

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 69/70 (1917)
Heft: 21

Artikel: Anwendung der elektrischen Heizung für industrielle Zwecke
Autor: Rutgers, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-33975>

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: 23.02.2026

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

Ende jeder Rohrleitung wurde zwischen dem geraden Teil und dem Krümmer eine 3,66 m lange Expansion eingeschaltet. Der obere Krümmer ist mit Hülfe von festen Ankereisen mit dem Mauerwerk verbunden. Am oberen und untern Ende des Expansionsstückes, wie auch am oberen Ende des untern Krümmers sind Winkelflanschen vorgesehen, die einen leichten Zusammenbau mit den Anschlussrohren gestatteten. Das Material zu dieser Rohrleitung ist Siemens-Martin-Stahlblech von Feuerblechqualität mit 38 bis 45 kg/mm² Festigkeit und mindestens 25% Dehnung auf 200 mm Messlänge. Die Nieten sind in der Werkstätte hydraulisch, auf dem Bauplatz durch Druckluft geschlagen worden. Das Stemmen erfolgte ebenfalls durch Druckluft. Ganz entsprechend ist die Rohrleitung für die beiden Erreger ausgeführt; sie hat aber einen Durchmesser von nur 1200 mm bei einer Blechstärke von 6 mm. Die Druckleitung ist auf Betonsockeln, die in 3 m Abstand vorgesehen sind, mit 120° Zentriwinkel gelagert. Zwischen Rohrleitung und Sockel sind keine Gleitbleche eingelegt, sondern ist blos eine Dachpappenunterlage angebracht worden.

An das Maschinenhaus wurde entsprechend den Gepflogenheiten der Gesellschaft das Transformatoren- und Schalthaus direkt angebaut. Rücksichten auf lokale Verhältnisse ergaben, dass es am einfachsten sei, dieses direkt über den Druckleitungen aufzubauen, woraus sich die aus den Abbildungen ersichtliche Anordnung ergab. Die Einphasenstrom-Transformatoren sind je zu dreien zu einer Gruppe vereinigt. Sie können die Maschinenspannung von 6000 Volt auf 88 000 bis 110 000 Volt hinauftransformieren, und zwar auch für die unterste Oberspannung bei voller

Anwendung der elektrischen Heizung für industrielle Zwecke.

Von Ingenieur F. Rutgers, Oerlikon.

Bei der zunehmenden Teuerung der Kohlen und deren Bezugsschwierigkeit dürften die nachfolgenden allgemeinen Bemerkungen über die Anwendung der Elektrizität zu industriellen Heizzwecken, sowie die Beschreibung einer grösseren ausgeführten Anlage manchem Betriebsleiter oder Fabrikbesitzer willkommen sein.

Fast täglich hört man die Frage, bei welchem Preise die elektrische Heizung rentabel sei, oder in welcher Weise zur Verfügung stehende billige, bzw. kostenlose Nachtkraft zur Verminderung des Kohlenverbrauchs einer Fabrik (Spinnerei oder dergl.) herangezogen werden könnte. Diese Fragen sind meistens nicht ohne weiteres zu beantworten, sondern verlangen Untersuchung der einschlägigen Verhältnisse.

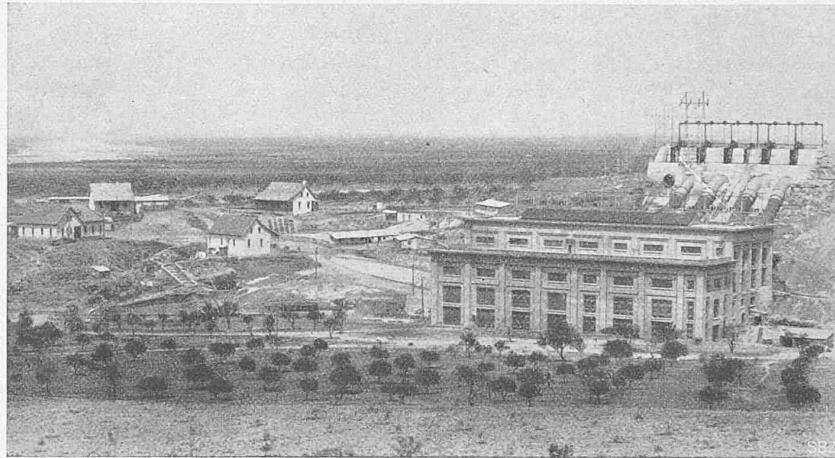


Abb. 80. Blick auf Maschinenhaus und Wasserschloss (hinten links der Rio Segre).

