

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 75/76 (1920)  
**Heft:** 19

**Artikel:** Das Trocknen mit überhitztem Dampf  
**Autor:** Karrer, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-36545>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

INHALT: Das Trocknen mit überhitztem Dampf. — Wasserstollen unter hohem Innen-Druck. — Wettbewerb für ein Bankgebäude in Luzern der Schweizerischen Nationalbank. — Miscellanea: Hochspannungskabel statt Freileitungen. Neue Quai-mauer im Hafen von Kopenhagen. Kaplan-Turbinen-Konzern. Lager ohne Schmierung. Ausnutzung der norwegischen Wasserkräfte. Umbau der linksufrigen Zürichsee-

bahn. Der nordostschweizerische Verband für die Schiffahrt Rhein-Bodensee. Die Wiedererstehung der St. Katharininenkirche in Nürnberg. Elektrifizierung der Südrampe der Brennerbahn. — Konkurrenz: Gedenktafel für den Reformator Pierre Viret in Lausanne. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

Band 76. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 19.

## Das Trocknen mit überhitztem Dampf.

Von Ing. J. Karrer, Zürich.

Das Trocknen mit überhitztem Dampf scheint noch wenig Anwendung gefunden zu haben, auch sind in den spärlichen Literaturstellen, wo dieses Trockenverfahren und seine Vorteile beschrieben sind, kaum Versuchsergebnisse zu finden. Es dürften daher einige Angaben über dieses Trockenverfahren, insbesondere über Versuche, die die Maschinenfabrik Oerlikon durchgeführt hat, Interesse bieten.

Beim Trocknen in der Luft oder mit Luft wird, wie bekannt, die Verminderung des Feuchtigkeitsgehaltes des Trockengutes durch *Verdunsten* des Wassers erreicht, d. h. bei einer Temperatur, die tiefer liegt als die Siedetemperatur des Wassers. Der sich bildende Wasserdampf mischt sich dabei mit der Luft und der Druck des Wasserdampfes bildet einen Teildruck des Atmosphärendruckes. Bei einer bestimmten Temperatur kann die Luft nur eine bestimmte Dampfmenge aufnehmen; ist dieser Grenzzustand erreicht, so ist sie mit Wasserdampf voll gesättigt und enthält dem Gewichte nach genau soviel Dampf, wie wenn der Raum nur mit Dampf von entsprechender Temperatur und zugehöriger Spannung angefüllt wäre. Da das Gewicht von  $1 \text{ m}^3$  gesättigten Dampfes mit steigender Temperatur sehr rasch zunimmt, ist es zu empfehlen, die Luft möglichst warm dem Trockenraum zuzuführen. Erreicht oder überschreitet die Temperatur der Abluft aus dem Trockenraum die Siedetemperatur des Wassers, so tritt der Wasserdampf als überhitzter Dampf aus; die Trocknung erfolgt dann durch *Verdampfen* des Wassers.

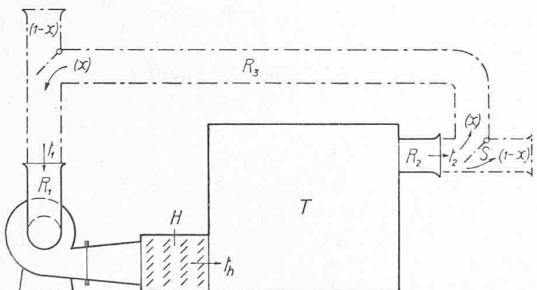


Abb. 1.

Auf diesen bekannten Eigenschaften beruht das Trocknen in der Industrie. Die Luft, wie sie in der Atmosphäre zur Verfügung steht, ist im allgemeinen mit Wasserdampf nicht voll gesättigt; auch gelingt es in der Regel nicht, sie beim Durchströmen durch das Trocken- gut voll zu sättigen. Die durch Holz- oder Kohlenfeuer, Dampf oder elektrischen Strom erwärmte Luft wird durch den eigenen Auftrieb oder durch Ventilatoren durch das Trocken- gut befördert. Sehen wir von den Aufwärmeverlusten des Gutes und des Trockenraumes, sowie von den Ausstrahlungs- Verlusten ab, so ist die der Luft zuzuführende Wärme gleich derjenigen, die zur Verdunstung, bzw. Verdampfung des Wassers nötig ist, vermehrt um die noch in der Abluft enthaltene Wärmeenergie. Diese ist für den Trockenvorgang verloren. Der höchste Wirkungsgrad wird also da erreicht, wo keine Abluft vorhanden ist, was beim Trocknen mit überhitztem Dampf zutrifft.

