 30 m^3 per Kopf und Stunde und stimmt mit den Anforderungen von General Morin für nicht zu lange

Fig. 4. Graphische Darstellung der Luftbewegungen.



15 *mm* = 1000 m^3

dauernde Versammlungen, wobei 20 m^3 per Kopf und Stunde für Abführung des Rauches zu rechnen sind.

Ich überlasse es jedem sich dafür Interessirenden, seine Betrachtungen über die den verschiedenen Temperaturen entsprechenden Aenderungen in den Geschwindigkeiten und den Bewegungsmassen der Luft selbst anzustellen und erlaube mir nur auf die wenig mit der Kopfhöhentemperatur differirende aus Fig. 2 ersichtliche Fussbodentemperatur aufmerksam zu machen; dann auf die Einwirkung des Ventilators auf die Abzugstemperatur in der untern Abzugklappe und die entsprechende Abzugsgeschwindigkeit.

Während bei abnehmender Temperatur im Ofen und grösserer Erwärmung der Deckenluft durch das Gas die Eintrittsgeschwindigkeit der Luft von Aussen in den Ofen und die Abzugsgeschwindigkeit in den Abzugscanälen zunimmt, nimmt die Circulationsgeschwindigkeit der Saalluft durch den Ofen ab und damit selbstverständlich in gleichem

Sinn die den betreffenden Geschwindigkeiten entsprechenden bewegten Luftmassen.

Aus Fig. 4 geht auch aus der Differenz der durch die Abzugscanäle abziehenden Luftmassen und der eintretenden frischen Luft in den Ofen die spontane Ventilation hervor d. h die Masse der Luft, welche durch die Fensterritzen, Mauern etc. eindringt. Auch ist aus dieser Tafel ersichtlich, dass, wenn zehn Gasflammen brennen und 50 Personen im Saal sind, es nothwendig ist, die obere Klappe zu öffnen und den Ventilator in Function zu setzen, damit die Luftverschlechterung nach Dr. Pettenkofer nicht mehr wie 1,5 ‰ betrage. Wenn kein Gas brennt, braucht man den Ventilator nicht in Betrieb zu setzen oder nur die untere Klappe zu öffnen und den Ventilator functioniren zu lassen.

Da bei oben geöffneter Abzugsklappe und arbeitendem Ventilator im Mittel *stündlich* über 2000 m^3 zu- und abgeführt werden, entspricht die Anlage vollständig den Anforderungen, welche General Morin an ein gut gelüftetes Versammlungslocal für ca. 70 à 100 Personen stellt, indem pro Stunde und Kopf je nach den verschiedenen Temperaturen 20 à 30 m^3 per Kopf und Stunde zu- und abgeführt werden können. Würde, wie dies früher der Fall war, das Local unter denselben Verhältnissen *gar nicht* ventilirt, so wäre nach derselben Autorität schon nach der ersten Stunde die im Saal befindliche Luft bei 70 Personen ca. 4 Mal und bei 100 Personen ca. 6 Mal zu schlecht, um als gesund bezeichnet werden zu können, indem es bei dem 400 m^3 haltenden Raum per Kopf bei 70 Personen 5,7 m^3 Luft und bei 100 Personen nur 4 m^3 Luft trifft und würde selbstverständlich die Saalluft von Stunde zu Stunde noch schlechter, da keine frische Luft zu- und die schlechte Luft nicht abgeführt wird.

Die hydraulische Ferntriebanlage im neuen Central-Bahnhof zu Frankfurt a./M.

Bei der in dieser Zeitschrift (Bd. VIII, No. 15) veröffentlichten Beschreibung des Frankfurter Centralbahnhofes wurde auch der hydraulischen Ferntriebanlage erwähnt, welche dort eingerichtet wird. Ueber diese Anlage konnte jedoch damals noch nichts Bestimmtes mitgetheilt werden. Es mag daher eine ausführliche Beschreibung dieses interessantesten Theiles der Einrichtungen im dortigen Bahnhof für Viele um so willkommener sein, als der Umfang derselben alle ähnlichen Anlagen um ein Bedeutendes übertrifft.