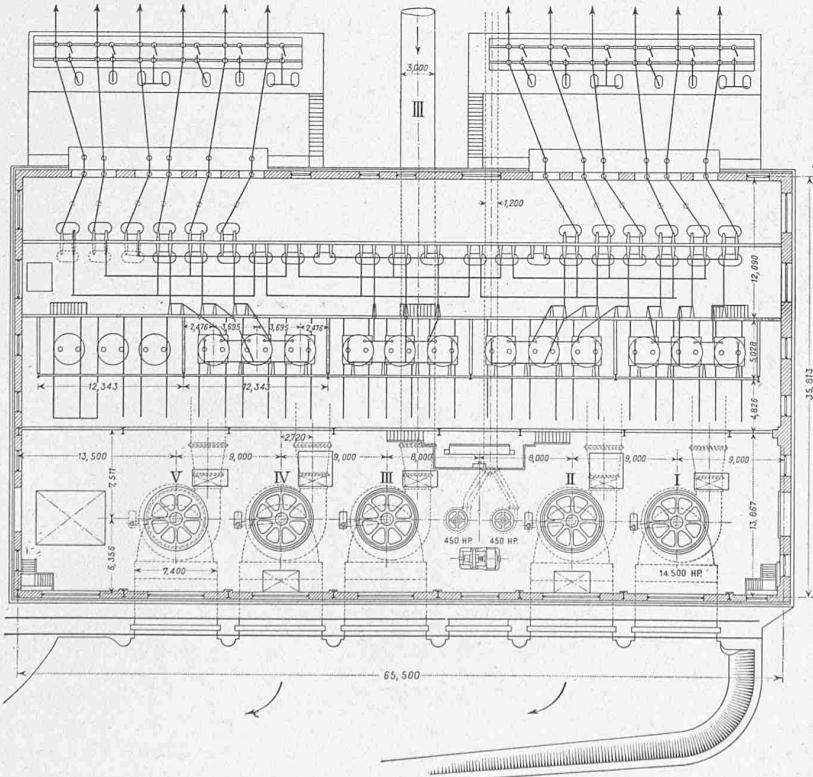


Abb. 75. Grundriss des Maschinenhauses. — Maßstab 1:600 (vergl. Abb. 74).

Leistung. Die ausgehenden Leitungen führen direkt nach Lerida; die ersten eisernen Masten sind direkt über den Druckleitungen montiert (Abb. 80). Auf die Leitungsanlage soll später zurückgekommen werden. (Forts. folgt.)

Es gibt in vielen Fabriken örtliche Anwendungen der Wärme, für welche die bestehenden Dampfheizungen einen sehr schlechten Wirkungsgrad aufweisen. Dies kann z. B. der Fall sein, wenn verhältnismässig kleine Wärmemengen in grosser Entfernung der Dampfkessel benötigt werden; die Verluste in den langen Dampfleitungen sind dann viel grösser als der Wärmebedarf des Apparates. Ganz besonders ungünstig liegen die Verhältnisse für die Dampfheizung, wenn die Wärme nur zeitweise, z. B. ein oder zwei Stunden lang, gebraucht wird, da dann noch die Verluste für das Unterdruckhalten der betreffenden Dampfleitung während der Zeit der Nichtbenützung der Heizung hinzukommen. In solchen Fällen ist die elektrische Heizung auch bei hohen Strompreisen oft billiger als die Dampfheizung und dringend zu empfehlen, besonders wenn Kohlen gespart werden müssen.

Als solche *lokale* Anwendungen der Elektrizität zu Heizzwecken, die oft bei gleichen Strompreisen, die für Motoren bezahlt werden, noch wirtschaftlich sind, kommen z. B. in Betracht die Erwärmung von Luft für kleinere Trockenanlagen, die Erzeugung von etwas warmem Wasser an der Verbrauchsstelle, die Aufheizung von Bädern in Färbereien und dergleichen, das Heizen einzelner Apparate, wie Appreturmäsen, Schlichtmaschinen, Kochkessel, Walzen und zahllose andere Apparate, bei denen die Dampfheizung wegen den grossen Verlusten in langen Rohrleitungen oder durch öftere Betriebspausen unter Umständen sehr unwirtschaftlich ist.