Zum besseren Verständnis der Trocknung mit überhitztem Dampf soll eine kurze Beschreibung auch der übrigen Trockenverfahren vorausgeschickt werden. Es sei:  $Q$  die zugeführte Wärmemenge in  $\text{kcal/sec}$ .

$G_L$  die in den Trockenraum geführte Heissluft in  $\text{kg/sec}$ .

$G_W$  das im Trockenraum verdampfte Wasser in  $\text{kg/sec}$ .

$c_p$  die spezifische Wärme der Luft in  $\text{kcal/kg}$ .

$\lambda$  die Gesamtwärme bei der Anfangstemperatur des Trockengutes in  $\text{kcal/kg}$ .

$q$  die Flüssigkeitswärme bei der Anfangstemperatur des Trockengutes in  $\text{kcal/kg}$ .

$t_1$  die Temperatur der Frischluft in  $^{\circ}\text{C}$ .

$t_h$  die Temperatur der Heissluft in  $^{\circ}\text{C}$ .

$t_2$  die Temperatur der Abluft in  $^{\circ}\text{C}$ .

$\eta$  der Wirkungsgrad des Trockenverfahrens.

Dann ist, abgesehen von den Aufwärm- und Strahlungs-Verlusten und bei trockener Luft, was wir der Einfachheit halber voraussetzen, bei einer dem Trockenraum zugeführten Wärme  $Q$ , der Wirkungsgrad der Trocknung

$$\eta = \frac{G_W (\lambda - q)}{Q}$$

### 1. Gewöhnliche Trocknung mit Heissluft (Heissluft-Verfahren).

Die am meisten verbreitete gewöhnliche Trocknung mit Heissluft besteht darin, dass Frischluft erhitzt dem Trockenraum zugeführt wird und nach Durchströmen des Trockengutes vermischt mit Wasserdampf ins Freie tritt. In Abbildung 1 ist dieses Trockenverfahren schematisch veranschaulicht (ausgezogene Linien). Die Frischluft mit der Temperatur  $t_1$  wird durch das Rohr  $R_1$  vom Ventilator angesaugt und zum Heizkörper  $H$  gedrückt, von wo sie, auf  $t_h$  erhitzt, dem Trockenraum  $T$  zugeführt wird. Hier gibt die Heissluft einen Teil der im Heizkörper aufgenommenen Wärme an das Trocken- gut zur Verdampfung des Wassers ab und strömt, mehr oder weniger mit Wasserdampf gesättigt, mit der Temperatur  $t_2$  durch das Rohr  $R_2$  ins Freie. Die der Frischluft zugeführte Wärme  $Q$  ist  $Q = G_L c_p (t_h - t_1)$  und der Wirkungsgrad  $\eta_1 < 1$ , weil in der Abluft die Wärme  $G_L c_p (t_2 - t_1)$  nutzlos verloren geht.

### 2. Trocknung mit Heissluft und teilweiser Rückführung der Abluft (Umluft-Verfahren).

Wie bereits eingangs erwähnt wurde, zeigen die aus- geführten Anlagen mit gewöhnlicher Trocknung, dass im allgemeinen die Abluft mit Wasserdampf nicht voll gesättigt ist; es wird daher mehr Frischluft erwärmt, als der Abluft- Temperatur entsprechend nötig wäre, d. h. der Wirkungs- grad der Trocknung ist nicht der höchst mögliche. Die Praxis hat diesen Nachteil bald erkannt und das Verfahren dadurch verbessert, dass soviel Abluft der Frischluft beigemengt und dem Heizkörper und Trockenraum wieder zugeführt wird, bis die Abluft voll gesättigt den Trocken- raum verlässt. In Abb. 1 ist der Unterschied dieses Umluft- Verfahrens gegenüber der gewöhnlichen Trocknung mit strichpunktiierten Linien angegeben. Durch einen im Aus- triktrohr  $R_2$  angeordneten einstellbaren Schieber  $S$  wird ein Teil  $x$  der Abluft durch eine Leitung  $R_3$  dem Saug- rohr  $R_1$  des Ventilators zugeführt, wo sie, vermischt mit Frischluft, dem Heizkörper  $H$  und dem Trockenraum  $T$  zuströmt. Der Rest  $(1 - x)$  der Abluft strömt durch das Rohr  $R_2$  ins Freie. Die zugeführte Wärme  $Q$  ist in diesem Falle  $Q = (1 - x) G_L c_p (t_h - t_1) + x G_L c_p (t_h - t_2)$ , wobei der verhältnismässig kleine Betrag für die Erwärmung des Wasserdampfes der Umluft nicht berücksichtigt ist. Der Wirkungsgrad  $\eta_2$  ist auch hier  $\eta_2 < 1$ , weil in der Abluft noch die Wärme  $(1 - x) G_L c_p (t_2 - t_1)$  verloren geht.

