Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 25/26 (1895)
Heft: 17

Artikel: Linde's Verfahren der Sauerstoffgewinnung mittelst verflüssigter Luft
Autor: Schröter, M.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-19316

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: 01.08.2025

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

INHALT: Linde's Verfahren der Sauerstoffgewinnung mittelst verflüssigter Luft. — Zu der Abhandlung des Herrn Dr. Maurer über das Alpenglühen. II. (Schluss.) — Die neue Tonhalle in Zürich. I. — Miscellanea: Bau einer umfangreichen Kraftgewinnungsanlage bei Folsom in Kalifornien. Herstellung eines eisernen Dammes. Der Bedarf elektrischer Energie für die Pariser Weltausstellung im Jahre 1900.

Hiezu eine Tafel: Neue Tonhalle in Zürich.

Linde's Verfahren der Sauerstoffgewinnung mittelst verflüssigter Luft.*)

Von *M. Schröter.*

Vorgetragen in der XXXVI. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure am 19. August in Aachen.

Im Gegensatz zu den früheren Zeiten der vorherrschend empirischen Förderung der Technik beruhen die staunenswerten Erfolge der modernen Industrie in erster Linie auf der zielbewussten Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnis auf Probleme der Praxis; wird dadurch einerseits der Erfolg im vorhinein gesichert, so erklärt sich anderseits die für unsere moderne Technik so bezeichnende Raschheit, mit welcher kaum erschlossene neue Gebiete vollständig ausgebaut werden. Man braucht sich nur an die in 15 Jahren vollzogene, heute an ihrem Endziel angelangte Vervollkommnung der Dynamomaschine zu erinnern, oder sich die in etwa 20 Jahren erfolgte Entwickelung der Kältemaschine zu vergegenwärtigen, um eine Vorstellung von der ausserordentlich gesteigerten Lebhaftigkeit des Wachstums zu erhalten, mit welchem moderne Erfindungen reifen. Bei dem innigen Handinhandgehen von Wissenschaft und Praxis kann es nicht ausbleiben, dass erstere von der gesteigerten Sicherheit in der Beherrschung physikalisch- oder chemisch-technischer Prozesse Nutzen zieht, indem sich mit Hülfe der technischen Anwendungen neue Lösungen naturwissenschaftlicher Fragen ergeben; was vor kurzem noch für unmöglich galt, rückt in das Bereich des Ausführbaren, ja Alltäglichen hinein.

Ein lehrreiches Beispiel hierfür bietet das Problem der Verflüssigung der Gase, dessen erfolgreiche Lösung einerseits die Grundlage für die so hoch entwickelte moderne Kälteindustrie bildet und anderseits geeignet ist, ungeahntes Licht über bisher dunkle Gebiete der Physik und Chemie zu verbreiten. Es ist ja bekannt, dass die Wissenschaft seit geraumer Zeit einen grundsätzlichen Unterschied zwischen permanenten Gasen und Dämpfen nicht mehr kennt; bis aber der experimentelle Nachweis möglich war, dass alle sogenannten permanenten Gase verflüssigt werden können, bedurfte es vorerst der durch die Kältetechnik gewonnenen Erfahrungen in der Verflüssigung von schwefliger Säure, Ammoniak, Kohlensäure u. s. w. Freilich beschränkte sich die Verflüssigung von Sauerstoff, Stickstoff, Luft und Wasserstoff auf Experimente in kleinem Masstab im physikalischen Laboratorium, die umständlich und kostspieliger Natur waren; die Ausführung im grossen Masstab blieb der Erfindung *Linde's* vorbehalten, über welche ich die Ehre habe, heute die erste öffentliche Mitteilung zu machen. Es ist ausserordentlich bezeichnend für den oben erwähnten innigen Zusammenhang von Wissenschaft und Praxis, dass dieser letzte Schritt, mit dem der hervorragendste Förderer der Kälteindustrie die äussersten Grenzen ihres Gebietes von einer ganz anderen Seite aus, als es bisher geschah, erreicht hat, in gleicher Weise wissenschaftlichen wie praktischen Zwecken dienen wird. Durch die Möglichkeit, beliebige Mengen permanenter Gase, z. B. atmosphärischer Luft, zu verflüssigen, werden Physiker und Chemiker in die Lage versetzt, durch Verdampfung des flüssigen Gases den Verlauf physikalischer und chemischer Prozesse bei Temperaturen von — 200° C. und darunter zu studieren; auf der andern Seite liefert der Lindesche Prozess, auf Luft angewendet, beliebige Mengen des für viele Industriezweige so wichtigen Sauerstoffes und gewissermassen als Nebenprodukt den vom Sauerstoff getrennten Stickstoff, beide aus atmosphärischer Luft durch Zerlegung in ihre Bestandteile gewonnen.