In Betrieben, die für andere Zwecke wenig Dampf brauchen, kann der Fall eintreten, dass die Aufrechterhaltung des Betriebes einzelne derartige elektrische Wärmeanwendungen mit Rücksicht auf den gegenwärtig herrschenden Kohlemangel geradezu notwendig macht.

Bei der Frage nach Anwendung der Elektrizität für Wärme-Erzeugung halte man sich nun vor allem die folgenden Ueberschlagszahlen vor Augen:

1 kW-Stunde erzeugt 860 cal.

Es sind nötig zur Erwärmung von:

1 m³ gewöhnlicher Luft um 100° C etwa 27 cal

1 kg " " 100° C " 25 "

1 kg Wasser " 100° C " 100 "

Zur Erzeugung von 1 kg Dampf aus Wasser von 0° C sind nötig:

Dampf von Atmosphärendruck etwa 637 cal

" 12 at. und 300° C Temp. " 725 "

Für die dauernde Heizung von Räumen, in denen sich Personen aufhalten, sind pro m³ Rauminhalt im Winter rund 20 bis 40 cal erforderlich, während in der Uebergangszeit etwa 15 bis 25 cal pro m³ genügen.

Für angenäherte Berechnungen kann man annehmen, dass für Raumheizung an Stelle von 1 kg verfeuerter Kohle ungefähr 5 bis 5,5 kWh erforderlich sind.

Beachtet man diese Zahlen, so wird man in vielen Fällen leicht überblicken können, wie viel elektrische Energie benötigt wird und ob elektrische Heizung im betreffenden Falle in Betracht kommt oder nicht. Oft ist auch die Menge der stündlich verfeuerten Kohle bekannt, oder es lässt sich der Energiebedarf durch einen einfachen Versuch angenähert feststellen.

Sehr zweckmässig ist die elektrische Raumheizung als Uebergangsheizung im Frühjahr und Herbst. Die Kohlen- oder Koksfeuerungs-Einrichtungen sind für die dann genügende schwache Heizung meistens unwirtschaftlich, da sich die Feuerung ohne Gefahr des Auslöschen nicht genügend reduzieren lässt.

Empfehlenswert ist ferner die Temperierung gewisser Räume mittels billigen Nachstroms. Es gibt in vielen Fabriken Räume, die nicht zum dauernden Aufenthalt von Personen dienen, aber doch im Winter nicht ganz ohne Heizung bleiben dürfen. Als Beispiel seien Material-Magazine genannt, in denen Stoffe lagern, die bei andauernd sehr niedriger Temperatur oder bei Feuchtigkeit verderben. Solche Räume lassen sich vorteilhaft nachts mit billigem Nachstrom heizen. Beträgt die Temperatur gegen Morgen in diesen Räumen etwa 5 bis 6° C, so dürfen sich die Räume tagsüber wieder bis gegen 0° abkühlen, ohne dass die darin lagernden Waren gefährdet sind.

Die dauernde elektrische Heizung grösserer Räume kommt hingegen nur bei sehr niedrigen Strompreisen in Betracht. Die dazu notwendigen Energiemengen wären auch allgemein, wie schon oft betont wurde, gar nicht in genügender Menge vorhanden. Man braucht nur zu bedenken, dass 1 kg Kohle bei Verbrennung mit einem Wirkungsgrad von 65% etwa 4700 nützliche cal liefert, während 1 kWh sogar bei 100% Wirkungsgrad nur 860 cal gibt und dass somit, wie bereits angeführt, zum Ersatz eines für Raumheizung verbrauchten kg Kohle über 5 kWh elektrische Energie erforderlich sind.