### 3. Trocknung mit überhitztem Dampf (Heissdampf-Verfahren).

Wird in Abbildung 1 der Schieber  $S$  so gestellt, dass die Abluft keinen Zutritt ins Freie, sondern nur zum Rohr  $R_3$  erhält, und ferner der Frischluftzutritt gesperrt, so wird die den Trockenraum verlassende Luft wieder dem Ventilator und Heizkörper zugeführt und aufs neue

erwärm; die Heissluft-Temperatur wird steigen, ebenso jene des aus dem Trockenraum erneut dem Ventilator zuströmenden Gemisches von Luft und Dampf, und nach wenigen Kreisläufen wird das Gemisch am Austritt aus der Trockenkammer die Sättigungstemperatur des Wasserdampfes bei atmosphärischem Druck übersteigen. Um im Trockenraum atmosphärischen Druck aufrecht zu erhalten, muss dafür gesorgt werden, dass dem aus dem Trockengut entweichenden Dampf Raum gegeben wird; dies geschieht am einfachsten durch Anbringung einer entsprechend grossen Oeffnung ins Freie. Das Volumen des aus dem

Temperatur abhängig von der Art und Beschaffenheit des Gutes und von der gewünschten Zeitdauer des Trocknens. Das Gut verlässt den Trockenraum jedenfalls mit einer höheren Temperatur als es ursprünglich besitzt, und diese zum Aufwärmen nötige Wärme oder doch ein grosser Teil derselben ist als verloren zu betrachten. Das gleiche gilt für die Gestelle und Wagen, auf denen das Gut im Trockenraum aufgeschichtet ist. Der Trockenraum selbst ist durch Wände von der Umgebung abgeschlossen, und die Wärme zum Aufwärmen der Wände geht im allgemeinen auch oder zum grössten Teil verloren. Dazu kommen die Leitungs- und Strahlungs-Verluste der Trockenkammer an die Umgebung, die abhängig sind von der Bauart der Kammer und der Zeitdauer des Trocknens.

Die Aufwärme- und Strahlungs-Verluste werden oft viel zu wenig berücksichtigt, und daher beträgt die zur Bestreitung dieser Verluste nötige Wärme häufig ein Vielfaches der zur Verdampfung des Wassers erforderlichen. Man trifft heute Trockenanlagen mit Wirkungsgraden von nur 20 %, ja sogar von weniger als 10 %. Wenn auch nicht alle mit schlechtem Wirkungsgrad arbeitenden Trocken-Vorgänge verbessungsfähig sind, so würden sich immerhin bei vielen genauere Untersuchungen lohnen. Die Aufwärme- und Strahlungs-Verluste, wie auch die Herstellungs-Kosten sind häufig für die Wahl des Trockenverfahrens entscheidend.

Wir lassen nun einige Ausführungsbeispiele von elektrischen Trocknungsanlagen folgen, die von der Maschinenfabrik Oerlikon ausgeführt worden sind.

#### I. Giesserei-Trockenöfen.

Die Maschinenfabrik Oerlikon (M.F.O.) heizte bis vor etwa zwei Jahren die Trockenöfen ihrer Giesserei, wie übrigens fast allgemein üblich, mit Koks; der Mangel an diesem Brennmaterial während des Krieges veranlasste die Geschäftsleitung, die Trockenöfen auf elektrische Heizung umzubauen. Der erste Versuchsofen wurde nach dem gewöhnlichen Heissluftverfahren eingerichtet und nachher auf Vorschlag des Verfassers auf Trocknung mit überhitztem Dampf (Heissdampf-Verfahren) umgebaut. Die guten Ergebnisse, die damit erzielt wurden, veranlassten die M.F.O., dieses Verfahren auf alle stationären Trockenöfen auszudehnen und für weitere Anwendungszwecke auszuprobieren.