Es ist bekannt, dass die längst ausgesprochene Anschauung, wonach die sogenannten permanenten Gase grundsätzlich nicht von den als kondensierbar bekannten Dämpfen verschieden sind, durch die genauere Kenntnis der Eigenschaften der Kohlensäure, insbesondere ihres kritischen Zustandes, eine vollkommene Bestätigung gefunden hat. Man weiss nunmehr, dass ein gasförmiger Körper nur dann teilweise durch Kondensation in den flüssigen Zustand übergeführt werden kann, wenn seine Temperatur *unterhalb der*

*) Wir entnehmen die Wiedergabe des nachfolgenden höchst interessanten Vortrages der Zeitsch. d. Vereins deutsch. Ing. (Bd. XXXIX No. 39 v. 28. Sept. 1895), deren Redaktion uns hiezu freundlichst ermächtigt hat und der wir auch für die Ueberlassung der Textzeichnungen zu Dank verbunden sind. Die Red.

Zu der Abhandlung des Herrn Dr. Maurer über das Alpenglühen.

Von *J. Amsler-Laffon.*

II. (Schluss).

Allein bei ruhigem und klarem Wetter ist in den untern Luftschichten das Temperaturgefälle viel grösser und wird oft 0.1° auf 1 *m* Höhe übersteigen; in diesem Falle wird dann auch der Punkt *b* um mehrere hundert Meter in die Höhe rücken.

Während der Strahl *a b* nun mit sinkender Sonne steigt, werden die unter ihm liegenden Luftschichten, da der Erdboden nicht mehr erwärmt wird, eine Abkühlung erfahren, und es kann nun ein «Umschlagen» des Strahles (rasches Abwärtsbiegen) eintreten. Dazu sind keine erheblichen Temperaturveränderungen nötig, sondern nur der durch solche herbeigeführte Bruch des atmosphärischen Gleichgewichtes. Die aufsteigenden wärmern Luftschichten mischen sich mit den darüber liegenden kältern rasch, und wenn infolge davon auch nur auf eine kurze Strecke der Bahn des Strahles das Temperaturgefälle abgenommen hat, genügt das, um ihm plötzlich eine andere Richtung zu geben.

Wie Herr Dr. Maurer aus dieser Erklärung einen zweiten raschen Umschlag nach oben ableitet, ist mir nicht verständlich; vielmehr wird der Strahl (der Punkt *b*) nun bei weiterem Sinken der Sonne langsam in die Höhe steigen über die Bergspitze hinaus, was auch den Beobachtungen entspricht.

Aehnliches gilt für die Bedingungen, unter denen das dritte Glühen zu stande kommt. Ueber die Feuchtigkeitsverhältnisse in höhern Luftschichten wäre eine Annahme schwer zu begründen; ich will, für meine Beweisführung abschwächend, deren Einfluss vernachlässigen. Nehmen wir wieder an, dass ein Sonnenstrahl auf längerer Strecke in der Atmosphäre eine annähernd kreisförmige Bahn beschreibe, in *a* die Erdoberfläche (einen Höhenzug) und im weitern Verlauf die Bergspitze *b* streife. *b* liege z. B. $l = 3600\ m$ höher als *a*, und das Temperaturgefälle längs *a b* sei 0,01° (*t* abnehmend nach oben). Dann müssten die durch *a* und *b* gelegten Erdradien einen Winkel von 1° 55′ mit einander bilden, und die Entfernung $a\,b = s$ wäre etwa 214 *km*; die Sonne stünde ungefähr 4° unter dem Horizonte von *b*:*)

Wenn nun beim Bruche des atmosphärischen Gleichgewichtes wärmere Luft in die Höhe steigt, und sich das Temperaturgefälle längs *a b* um 0,01° ändert, resp. von 0,01° auf 0° herabgeht, so wird der Strahl *a b* sich stärker krümmen, also *b* sinken, und zwar, unter den angenommenen Verhältnissen um

$$y = \frac{s^2}{2} \cdot 95.12 \cdot 0{,}1 \cdot 108 = 218\ m$$

unter Anwendung der für y und $(n - n^1)$ oben aufgestellten Formeln.

Zu bemerken ist hiebei, dass die Zustandsänderung in der Nähe von *a* den Haupteinfluss auf das Resultat hat, während diejenige in der Nähe von *b* unmerklich wirkt.