Bei Kohlemangel in industriellen Anlagen sind neben der Aufstellung von Elektromotoren in erster Linie jene Anwendungen der elektrisch erzeugten Wärme zu berücksichtigen, wo die Kohlen- bzw. Dampfheizung einen sehr schlechten, die elektrische Heizung einen sehr guten Wirkungsgrad hat. Aus diesem Grunde wäre es z. B. unzweckmässig, wenn man bei eintretendem Kohlemangel die zentralen Dampfkesselanlagen elektrisch heizen wollte. Ein Hauptvorteil der elektrischen Heizung liegt gerade in der Möglichkeit der lokalen Anwendung, wodurch viele Uebertragungsverluste, die bei Dampfanlagen auftreten, vermieden werden. Wo in besonderen Fällen, z. B. in chemischen Fabriken, kleine Mengen Dampf unbedingt erforderlich sind, kann dagegen ein kleiner elektrisch geheizter Dampfkessel in unmittelbarer Nähe des mit Dampf zu speisenden Apparates aufgestellt werden.

Zum Schlusse noch einige Worte zur Frage der Verwendung von *Gratis-Nachtkraft* mit event. Wärmeakkumulierung, z. B. für Fabriken mit eigener Wasserkraft ohne Wasserakkumulierung.¹⁾

Die Aufspeicherung von grossen Wärmemengen während der Nacht ist stets teuer und mit erheblichen Verlusten verbunden. Um 500 kW während 12 Stunden, d. h. 6000 kWh = 5160000 cal in Form von Wärme aufzuspeichern, müssten rund 86 m³ Wasser von 30° C auf 90° C erwärmt werden. Die Anlagekosten derartiger Behälter mit Wärme-Isolierung wären gewaltige. Würde das Wasser unter Druck im Dampfkessel aufgespeichert, z. B. mit 12 at, so wären immer noch etwa 33 m³ Wasserinhalt erforderlich. Dies entspräche etwa einem Anlagekapital von zwei ordentlichen Grosswasserraum-Dampfkesseln.

Die Verwendung von Öl zur Wärmeakkumulierung hat auch gewisse Nachteile. In offenen Behältern ist das heisse Öl feuergefährlich und in geschlossenen Behältern können unter Umständen äusserst gefährliche Drucksteigerungen auftreten, falls sich das Öl allmählig zersetzt.²⁾

Andere billige Körper, z. B. Gips, Glas, Granit, Marmor, Kalkstein, Quarzsand, Sandstein, Schlacken, Ziegelsteine usw. haben eine rund fünfmal kleinere spezifische Wärme als Wasser und sind daher auch unter Verwendung einer fünfmal grösseren Temperatur-Differenz nicht günstiger. Die Anwendung der Schmelzwärme oder der chemischen Dissoziationswärme zur Wärmeakkumulierung bietet wohl Aussichten für die Zukunft, ist aber heute noch nicht im Grossen erprobt.

Man kann aber mit der *Gratisnachtkraft* warmes Wasser machen, soweit man dafür Verwendung und Aufspeicherungs-Gelegenheit hat. Im Winter wird man zweckmässig nachts Magazine und ähnliche Räumen mittels elektrischer Heizung temperieren und insbesondere gegen morgen die Fabrikgebäude und Bureaux mit der *Gratiskraft* elektrisch aufheizen, sodass die Räume bei Arbeitsbeginn warm sind und die Kohlenheizung erheblich reduziert werden kann. In Anlagen mit eigenen Betriebsdampfkesseln möchte

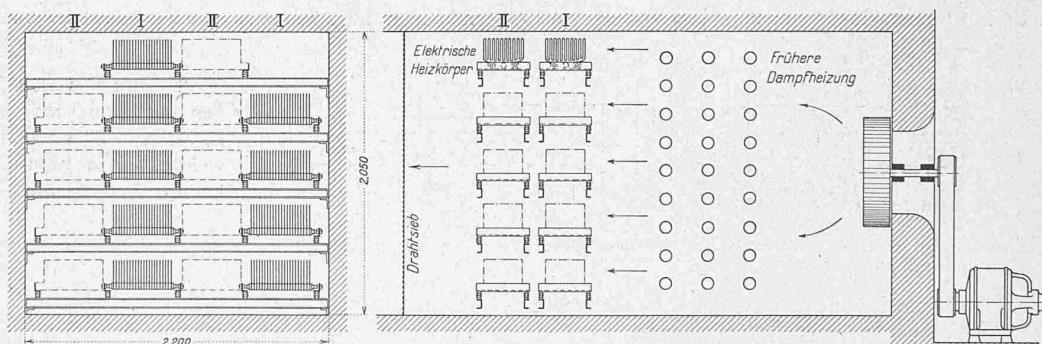


Abb. 2. Einbau elektrischer Heizkörper in einer bestehenden Dampfheizkammer. — Masstab 1:50.