#### a) Gewöhnliche Trocknung mit Heissluft.

Der erste Versuchsofen, der für elektrische Heizung umgebaut wurde, besitzt ein Volumen von rd. 25 m<sup>3</sup>. Seine Anordnung ist aus Abbildung 3 ersichtlich. Es handelt sich um einen Ofen zum Trocknen der Formen und Kerne der Kleingiesserei. Der elektrische Heizkörper ist in den Trockenraum selbst verlegt und die Saugleitung des Ventilators so ausgebildet, dass aus dem Trockenraum (Heissdampf-Verfahren), wie auch aus dem Freien (Heissluft-Verfahren) angesogen werden kann, sodass beide Verfahren unter möglichst gleichen Bedingungen ausprobiert werden konnten. Zu diesem Zwecke sind in der Saugleitung zum Ventilator Schieber 11 und 12 angebracht. Bei offenem Schieber 11 und geschlossenem Schieber 12 wird Luft aus dem Freien bei 1 angesogen und durch den Ventilator über den Heizele-

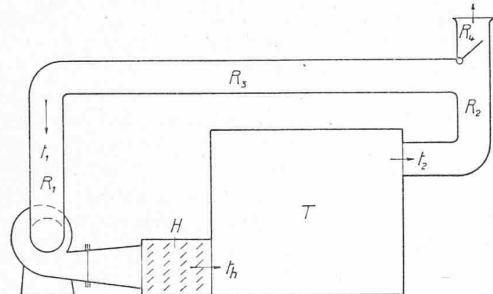


Abb. 2.

Trockengut entweichenden Dampfes ist ein Vielfaches des Trockenraumes, und es wird daher nach einer gewissen Zeit der Trockenraum fast ausschliesslich mit Dampf ausgefüllt sein, und da dessen Temperatur höher ist als die Sättigungstemperatur, so erfolgt die Trocknung mittels überhitztem Dampf.

In Abbildung 2 ist das Verfahren schematisch dargestellt. Der Ventilator saugt den aus dem Trockenraum T austretenden Abdampf durch den Stutzen R<sub>2</sub> und die Rohre R<sub>3</sub> und R<sub>1</sub> an und drückt ihn durch den Heizkörper H wieder in den Trockenraum, wo der überhitzte Dampf Wärme an das Trockengut abgibt; ein Teil des Abdampfes strömt durch das Rohr R<sub>4</sub> ins Freie.

Da der Dampf aus dem Trockengut selbst gebildet wird, so geht, abgesehen von den Aufwärme- und Strahlungs-Verlusten, keine Wärme nutzlos verloren. Der Wirkungsgrad dieses Trockenverfahrens ist also  $\eta_3 = 1$ .

Das Heissdampf-Verfahren arbeitet also mit dem höchsten Wirkungsgrad und wäre aus diesem Grunde den andern Trocken-Verfahren vorzuziehen. Bei atmosphärischem Druck steigen aber die Temperaturen über 100°C, und so hohe Temperaturen sind nicht überall zulässig. Dies dürfte erklären, warum das Heissdampf-Verfahren bis heute nur wenig Anwendung gefunden hat. Es ist allerdings nicht an den atmosphärischen Druck gebunden; so kann die Trocknung ebenso gut im Vakuum, als auch in höherem als atmosphärischem Druck erfolgen, und dementsprechend bei Temperaturen, die unter, bzw. über 100°C liegen. Die Herstellungskosten des Trockenraumes werden aber für diese Fälle wesentlich höher, und man wird von Fall zu Fall untersuchen müssen, ob nicht schon das Umluft-Verfahren, das nicht an eine bestimmte Temperatur gebunden ist, genügt.

#### Aufwärme- und Strahlungsverluste.

Der Vergleich der verschiedenen Trockenverfahren erfolgte bis jetzt ohne Berücksichtigung der Wärmeenergien, die nötig sind, um das Trockengut, die Rahmen und Gestelle und die Trockenkammer selbst aufzuwärmen; ebenfalls wurden die Strahlungsverluste der Trockenkammer nicht berücksichtigt. Diese Verluste erreichen nun aber gewöhnlich ganz erhebliche Beträge, sodass der Wirkungsgrad beim Heissdampf-Verfahren wesentlich unter 1 liegt. Die Verluste treten bei allen Trockenverfahren auf, und werden bei gleichen Temperaturen für alle Verfahren ungefähr dieselben sein.

Um das im Trockengut enthaltene Wasser zu verdampfen, muss das Gut auf eine höhere Temperatur gebracht werden als es ursprünglich hat, und zwar ist diese

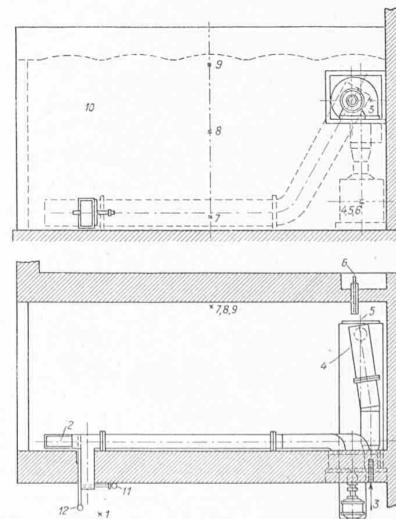


Abb. 3. Trockenofen mit elektrischer Heizung.