Dass in der Nähe von *a* die Aenderung des Temperaturgefälles ein vielfaches von 0,01° betragen kann, dass also der Strahl in *b* sich

*) Der Radius ϱ des Strahles *a b* im Punkte *a* geht durch den Erdmittelpunkt; der Erdradius sei $= r$, dann ist sehr nahe $l = \frac{s^2}{2}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\varrho}\right)$, wo $\varrho = \frac{1}{n^1 - n}$. Für $l = 3600\ m$, $r = 6366\ km$ ergeben sich obige Zahlen.

kritischen liegt, und dass für jedes Gas durch gleichzeitige Anwendung von Kompression und Abkühlung der Zustand erreicht werden kann, in welchem durch Wärmeentziehung ein Teil des Körpers bei konstant bleibender Temperatur in den flüssigen Zustand übergeht, als Beweis dafür, dass man es nunmehr mit gesättigtem Dampf zu thun hat.

So lange dagegen die Temperatur höher ist als die kritische, kann durch keine noch so starke Kompression der Uebergang eines Teiles der eingeschlossenen Gasmenge in den flüssigen Zustand herbeigeführt werden; die Masse bleibt homogen und kann schliesslich ebensogut als flüssig wie als gasförmig angesehen werden. Das scheinbar so verschiedene Verhalten der bekannten gesättigten Dämpfe und der sogenannten permanenten Gase liegt also einfach in der Lage ihrer kritischen Temperatur; bei ersteren liegt sie, vom Nullpunkt der Celsiusschen Skala gerechnet, hoch, dagegen bei den letzteren tief, und die Schwierigkeit der Kondensation beruht daher nicht sowohl in der Erzielung der erforderlichen Pressung als in der Abkühlung. Dass aber dieser Unterschied bloss, wenn ich so sagen darf, technischer, nicht grundsätzlicher Natur ist, erhellt am besten wenn man sich die Spannungskurven der Dämpfe in einem Koordinatensystem aufzeichnet, welches als Abscissen die absoluten, d. h. vom absoluten Nullpunkt angerechneten Temperaturen und als Ordinaten die zugehörigen Sättigungsspannungen enthält. Der Verlauf der Kurven, die natürlich jeweilig nur bis zum kritischen Zustand reichen und daselbst aufhören, ist bei Wasserdampf ganz so wie bei Kohlensäure Aethylen, Sauerstoff u. s. w.

Seitdem man in der Kältemaschine eine Einrichtung besitzt, vermöge deren die Erreichung von Temperaturen unter Null zu den alltäglichen Vorgängen der Industrie gehört, war auch der Wissenschaft durch folgerichtige Weiterbildung des zu Grunde liegenden Prinzips die Möglichkeit erschlossen, sich dem absoluten Nullpunkt in einer früher für unmöglich gehaltenen Weise zu nähern. Bekanntlich benutzt man entweder verdampfende Flüssigkeiten oder Luft zum Betrieb der Kältemaschinen; im ersten Fall wird z. B. Ammoniak oder Kohlensäure auf eine Spannung komprimiert, welche einer Temperatur von vielleicht $+20^0$ C. entspricht; durch Wärmeentziehung mittelst Kühlwassers führt man das Gas oder den gesättigten Dampf in den flüssigen Zustand über. Indem man nun die Flüssigkeit einfach in einen Raum, in welchem niedriger Druck herrscht, überströmen lässt, muss ein Teil davon verdampfen, und da dem niedrigeren Druck auch eine niedrigere Sättigungstemperatur entspricht, so wird die zur Verdampfung erforderliche Wärme bei der niedrigen Temperatur, z. B. -10^0 C., aufgenommen und kann daher zur Abkühlung eines Körpers dienen, dem sie entzogen wird. Benutzt man als solchen Körper z. B. komprimiertes Aethylengas, welches unter dem der Temperatur -10^0 C. entsprechenden Druck steht, so wird dieses sich verflüssigen und kann dann durch Erniedrigung des Druckes bei einer weit tieferen Temperatur zur Verdampfung gebracht werden. Liegt diese z. B. unterhalb der kritischen Temperatur des Sauerstoffes, so kann solcher, indem er dem verdampfenden Aethylen die Wärme liefert, unter dem entsprechenden Druck zur Verflüssigung gebracht werden. Dies ist der immerhin umständliche und kostspielige Prozess, mittelst dessen bisher die Physiker die Verflüssigung der Gase ausgeführt haben, und man verdankt den an kleinen Mengen der verflüssigten Gase angestellten Untersuchungen bekanntlich schon sehr wertvolle Aufschlüsse über das Verhalten der Körper bei tiefen Temperaturen*).