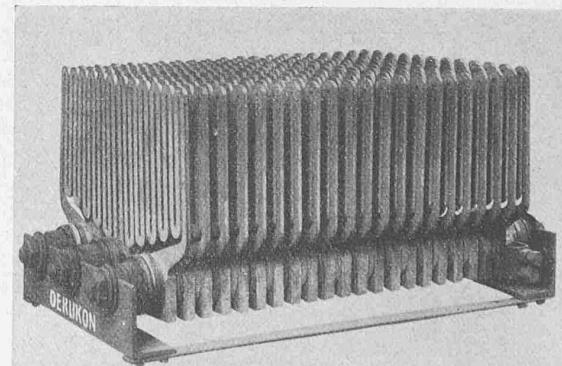


Abb. 1. Gusseiserner Heizwiderstand der Maschinenfabrik Oerlikon.

ich empfehlen, diese selbst zur Ausnutzung der billigen Nachtkraft nutzbar zu machen. Man lässt dazu diese nachmittags von einem

¹⁾ Vergl. hierüber die Arbeit von Obering, E. Höhn, Dampferzeugung durch Elektrizität mit Wärme-Aufspeicherung in Band LXIX, S. 183 (28. April 1917). *Red.*

²⁾ Siehe den Bericht von Obering, E. Höhn über die Explosion eines Backofens mit Oelfüllung im 48. Jahresbericht des Schweiz. Vereins von Dampfkessel-Besitzern 1916.

bestimmten Zeitpunkt an weniger heizen und nur so viel speisen, als gerade nötig ist, sodass Druck und Wasserstand gegen Schluss der Tagesarbeit so weit zurückgehen, als zulässig ist. Sofort nach Betriebsschluss werden in den Feuerräumen der Kessel elektrische Heizkörper eingeschoben¹⁾, mit denen die Kessel während der Nacht soweit aufgeheizt werden, dass sie am Morgen bei Arbeitsbeginn mit grösstmöglichen Wasserinhalt und höchstmöglichen Dampfdruck zur Verfügung stehen. Während der Betriebszeit wird dann wieder mit Kohlen geheizt. Auf diese Weise kann bei Anlagen, die über billige Nachtkraft verfügen, mit verhältnismässig geringen Anlagekosten wesentlich an Kohlen gespart werden.

Die Aufstellung eines besonderen, nur elektrisch geheizten Dampfkessels neben dem nur mit Kohlen geheizten bedingt etwas grössere Anlagekosten, ist aber für den Betrieb zur Aufspeicherung billiger Nachtkraft sehr zweckmässig.

Als Beispiel einer ausgeführten Anlage sei die Garntrocknungsanlage einer Spinnerei angeführt. Die zur Trocknung des Garns verwendete Luft wurde bisher mittels eines Ventilators durch gemauerte Kanäle an Dampfheizröhren vorbeigedrückt und dabei auf etwa 65° C erwärmt. Vor kurzem ist nun die Dampfheizung durch die elektrische Heizung ersetzt worden. Die verwendeten Heizkörper sind aus Abb. 1 ersichtlich. Jeder besteht aus 24 Elementen aus Spezialgusseisen mit niedrigem Temperatur-Koeffizienten, wobei diese Elemente unter Zwischenlage von leitenden und isolierenden Distanzscheiben auf drei Isolierbolzen so angebracht sind, dass sie der Strom im Zick-Zack durchfliesst. Die drei Isolierbolzen sind auf einem Gestell aus Winkeleisen befestigt, das seinerseits als weitere Sicherung gegen Erdschlüsse auf Porzellansolatoren gestellt wird. Da jedes Element mit einer Anschluss-Klemme versehen werden kann, so kann, je nach den Bedürfnissen des Betriebes, der Widerstand der Heizkörper nachträglich geändert und damit die erzeugte Wärmemenge den Verhältnissen angepasst werden.