menten 4 in den Trockenraum gedrückt. Beim Versuch mit Heissluft wurden gemessen die Temperatur der Aussenluft bei 1, die Temperatur der Heizelemente 4, der Heissluft im Austrittsstutzen des elektrischen Ofens 5, die Raumtemperatur 6 unmittelbar bei der dem Austrittsstutzen gegenüberliegenden Wand, die Innenwand-Temperaturen bei 7, 8 und 9 und die Ablufttemperatur bei 10. Die Temperaturen 1, 6 und 10 wurden mit Quecksilber-Thermometern gemessen, die übrigen mittels Thermo-Elementen.

Die zu trocknenden Formen und Kerne mit Rahmen wurden vor und nach dem Versuch abgewogen; als Differenz der Wägungen ergibt sich das Gewicht des verdampften Wassers. Ferner wurde die eingeführte elektrische Leistung für den Heizkörper und den Ventilator ermittelt, sodass der Wirkungsgrad der Anlage bestimmt ist.

In Abbildung 4 sind die am Anfang halbstündlich, später stündlich vorgenommenen Ablesungen  $t_h$  (bei Punkt 5) und  $t_2$  (bei Punkt 10), sowie die den Heizelementen zugeführte Leistung  $L$  aufgetragen. Die Temperatur bei 1 variierte während der Dauer des Versuchs von  $20^{\circ}$  auf  $13^{\circ}$ , bei Punkt 4 von  $305^{\circ}$  auf  $352^{\circ}$ , bei Punkt 6 von  $226^{\circ}$  auf  $230^{\circ}$ , bei Punkt 7 von  $104^{\circ}$  auf  $151^{\circ}$ , bei Punkt 8 von  $97^{\circ}$  auf  $136^{\circ}$  und bei Punkt 9 von  $95^{\circ}$  auf  $130^{\circ}$ . Vom Momenten des Einschaltens um  $17^{\text{h}0}$  bis zum Ausschalten des elektrischen Stromes wurden insgesamt  $1502 \text{ kWh}$  zugeführt.

Das Nassgut wog  $6693,2 \text{ kg}$ , das Trockengut  $6428,7 \text{ kg}$ , woraus sich als verdampfte Wassermenge  $264,5 \text{ kg}$  ergeben. Der Wirkungsgrad ermittelt sich demnach unter der Annahme einer Verdampfungstemperatur von  $100^{\circ} \text{ C}$  nach der weiter oben gegebenen Formel zu

$$\eta_1 = \frac{264,5 (639 - 20)}{860 \times 1502} = \sim 13 \text{ \%}$$

Aus Abbildung 4 ergeben sich als charakteristisches Merkmal der gewöhnlichen Heissluft-Trocknung die nahezu konstanten Temperaturen bei konstanter Leistungs-Zufuhr, was zu erwarten war. Der Wirkungsgrad von nur  $13 \text{ \%}$  ist als sehr niedrig zu bezeichnen. Da die Heissluft auf rd.  $300^{\circ} \text{ C}$  erwärmt ist und die Temperatur der Abluft immer noch mehr als  $130^{\circ} \text{ C}$  beträgt, ist ein grosser Verlust durch das Trockenverfahren selbst festgelegt; zudem erreichen die Aufwärme- und Strahlungs-Verluste für diesen Ofen beträchtliche Werte. Der Wirkungsgrad ist, wie bereits erwähnt, sehr abhängig von der Isolation des Ofens, vom Gewichte der Gestelle, Rahmen und Wagen und von dessen Verhältnis zum eingeführten Gut; ferner spielt die Grösse der Formen auch eine Rolle.

Bei kleinen Formen und Kernen, und wo das Gewicht der Gestelle klein ist im Verhältnis zum Gut, ist ein höherer Wirkungsgrad zu erwarten. So hat die M.F.O. beim Giesserei-Ofen der Firma Wanner & Cie. in Horgen, der auf elektrische Heizung umgebaut wurde, bei den Abnahmever suchen am 31. Januar 1919 mit dem Heissluft-Verfahren einen Wirkungsgrad von  $18,5 \text{ \%}$  erreicht. Dabei wurden also zur Verdampfung von  $1 \text{ kg}$  Wasser etwa  $4 \text{ kWh}$  benötigt, gegenüber etwa  $5,7 \text{ kWh}$  bei erstgenanntem Ofen.