Die Theorie lehrt, dass es bei den Kaltdampfmaschinen noch vorteilhafter wäre, die Expansion nicht durch einfaches Ueberströmen durch ein Drosselventil, sondern unter Arbeitverrichtung in einem Expansionscylinder vor sich gehen zu lassen; allein die dadurch zu gewinnende äussere Arbeit ist, wenigstens bei den Dämpfen, die noch weit von ihrem kritischen Punkt entfernt sind, verhältnismässig so klein gegenüber der im Innern des Körpers zur Ueberwindung der zwischen den Molekülen wirkenden Kräfte erforderlichen Arbeit, dass man auf diesen Expansionscylinder verzichtet. Im Gegensatz hierzu beruht die Kaltluftmaschine ausschliesslich auf der durch äussere Arbeit zu erzielenden Abkühlung der Luft, welche zuvor in einem Kompressionscylinder auf den gewünschten Druck (6 bis 8 Atm.) gebracht und durch Kühlwasser auf ihre anfängliche Temperatur abgekühlt wurde. Man findet in allen technischen Lehrbüchern den Satz, dass eine Kaltluftmaschine vollkommen unwirksam werden müsste, wenn man nach dem Beispiel der Kaltdampfmaschine den Expansionscylinder weglassen und die Luft einfach durch ein Drosselventil ausströmen lassen wollte; diese Anschauung gründet sich darauf, dass man mit einer für technische Zwecke genügenden Genauigkeit die Luft als ein vollkommenes Gas betrachtet, bei welchem zwischen den einzelnen

*) Siehe u. a. die interessante Zusammenstellung in der Zeitschrift für die gesamte Kälteindustrie 1895.

---

nicht bloss um 218 *m*, sondern um viele hundert Meter senken kann, ist deshalb sicher. — Es bedarf wohl kaum einer Erörterung darüber, dass diese Aenderungen nicht sprungweise eintreten können, dass also das dritte Glühen hienach sehr ruhig verlaufen muss.

Uebrigens, ob man das Alpenglühen als Refraktions- oder Diffraktionserscheinung erklärt, hat offenbar mit der Ruhe der Erscheinung nichts zu thun: Die Lichtstrahlen müssen eben in jedem Falle die Atmosphäre passieren und die Brechungsveränderungen über sich ergehen lassen. Auch kommt der Umstand, dass ein Lichtstrahl über höhere Berge hinweg erst die Jungfrau erreichen kann, nur unwesentlich in Betracht.

Dass das zweite und dritte Glühen sehr selten in der ausgeprägten Form auftritt, wie ich es beobachtete, hängt natürlich davon ab, dass allerdings Bedingungen erfüllt werden müssen, die selten zusammentreffen. Dass das *dritte* Glühen auch von anderen Personen beobachtet wurde, habe ich mit grosser Befriedigung aus den Mitteilungen des Herrn Dr. M. erfahren.

Dass die Herren Beyer, Bezold und Necker-de Saussure beim Sonnenaufgang eine dem abendlichen Alpenglühen ähnliche Erscheinung, (also vor dem Sonnenaufgang ein Erglühen und Wiedererlöschen der westlich liegenden Gebirge) beobachteten, wäre nach meiner Ansicht Folge von ganz abnormen atmosphärischen Zuständen, oder aber, — und dieser Punkt sollte näher untersucht werden, — davon, dass es zweierlei Alpenglühen giebt; das eine, von dem ich allein spreche, das durch blosse Refraktion erzeugte; und ein zweites, von dem Herr Dr. M. allein spricht, das durch blosse Diffraktion erzeugt wird. Ob das der Fall ist, das dürfte mit Sicherheit durch die Beobachtungen festgestellt werden können, nämlich: Die Erklärung durch Refraktion stützt sich auf Zustände in relativ niederen Luftschichten, über deren Entwicklung kein Zweifel obwalten kann; dagegen stützt sich die Erklärung durch Diffraktion auf (immerhin hypothetische) Zustände in sehr hohen Luftregionen. Jene sind abhängig von meteorologiochen Vorgängen in der Nähe der Eisoberfläche, die sehr häufig einen ganz lokalen Charakter haben; diese nicht.

Hieraus dürfte folgen: nach der Refraktionstheorie kann das Alpenglühen (das zweite und dritte) an einem Abende auf eine geringe Anzahl von Bergspitzen beschränkt sein, (wiewohl die ganze Kette klar ist), je nach lokalen meteorologischen oder oreographischen Verhältnissen im Westen. Einzelne Bergspitzen können es zeigen, andere nicht, wiewohl diese von den Sonnenstrahlen der Bewölkung halber noch erreicht werden könnten. Dagegen müssten nach der Erklärung durch Diffraktion, alle Bergspitzen, die bei Sonnenuntergang von den Sonnenstrahlen noch getroffen werden, das Alpenglühen zeigen oder nicht zeigen, von den Berneralpen nach Osten hin, bis weit über die Graubündner hinaus, gleichgültig, was für ein Relief die westlich davon liegenden Gebiete zeigen, und gleichgültig ob dort die Erde nass, kalt, beschneit, gefroren ist, da ja die Erscheinung nur von Zuständen in höheren Regionen abhängen soll.