In der erwähnten Anlage sind im Heizkanal, unter Belassung der bestehenden Dampfheizröhren als Reserve, 18 Heizkörper der beschriebenen Art derart aufgestellt, dass der Luftstrom in paralleler Richtung mit den einzelnen Gusselementen alle Heizkörper gleichmässig durchströmt (Abb. 2). Je drei Heizkörper sind in Serie an eine Phase des Zweiphasenstromnetzes (480 Volt, 42 Per) angeschlossen. Hinter den Heizkörpern ist ein Drahtsieb angeordnet, um zu verhindern, dass etwa infolge eines Kurzschlusses entstehende Funken oder glühende Teilchen vom Luftstrom mitgerissen werden.

Zur Zeit wird die Anlage in der Weise betrieben, dass die Temperatur der warmen Luft etwa 55° C beträgt, wobei ein Heizkörper von rund 70 A durchflossen wird und die gesamte Gruppe etwa 200 kW aufnimmt. Die Anlage ist aber reichlich genug bemessen, um bei grösserer Luftmenge 300 kW aufzunehmen bzw. stündlich $300 \times 860 = 258000 \text{ cal}$ an die Luft abzugeben. Der Wirkungsgrad ist dabei sozusagen 100 %, da die Heizkörper ganz, die elektrischen Zuleitungen grösstenteils in dem zu heizenden Luftstrom liegen und die Wärmeverluste nach aussen äusserst gering sind. Eine merkliche Phasenverschiebung tritt nicht auf.

Die beschriebene elektrische Heizung, die von der Maschinenfabrik Oerlikon ausgeführt wurde, hat bisher zu sehr befriedigenden Betriebsergebnissen geführt.

Das Bürgerhaus in der Schweiz.

V. Band: Der Kanton Bern, I. Teil.

(Mit Tafeln 18 und 19.)

Unter Hinweis auf die bezügliche Ankündigung unter „Literatur“ auf Seite 250 dieser Nr. bringen wir heute, mit freundlicher Unterstützung des Verlags von Orell Füssli, auf den Tafeln 18 und 19 Abbildungsproben von zwei Tafelseiten des neuen, besonders reichhaltigen Bürgerhaus-Bandes. Die hier dargestellten Burgdorfer Häuser stehen nahe beisammen in der gleichen Flucht, zeigen somit gleichsam auf einen Blick die Entwicklung des bernischen städtischen Bürgerhauses von der Gotik bis zum Barock. Als Textprobe bringen wir zum Abdruck, was uns die begleitenden Erläuterungen sagen, unter Weglassung der geschichtlichen Angaben über die Besitzverhältnisse, denen man übrigens mit grosser Gründlichkeit nachgeforscht hat.

¹⁾ Siehe z. B. die Spezialheizkörper für Kesselbereitschaftsheizung der Maschinenfabrik Oerlikon, Schweiz, Bauzeitung Band LXVII, S. 182 (vom 18. April 1916).

„Die Häuser Nr. 9 und 11 der Hohengasse (Tafel 19) gehören zu den wenigen Gebäuden der Oberstadt, die in ihrer Innenanlage und äussern Gestalt ins XVI. Jahrhundert zurückreichen und seitdem fast keine Veränderungen erfahren haben dürfen. Sie sind zum grössten Teil aus Mauerwerk und Rieg erbaut unter weitgehender Verwendung von Holz. Aus Sandstein sind die schmucklosen Reihenfenster mit den durchlaufenden Gesimsen. In den Lauben tritt noch heute die ursprüngliche Holzdecke mit den Unterzügen offen zu Tage; auch die Pfeiler sind teilweise aus Holz. Der Haustgang durchquert das ganze Haus und mündet auf der Rückseite auf die steil abfallende, unbebaute Kronenhalde, die wohl erst durch eine der im XIII. Jahrhundert vorgenommenen Erweiterungen der Stadtbefestigungen, dem eigentlichen Stadtbezirk einverlebt wurde. Durch diesen langen Gang erhält der untere Teil der Treppe ihr Licht; in ihren oberen Teilen wird diese nur indirekt durch die ebenfalls nicht direkt beleuchteten und belüfteten Mittelräume des Hauses erhellt. Als eigentliche Wohnräume dienten vordem nur die Gemächer des oberen Stockwerks; neben der Haustüre in der Laube befand sich die Werkstatt oder ein Laden. Noch im XVIII. Jahrhundert waren im Erdgeschoss unter der Laube, da wo sich jetzt Kaufläden befinden, Stallungen und Kellerräumlichkeiten. Die Verlegung der Laube auf die Höhe des ersten Stockwerks hat ihre Ursache im starken Gefälle der Strasse, deren Ostseite, an der die beiden Häuser stehen, zum ältesten Stadtteil gehört.“ —