#### b) Trocknung mit überhitztem Dampf.

Werden an dem Versuchsofen der M.F.O. (Abb. 3) der Schieber 11 geschlossen und der Schieber 12 geöffnet, so saugt der Ventilator aus dem Trockenraum selbst an und die Trocknung erfolgt nach dem Heissdampf-Verfahren.

Um einen guten Vergleich mit dem Heissluft-Verfahren zu erhalten, wurden die Versuche unter möglichst gleichen Bedingungen durchgeführt. Gemessen wurden außer den beim ersten Versuch aufgezählten Temperaturen jene der Abdampftemperatur bei 2 und im Ventilator 3, während die Messung bei 10 naturgemäß wegfiel.

In Abbildung 5 sind die bei Punkt 5 abgelesene Eintrittstemperatur  $t_h$  des Heissdampfes und dessen bei Ventilator 3 festgestellte Austrittstemperatur, sowie die zugeführte elektrische Leistung aufgetragen. Die übrigen Temperaturen variierten während der Dauer des Versuchs bei Punkt 1 von  $23,5^{\circ}$  auf  $14^{\circ}$ , bei Punkt 2 von  $124^{\circ}$  auf  $230^{\circ}$ , bei Punkt 4 von  $411^{\circ}$  auf  $554^{\circ}$ , bei Punkt 6 von  $182^{\circ}$  auf  $413^{\circ}$ , bei Punkt 7 von  $131^{\circ}$  auf  $260^{\circ}$ , bei Punkt 8 von  $124^{\circ}$  auf  $263^{\circ}$  und bei Punkt 9 von  $124^{\circ}$  auf  $245^{\circ}$ .

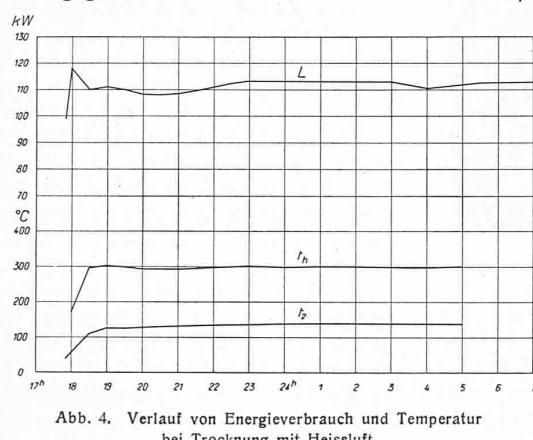


Abb. 4. Verlauf von Energieverbrauch und Temperatur bei Trocknung mit Heissluft.

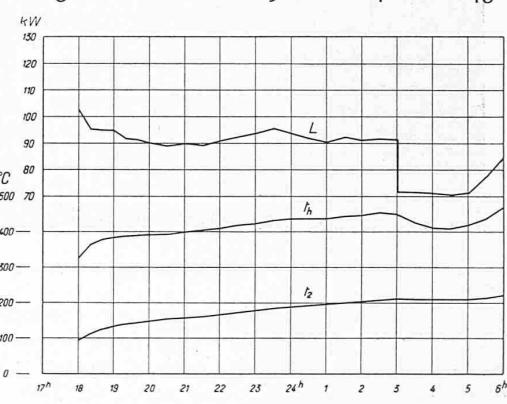


Abb. 5. Verlauf von Energieverbrauch und Temperatur bei Trocknung mit Heissdampf.

Das Gewicht der Formen und Kerne vor dem Versuch wurde zu  $8813,3 \text{ kg}$ , nach dem Versuch zu  $8328,9 \text{ kg}$  ermittelt, woraus sich eine verdampfte Wassermenge von  $484,4 \text{ kg}$  ergibt. Die eingeführte elektrische Leistung beträgt total  $1147 \text{ kWh}$  und der Wirkungsgrad

$$\eta_2 = \frac{484,4 (639 - 23)}{1147 \times 860} = \sim 30 \text{ \%}$$

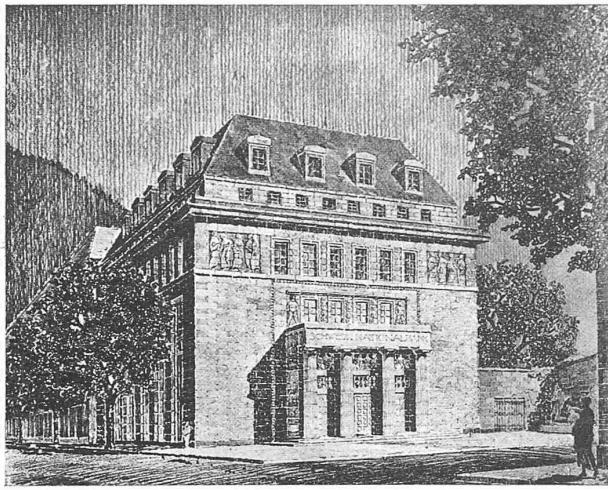
ein Wert, der doppelt so gross ist, als bei dem Heissluft-Verfahren.