Ob Beobachtungen dieser Art angestellt wurden, ist mir nicht bekannt; nur hörte ich öfter behaupten, dass in der östlichen Schweiz (speciell in Graubünden) das Alpenglühen viel seltener vorkomme, als in den Berneralpen. Das würde für meine Erklärung sprechen, welche im allgemeinen nach Westen hin ein relativ niedriges Gebiet voraussetzt.

Wiewohl es der Schweiz. Bauzeitung nicht passen kann, Erörterungen über rein wissenschaftliche Fragen in ihre Spalten aufzunehmen, habe ich mir doch erlauben müssen, vorstehendes hier vorzubringen, um die Einwürfe des Herrn Dr. Maurer auf ihr richtiges Mass zu beschränken.

Stanserhorn, den 6. September 1895.

Molekülen gar keine Kräfte wirken, und dass daher die gesamte innere Arbeit durch die zur Veränderung der Temperatur erforderliche Wärme geleistet wird.

Man weiss freilich, dass die Physik ein vollkommenes Gas in dem oben definierten Sinn nicht kennt, sondern dass bei allen Gasen Abweichungen vorkommen, welche darauf deuten, dass die inneren Kräfte nicht gleich Null sind; allein diese Abweichungen sind sehr gering und um so unbedeutender, je „permanenter" im übrigen das Gas ist. So haben die berühmten Forscher Joule und W. Thomson schon in der Mitte der 50er Jahre und später den experimentellen Nachweis erbracht, dass atmosphärische Luft, wenn sie aus einem Raum mit höherem Druck durch ein Ventil einfach ausströmt, sich nach Erreichung des Ruhezustandes dauernd abkühlt, dass also doch ein gewisser Betrag von Wärme zur Ueberwindung innerer Kräfte aufzuwenden ist; freilich zeigten die mit grosser Umsicht und der erdenklichsten Genauigkeit angestellten Versuche, dass die endgültige Abkühlung nur gering ist, pro Atmosphäre Druckunterschied und einer Anfangstemperatur der Luft von 16° C. nur 1/4 Grad; ausserdem zeigte sich noch eine Abhängigkeit von der Temperatur in der Weise, dass die Abkühlung im Verhältnis der Quadrate der absoluten Temperaturen stärker wurde, je kälter die Luft vor dem Ausströmen war. Es ergiebt sich hiernach für die Abkühlung die Formel:

$$\delta^0 = \frac{p_2 - p_1}{4} \cdot \left(\frac{289}{T_1}\right)^2.$$

wenn p_2 den höheren, p_1 den niedrigeren Druck in Atmosphären und T_1 die absolute Anfangstemperatur der Luft vor dem Ausströmen bedeutet. Hieraus berechnet sich z. B. für $t_1 = 0^0$ C. und $p_2 - p_1 = 10$

$$\delta = 2{,}64^0 \text{ C.}$$

Angesichts einer so geringfügigen Abkühlung ist offenbar der oben erwähnte Ausspruch ganz zutreffend, dass nämlich eine Kaltluftmaschine ohne Expansionscylinder technisch vollkommen wertlos wäre. Um so mehr Bewunderung verdient daher die in ihrer Einfachheit geniale Art und Weise, mit welcher Linde es verstanden hat, auf der scheinbar ganz geringfügigen Grundlage eine Anordnung aufzubauen, mittelst welcher Temperaturen von -200^0 und darunter erreicht werden.

Fig. 1.

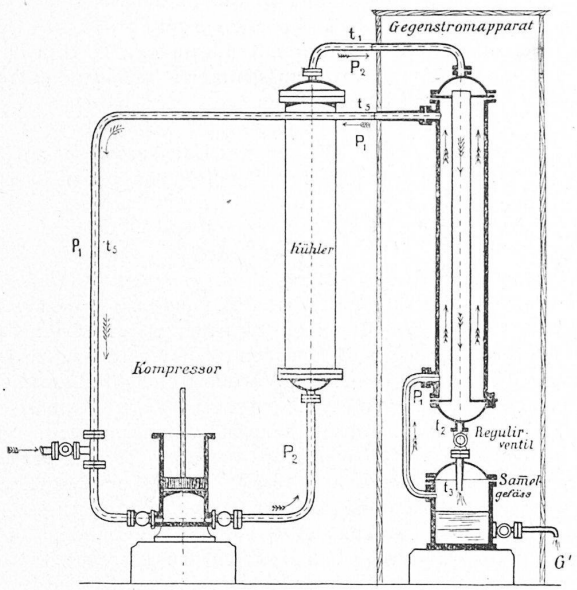
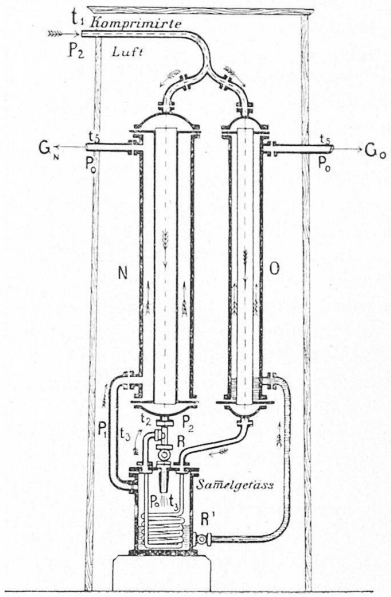


Fig. 2.