Die auf Tafel 18 dargestellten und besonders bezeichneten Häuser, ebenfalls in Burgdorf, etwas weiter oben an der Hohengasse, sind von rechts nach links:

Das alte Michelhaus (Nr. 23), dessen Erdgeschoss noch Formen aus dem Beginn des XVI. Jahrhunderts aufweist und das 1511 dem reichen Venner Berchtold Michel v. Schwertschwendt gehörte. 1630 erfuhr das Haus Veränderungen, vermutlich u. a. die Reihenfenster des I. Stockwerks mit ihrer originellen Einfassung. Die Fenster des II. Stocks sind wie das Dach neuern Datums; das ursprüngliche Dach ruhte jedenfalls auf den aus der Fassade hervorragenden Steinträgern. 1901 ist das Haus leider sehr zu seinem Nachteil umgebaut worden; unser Bild stellt es noch vor dem Umbau dar.

Die an das Michelhaus stadtabwärts anstossenden beiden Häuser sind „Vertreter von Wohnhäusern reicher Burgdorfer des XVIII. Jahrhunderts, die ihre soziale Stellung durch Erbauung von Wohnungen in der Art derjenigen ihrer gnädigen Herren und Obern von Bern dokumentierten.“ Das Haus Nr. 21, „dessen Fassade Ornamente von einer Feinheit aufweist, wie sie in Bern selber kaum zu finden sind“, wurde 1744, die einfacher gehaltene Grosse Apotheke (Nr. 19) 1745 erbaut. Ihnen gegenüber erkennt man noch das städtlichste der Burgdorfer Wohnhäuser, das Fankhausersche Grosshaus, begonnen 1629 von Burgermeister David Fankhauser und vollendet von seinem 1657 verstorbenen Sohn. Seiner interessanten Grundrissbildung und Architektur widmet der Band eine ausführlichere Darstellung, auf die einzutreten uns hier zu weit führen würde. Sie möge im Originalband studiert werden, dessen Anschaffung Allen bestens empfohlen werden darf, die sich für die Entwicklung des Bürgerhauses in der Schweiz interessieren.

Wir hoffen, in nächster Nummer noch einige Beispiele aus andern Gegenden des an architektonischen Fundgruben so reichen Kantons Bern bringen zu können.

Die Verwendung von Holz und Torf in den Gaswerken.¹⁾

Von Dr. E. Ott, Schlieren/Zürich.

Für die Gaswerke kommen als Kohlenersatzmittel vor allem Holz und Torf in Betracht. Diese beiden Brennstoffe sind im Gegensatz zu Kohle sehr jung. Das erklärt zunächst ihren meist sehr hohen Feuchtigkeitsgehalt in frisch gewonnenem Zustand. So kann Holz bis 60, Torf sogar bis 90 %²⁾ Wasser enthalten. Daraus ergibt sich notwendig, dass der wirtschaftlichen Verwendung beider Brennstoffe eine Trocknung vorausgehen muss, und zwar am besten bis zum „lufttrockenen“ Zustand, der noch etwa 20 % Feuchtigkeit aufweist. Dieser Trocknungsgrad wird im allgemeinen am billigsten durch mehrmonatiges Lagern an freier Atmosphäre, möglichst ge-

¹⁾ Für die „Schweiz. Bauztg.“ bearbeiteter Auszug des am 2. September 1917 in Interlaken anlässlich der 44. Jahresversammlung des Schweiz. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern gehaltenen Vortrages.

²⁾ % bedeutet Gewichtsprozent für feste, Volumenprozent für gasförmige Stoffe.