Als grundsätzlicher Unterschied gegenüber dem Heissluft-Verfahren zeigt sich aus Abbildung 5, auch bei annähernd konstanter Wärmezufuhr, ein ständiges Ansteigen der Temperaturen. Um sie nicht zu hoch steigen zu lassen, wurde um 3 Uhr eine Stufe des Heizkörpers ausgeschaltet. Das erneute Ansteigen der Leistung um 5 Uhr führt von erhöhter Spannung her. Eingeschaltet wurde der Heizkörper um  $17^{\text{h}0}$ . Wie aus der Kurve  $t_2$  zu ersehen ist, war der Dampf bereits um  $18^{\text{h}0}$ , d. h. nach 40 Minuten überhitzt. Das Volumen des verdampften Wassers beträgt rd.  $484,4 \times 2,25 = 1100 \text{ m}^3$  (sofern wir nur mit einer mittleren Dampftemperatur von rd.  $300^{\circ} \text{ C}$  rechnen) gegenüber dem Volumen des Ofens von  $25 \text{ m}^3$ .

Der Wirkungsgrad von  $30 \text{ \%}$  wurde bei einem Gewicht des Nassgutes von  $8813,3 \text{ kg}$  erreicht, während beim entsprechenden Versuch des Heissluft-Verfahrens das Nassgut nur  $6693,2 \text{ kg}$  wog. Obwohl die Aufwärme- und Ausstrahlungs-Verluste bei gleichem Gewicht des Gutes beim Heissdampf-Verfahren zufolge der höheren Temperaturen grösser sind als beim Heissluft-Verfahren, könnte zufolge des kleineren Gewichtes das Heissluft-Verfahren zu ungünstig beurteilt werden. Es wurde daher mit dem Heissdampf-Verfahren ein zweiter Versuch durchgeführt mit einem Nassgutgewicht von  $6912,5 \text{ kg}$ ; der Wirkungsgrad erreichte dabei immer noch den Wert von  $27 \text{ \%}$ , war also noch um  $100 \text{ \%}$  grösser als beim Heissluft-Verfahren.

Auf Grund dieser Ueberlegenheit des Heissdampf-Verfahrens wurde auch die Heissluftanlage bei der Firma Wanner & Cie. in Horgen auf dieses umgebaut. Bei den Abnahmever suchen am 4./5. Dezember 1919 wurde bei einem Gewicht des Nassgutes von  $5171 \text{ kg}$  ein Wirkungsgrad von  $37,3 \text{ \%}$  gemessen gegenüber  $18,5 \text{ \%}$  beim Heissluft-

Verfahren unter gleichen Verhältnissen, also ebenfalls ein um 100% höherer Wirkungsgrad. Zur Verdampfung von 1 kg Wasser wurden im Ofen der M. F. O. etwa 2,4 kWh benötigt, in jenem der Firma Wanner nur etwa 2 kWh.



V. Rang, Entwurf „Valuta“. — Arch. Emil Vogt und H. v. Tetmajer, Luzern.

Diese Beispiele zeigen, dass die Trocknung mit überhitzen Dampf der Heissluft-Trocknung bedeutend überlegen ist. Die M. F. O. hat nach Umbau ihrer stationären Trockenöfen der Giesserei, die nun seit zwei Jahren zur vollen Zufriedenheit im Betrieb sind, mit dem Heissdampf-Verfahren weitere Versuche durchgeführt, um es in Verbindung mit elektrischer Heizung auf andere Anwendungsgebiete auszudehnen.

(Schluss folgt.)

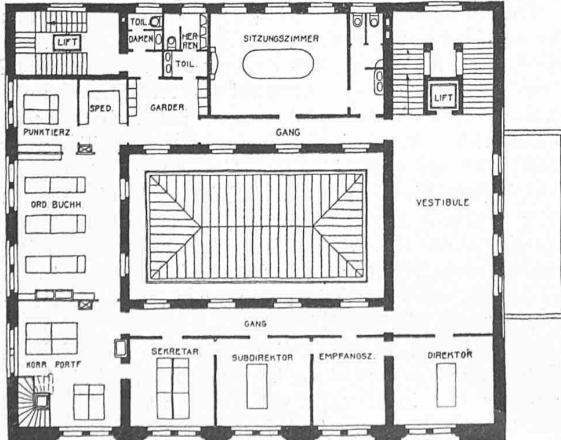
### Wasserstollen unter hohem Innen-Druck.