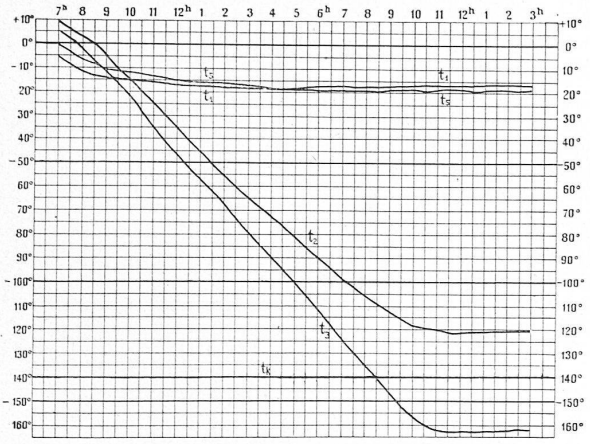


In den Fig. 1 und 2 ist in einfacher schematischer Weise die Einrichtung dargestellt; P_2 bezeichnet die Druckleitung, P_1 die Saugleitung eines Kompressors, welcher atmosphärische Luft in einem vollständig geschlossenen Rohrsystem in Umlauf erhält; ein Regulierventil (in Fig. 2 bei R) vermittelt den Uebergang von der höheren Spannung, z. B. 75 Atm., zur niederen, z. B. 25 Atm. Zur Entziehung der Kompressionswärme dient der Kühler, mit dessen Hülfe es möglich ist, die Temperatur der Luft z. B. auf 10° C. herunterzubringen. Gesetzt nun, man liesse die Luft durch das Regulierventil einfach ausströmen, so würde sich eine Abkühlung ergeben, die nach der Formel von Joule und Thomson sich berechnet zu

$$\delta = \frac{50}{4} \cdot \left(\frac{289}{283}\right)^2 = 12{,}76^0 \text{ C.},$$

und es ist klar, dass damit nur sehr wenig gewonnen wäre. Nun schaltet Linde in das geschlossene Rohrsystem einen Gegenstromapparat ein, durch welchen einerseits die expandierte und abgekühlte, andererseits die komprimierte Luft nach ihrem Austritt aus dem Kühler hindurchströmt. Angenommen, der Apparat wäre vollkommen, so könnte die durch das Ausströmen auf t_3 abgekühlte Luft der vor dem Ventil R ankommenden ihre eigene Temperatur mitteilen, d. h. sie um 12,76° C. abkühlen, während umgekehrt am anderen Ende des Gegenstromapparates die daraus abströmende Luft mit der ankommenden die gleiche Temperatur $t_5 = t_1$ (z. B. + 10° C.) haben müsste. Stellt man sich den Vorgang als sich in Absätzen vollziehend vor, so würde beim zweiten Durchgang durch das Ventil R die davor mit einer Temperatur $t_1 - 12{,}76$ ankommende Luft sich wieder um 12,76° C. abkühlen, und mit Hülfe des Gegenstromapparates gelänge es dann, die vor dem Ventil R ankommende nächste Ladung auf die Temperatur $t_1 - 2 \cdot 12{,}76^0$ C. herunterzubringen, während die dem Kompressor zuströmende Luft nach wie vor die Temperatur t_1 wieder annehmen würde.

Fig. 3.



In Wirklichkeit vollzieht sich dieser Prozess dauernd und es muss die Temperatur im Sammelgefäss unterhalb des Drosselventils offenbar immer tiefer und tiefer sinken, weil ja die Abkühlung jedesmal wieder stärker wird, je weiter die Temperatur vor dem Ausströmen schon gesunken ist. In der That geht der Prozess der zunehmenden Abkühlung genau so vor sich, wie nach dem Gesagten zu erwarten steht; zum Beweis sind in Fig. 3 die Temperaturkurven wieder-