Nach einem Vortrag, den Herr Regierungsbaumeister *Wittfeld* im Frankfurter Bezirksverein deutscher Ingenieure hielt, befindet sich die Centralstation für den hydraulischen Betrieb in einem Thurm auf dem rechten Mainufer unterhalb der neuen Eisenbahnbrücke. Das in den Accumulatoren der Centralstation angesammelte, unter einem Druck von 75 Atmosphären stehende Wasser geht durch die insgesammt etwa 14 *km* langen Rohrleitungen, von welchen der zunächst der Centralstation belegene Theil dreifach, das gesammte übrige Netz aber doppelt ausgeführt wird, nach den einzelnen Maschinen zur Abgabe der Nutzarbeit. Das Abwasser der hydraulischen Maschinen gelangt durch eine besondere Niederdruckleitung, die ebenfalls über den ganzen Bahnhof verzweigt ist, in das Hauptreservoir des Wasserthurmes zurück, soweit es nicht an besonderen Zapfstellen für allgemeine Gebrauchszwecke (Locomotivspeisung, Wasserspülung u. s. w.) entnommen wird. Das gesammte Betriebswasser wird aus dem Main entnommen und zwar mittelst einer doppelt angelegten Saugeleitung. Der eine Rohrstrang entnimmt das Wasser aus einem Sickerbrunnen, der innerhalb eines mit groben Steinen (Sand- oder Backstein) gefüllten Steinfilters sich befindet, während die andere Saugeleitung, die nur als Reserve dient, direct in den Main mündet. Der Betrieb der Saugeleitungen erfolgt durch zwei Saugpumpen von je 3 ½ m^3 Leistungsfähigkeit pro Minute, welche mit den eigentlichen Druckpumpen gekuppelt sind. Die Pumpen befördern das Wasser in ein kleines in der Spitze des ca. 40 *m* hohen Wasserthurmes befindliches Reservoir, von welchem es den auf der Oberkante des Hauptreservoirs angebrachten Pressfiltern zufliesst. Aus den Filterpressen fliesst das Wasser in das Hauptreservoir, welches einen Inhalt von 800 m^3 hat. Dieses Reservoir ist nach dem System Intze mit kugelförmigem Boden construirt, es besteht aus zwei Theilen, so dass immer eine Reserve vorhanden ist.

Aus dem Hauptreservoir fliesst das gereinigte Wasser den eigentlichen Druckpumpen, die im unteren Theile des Wasserthurmes aufgestellt sind, direct zu. Es sind zwei stehende Druckpumpen vorhanden, welche nach einem besonderen Programme der Gutehoffnungshütte in Oberhausen construirt und ausgeführt wurden. Bei diesen Pumpen liegen die Dampfcylinder, deren jede drei hat, oben; die drei Pumpencylinder stehen unter denselben, so dass die Kolbenstangen der Pumpen mit denjenigen der Dampfmaschinen direct verkuppelt sind. Die Dampfmaschinen sind nach dem Compound-System ausgeführt. Bei normaler Leistung befördert jedes der beiden Druckpumpensysteme 1,9 m^3 Wasser pro Minute bei 30 Doppelhuben, was einer Arbeit von 450 indicirten Pferdestärken entspricht. Beim Defectwerden der einen Maschine, kann die andere 3,8 m^3 Wasser pro Minute bei 60 Doppelhuben liefern und zwar bei einer Kolbengeschwindigkeit von 1,8 *m*. Da bei dieser grossen Geschwindigkeit ein Schlagen der Ventile eintreten würde, so kommen gesteuerte Riedler'sche Ventile zur Anwendung. Die höchste indicirte Leistung beider Pumpensysteme von zusammen 1800 Pferdestärken ergibt, wenn man den sehr niedrigen Nutzeffect von nur 50 % annimmt, eine effective Leistung der Ferntriebanlage von mindestens 900 Pferdestärken. Die Dampfmotoren der Druckpumpen arbeiten mit Oberflächen-Condensation; das condensirte Wasser wird, nachdem das mitgerissene Fett durch einen Howald'schen Fettabschneider beseitigt ist, zur Kesselspeisung verwandt. Zum Betriebe dienen vier Dampfkessel von je 120 m^2 Heizfläche. Der Kamin des Kesselhauses wird ganz aus Stampfbeton hergestellt, ebenso auch die Pfeiler des Wasserthurmes. Der Thurm bildet im Grundriss ein reguläres Achteck von 14 *m* innerem Durchmesser.