In den Schlussfolgerungen des Experten-Gutachtens bezüglich des Ritomstollens<sup>1)</sup> wird erwähnt: „dass die Nachgiebigkeit der Gesteinshülle infolge des Innendruckes fast allen Fachleuten zur Zeit des Baues noch fremd war.“ Es dürften daher die, bereits vor mehreren Jahren bei der neuen, im Frühjahr 1917 dem Betrieb übergebenen Wasserleitung aus den „Catskill-Bergen“ nach New York beobachteten, und damals weiten Kreisen bekannt gegebenen Erscheinungen, sowie die zu deren Behebung verwendeten einfachen Mittel auch hier Interesse bieten.

Die genannte Wasserleitung, deren oberster Teil zum Zweck der Ausnutzung weiterer Einzugsgebiete sich noch im Bau befindet — die städtische Wasserversorgung hat

1) Siehe S. B. Z. Bd. LXXVI, S. 186 (16. Oktober 1920).

### Wettbewerb Schweizer. Nationalbank Luzern.



I. Stock 1:400. — V. Rang, Entwurf „Valuta“. — Arch. Emil Vogt in Verbindung mit Arch. H. v. Tetmajer, Luzern. — Erdgeschoss 1:400.

mit einem der Bevölkerungszunahme von 175000 Einwohnern im Jahr entsprechenden jährlichen Mehrverbrauch zu rechnen — umfasst u. a. sieben verschiedene Druckstollen von 3,3 m bis 5,0 m Lichtweite und insgesamt 56 km Länge. Der als Syphon den Hudsonfluss unterfahrende Druckstollen von 4,5 m Lichtweite und 910 m Länge liegt mehr als 450 m unter der hydraulischen Gefällslinie, und der längste unter der Stadt New York gelegene Druckstollen, dessen Lichtweite zwischen 5 m und 3,30 m variiert und der bei 28,2 km Länge überhaupt der längste bis jetzt gebaute Tunnel ist, steht unter dem Innendruck einer Wassersäule von rund 260 m Höhe. Alle diese Druckstollen besitzen kreisförmigen Querschnitt und sind, in z. T. kompaktem, geschichtetem, brüchigem oder stark wasserführendem Fels gelegen, mit Portland-Zement-Beton in einer Stärke von 40 bis 60 cm ausgekleidet. Der erstgenannte Druckstollen liegt 335 m unter dem Wasserspiegel des Hudsonflusses, der letzten genannte, dessen engste Strecke unter dem Eastriver hindurch bis nach Brooklyn führt, liegt zwischen 60 und 225 m unter der Strassenoberfläche von New York. Die grosse Tiefenlage dieser Druckstollen war zur Erzielung einer dem hohen innern Wasserdrucke im Stollen genügenden Widerstand bietenden Felsüberlagerung, sowie genügender Dichtigkeit notwendig. Bezüglich des unter der Stadt New York gelegenen Druckstollens waren überdies wirtschaftliche Gründe und vorauszusehende technische Schwierigkeiten bei den bestehenden Strassenverhältnissen — anderweitige Leitungen, Abzugskanäle, Untergrundbahnen, industrielle Unterkellerungen und der enorme Verkehr — für die Wahl eines tiefliegenden Tunnels ausschlaggebend. Dessen Ersatz durch anderwärts übliche Hochdruck-Rohrleitungen hätte 16 Stahlrohrstränge von 1,65 m oder aber 30 Gussrohrstränge von 1,20 m Durchmesser erfordert, deren Verlegung unter dem Strassenniveau die Ueberwindung enormer Schwierigkeiten und zugleich unberechenbare Verkehrsstörungen im Gefolge gehabt hätte, sodass deren Mehrkosten gegenüber dem tiefliegenden Druckstollen allein im Gebiete der Stadt New York auf 75 Millionen Fr. berechnet worden waren. Der im Jahr 1917 veröffentlichte Bericht<sup>1)</sup> erwähnt, dass nur eine kurze Strecke der Betonauskleidung in einem einzigen kürzern Druckstollen armiert worden sei und führt dann ungefähr wörtlich aus was folgt:

1) Siehe «Engineering News-Record» und die offizielle Publikation: «Catskill Water 1905—1917, a General Description, Board of Water Supply», New York 1917.