gegeben, welche sich bei einer mit dem ersten Versuchsapparat in der Münchener Versuchsstation der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen ausgeführten Versuchsreihe ergeben haben. Es mag hier eingeschaltet werden, dass als Kompressor ein vorhandener Kohlensäurekompressor benutzt und, um ihn zu schonen und nicht zu hohe Endtemperaturen zu erhalten, eine gleichfalls vorhandene Ammoniakkältemaschine dazu verwendet wurde, die Luft nach der Kompression auf etwa rund — 20° C. abzukühlen; daher kommt es, dass die mit t_1 und t_5 bezeichneten Temperaturen, die bei endgiltigen Ausführungen natürlich über Null liegen werden und durch Kühlwasser zu erzielen sind, hier unter Null lagen. Die tiefen Temperaturen wurden auf elektrischem Wege durch Vergleichung des Widerstandes gemessen, den ein der betreffenden Temperatur ausgesetztes Stück Draht im Vergleich zu dem Widerstand zeigte, den ein im Brunnenwasser liegendes Stück desselben Drahtes aufwies. Natürlich wurde nicht unterlassen, die Genauigkeit der Messung durch unmittelbare Vergleiche mit geprüften Thermometern zu kontrollieren, so weit es eben nach abwärts möglich war. In der Fig. 3 sind als Abscissen die Zeiten und als Ordinaten die Temperaturen t_2, t_3, t_5 und t_1 aufgetragen; bei einem absolut vollkommenen Gegenstromapparat müssten t_5 und t_1 einander gleich sein; im vorliegenden Fall ist ein Unterschied von nur $2^1/_4$° C. erreicht worden und damit schon eine ausgezeichnete Wirkung festgestellt; der Apparat bestand aus zwei koncentrisch in einander gesteckten Rohren, 100 *m* lang und 10 bezw. 4 *cm* weit, welche spiralig gewunden waren; im inneren Rohr befindet sich die komprimierte, aussen die expandierte Luft, und das Ganze ist natürlich auf das sorgfältigste gegen Einstrahlung isoliert. Dass die Periode der allmählichen Drucksenkung so lange Zeit in Anspruch nimmt, hat seinen Grund darin, dass die durch die Ausströmung abgekühlte Luft sich nicht nur auf Kosten der komprimierten Luft, sondern auch auf Kosten des Wärmevorrates im ganzen Apparat erwärmt; daher rührt es auch, dass die Kurven für t_1 und t_5 sich schneiden und anfänglich $t_5 > t_1$ ist.

Es ist unmöglich, die Aehnlichkeit zu verkennen, welche dieser eigenartige Vorgang mit demjenigen hat, der sich in der Anlaufperiode einer Gleichstrom-Reihendynamo vollzieht; die gegenseitige Steigerung zwischen der Intensität des Magnetfeldes und der Stromstärke hat ihr Analogon in der Wechselwirkung zwischen expandierter und komprimierter Luft bezw. deren fortschreitender Abkühlung, und wie bei der Dynamo der Steigerungsprozess in der Sättigung des Eisens eine Grenze findet, so ist hier der Abkühlung eine solche gesetzt in der Erreichung derjenigen Temperatur, welche zu dem Druck P_1 im Sammelgefäss als Sättigungstemperatur der flüssigen Luft gehört — das Endergebnis muss *die Verflüssigung eines Teiles der Luft bei nunmehr konstant bleibender Temperatur* sein, wie es auch der Verlauf der Kurven andeutet, und wie es der Versuch thatsächlich ergeben hat. Sobald einmal damit der Beharrungszustand eingetreten ist, muss natürlich durch einen zweiten Kompressor, den wir den Speisekompressor nennen wollen, während der erste als Cirkulationskompressor bezeichnet werden mag, eine der flüssig gewordenen entsprechende Menge atmosphärischer Luft nachgeliefert werden, um die Spannungen konstant halten zu können. Bedingung für den Eintritt der Verflüssigung ist, dass die Temperatur unter die kritische Temperatur der atmosphärischen Luft, welche zu — 140° C. bestimmt worden ist, heruntergeht; in der Fig. 3 ist diese Temperatur besonders eingezeichnet, und es ist ohne weiteres klar, dass man es mit der Wahl der unteren Druckgrenze ganz in der Hand hat, eine beliebige Verflüssigungstemperatur zu erzielen. Im vorliegenden Fall musste man, um die Luft herauszunehmen, erst in der ganzen Saugleitung durch Abblasen atmosphärischen Druck herstellen, wobei natürlich die Temperatur noch weiter heruntersank und den Siedepunkt der Luft mit — 192° C. erreichte.

Die Farbe der gleich beim erstmaligen Probieren in der Menge von etwa acht Liter erhaltenen Flüssigkeit war schwach bläulich, und nach dem vollständigen Gelingen des ersten Versuches ist somit der für Technik und Wissenschaft gleich bedeutungsvolle Erfolg gesichert, permanente Gase in beliebiger Menge mit dem denkbar einfachsten Apparat zu verflüssigen und mit Hilfe ihrer Wiederverdampfung beliebig tiefe Temperaturen zu erzielen.