Die Druckpumpen befördern das Wasser zunächst in die Accumulatoren, deren Plunger durch gusseiserne Gewichte so belastet ist, dass das Druckwasser einen constanten Druck von 75 Atmosphären erhält. Die beiden Accumulatoren sind so eingerichtet, dass sie in der höchsten und tiefsten Lage der Plunger auf die Expansion der grossen Dampfpumpen einwirken. Es wird also der Verbrauch von Dampf dem jeweiligen Verbrauch von Druckwasser vermittels der Accumulatoren automatisch angepasst. Die Plunger haben 46 *cm* Durchmesser und einen Hub von 6 *m*, die Füllung beträgt 0,90 m^3. Um bei etwaigen Rohrbrüchen Wasserverlusten vorzubeugen, ist in die Rohrleitung direct hinter den Accumulatoren ein Federventil eingeschaltet, welches für gewöhnlich durch den Wasserdruck offen gehalten wird, sich aber sofort schliesst, wenn auf der einen Seite der Wasserdruck aufhört. Hierdurch wird eine sehr grosse Betriebssicherheit erreicht, auf welches letztere bei der ganzen Anlage überhaupt besonderes Gewicht gelegt wurde. An die Accumulatoren schliesst sich die bereits obenerwähnte Druckleitung an, welche etwas über 1 *m* tief in den Boden versenkt ist. Dieselbe besteht aus gusseisernen Röhren von im Maximum 160 *mm* lichter Weite bei 28 *mm* Wandstärke. An denjenigen Stellen, an welchen eine starke Senkung des Bodens zu befürchten ist, sind nicht gewöhnliche Flanschenrohre, sondern Rohre mit Gelenkflanschen (nach dem System Hoppe) verlegt. Wenn man sich die Rohrleitung in ihrem ganzen Umfange einfach gelegt denkt, so beträgt ihre Länge etwa 7 *km*. Zum Unschädlichmachen der Längenänderungen des Röhrsystems waren keine besonderen Einrichtungen erforderlich, da das Wasser durchweg während des ganzen Jahres ziemlich dieselbe Temperatur hat, indem es im Winter die Oberflächen-Condensatoren der Druckpumpen passirt und auf diese Weise angewärmt wird.

Als hydraulische Motoren für die electrische Beleuchtung kommen zwei neuere Systeme von hydraulischen Maschinen in Betracht, von denen die einen mit veränderlichem Hub, die anderen mit veränderlicher Druckwasser-Füllung arbeiten. Das erstere System ist von Helfenberger in Rorschach ausgebildet worden, bei demselben wird bei veränderter Kraftabgabe die Kurbellänge selbstthätig verändert. Eine Maschine dieses Systems, welche in der Nähe von St. Gallen aufgestellt ist, lieferte bei 356 *m* Gefälle und 10 *l* Wasserverbrauch per Secunde eine Arbeit von 40 Pferdestärken, was einem Nutzeffect von über 83 % entspricht. Die Maschine arbeitet sehr ruhig, namentlich wenn sie als Zwillingsmaschine construirt wird. Das zweite System ist durch die Maschinen von C. Hoppe in Berlin vertreten; bei denselben wird während zwei Drittel des Hubes mit Druckwasser gearbeitet, wogegen während des übrigen Drittels des Hubes Wasser aus der Niederdruckleitung angesaugt wird. Die Hoppe'schen Maschinen werden als Drillingsmaschinen mit drei unter 120° gegen einander versetzten, einfach wirkenden Cylindern construirt; sie machen ungefähr 150 Touren per Minute und werden mit den Dynamomaschinen, welche also auch nur 150 Touren machen, direct verkuppelt. Welches der Systeme von Helfenberger, Hoppe u. A. auf dem dortigen