Man kann etwa auf folgende Weise versuchen, die Wirkung der Einrichtung durch eine einfache Rechnung zu verfolgen:

Es sei G die den geschlossenen Prozess durchmachende, vom Cirkulationskompressor pro Zeiteinheit angesaugte und komprimierte Luftmenge, und G' die in der Zeiteinheit verflüssigte, also vom Speisekompressor zugeführte Luft. Denkt man sich die ganze cirkulierende Luftmenge G vom Druck p_2 und der Temperatur t_1 ausströmend auf den niederen Druck p_1, so wäre eine Kälteleistung zu erhalten

$$= G c (t_1 - t'),$$

wobei c die specifische Wärme der Luft bezeichnet und die Temperatur t' sich nach der Formel von Joule-Thomson berechnet:

$$t_1 - t' \backsim \frac{p_2 - p_1}{4} \left(\frac{289}{T_1}\right)^2.$$

Man kann diese Leistung als die *verfügbare Kälteleistung* bezeichnen. Thatsächlich gewonnen und nach aussen verfügbar ist dagegen diejenige Wärmemenge, welche der Wiederverdampfung und Erwärmung der verflüssigten Luftmenge G' entspricht bezw. die Wärme, welche der Luftmenge G' entzogen werden musste, um sie von atmosphärischer Temperatur t_0 auf t^3 abzukühlen und zu verdampfen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein Teil dieser entzogenen Wärme nicht nach aussen abgegeben wurde, sondern durch Verrichtung innerer Arbeit beim Ausströmen von G' durch die Abkühlung von t_2 auf t_3 gebunden wurde; man hat also als *effektive Kälteleistung* zu betrachten

$$G'\left(\int_{t_3}^{t_0} c\,dt + r_3\right) - G'\int_{t_3}^{t_2} c\,dt = G'\left(\int_{t_2}^{t_0} c\,dt + r_3\right),$$

wobei c die im allgemeinen mit der Temperatur veränderliche specifische Wärme der Luft bedeutet, r_3 die der Temperatur t_3 entsprechende Verdampfungswärme.

Ausser dieser gewonnenen Kälte, die wir natürlich so lange nicht numerisch berechnen können, als uns die Abhängigkeit von c und namentlich von r_3 von der Temperatur unbekannt sind, muss aber von der verfügbaren Kälteleistung der Maschine noch bestritten werden der Verlust, der davon herrührt, dass infolge Unvollkommenheit des Gegenstromapparates die abziehende Luft nicht ganz die Temperatur t_1 wieder erreicht, sondern mit einer Temperatur t_5 entweicht, die $< t_1$ ist. Es entspricht dies einer Wärmemenge

$$G c (t_1 - t_5).$$

Dann müssen endlich von der verfügbaren Kälte noch geleistet werden alle diejenigen Abkühlungen, die zum Wegschaffen der von aussen eindringenden Wärme erforderlich sind, also die Leitungs- und Strahlungsverluste V.

Offenbar muss nun die grösste Kälte, welche man durch direkte Ausströmung von G gewinnen könnte — immer vorausgesetzt, dass die Formel ihre Giltigkeit innerhalb so weiter Grenzen behalte — zur Deckung der anderen Posten ausreichen, und man erhält daher die Beziehung:

$$G c (t_1 - t') = G c (t_1 - t_5) + G'\left[\int_{t_2}^{t_0} c\,dt + r_3\right] + V,$$

also

$$G' = \frac{G c \left(\frac{p_2 - p_1}{4}\left(\frac{289}{T_1}\right)^2 + t_5 - t_1\right) - V}{r_3 + \int_{t_2}^{t_0} c\,dt},$$

und das Leistungsverhältnis, d. h. das Verhältnis der gewonnenen Kälte zur aufgewendeten Wärme ist:

$$\eta = \frac{G'\left[r_3 + \int_{t_2}^{t_0} c\,dt\right]}{A L_1 + A L_2},$$

worin AL_1 die Arbeit des Speisekompressors und AL_2 diejenige des Cirkulationskompressors ist.

Diese Betrachtung setzt freilich voraus, dass G und G' der nämliche Körper, homogene Luft, seien, was nicht genau zutrifft, wie wir später sehen werden.

Aus dem Bau der Formel von Joule-Thomson im Zusammenhang mit den für adiabatische Kompression von Gasen gültigen Beziehungen geht hervor, dass man, um vorteilhaft zu arbeiten, danach trachten muss, einen möglichst grossen *Druckunterschied* bei einem möglichst kleinen *Druckverhältnis* für den Cirkulationskompressor anzuwenden. Es ist also zweckmässig, mit möglichst hohen absoluten Pressungen zu arbeiten und einen Druckunterschied von z. B. 100 Atm. durch die Pressungen 150 bis 50 herzustellen, wobei das Verhältnis erst 1 : 3 wird. Derartige Kompression hat durchaus nichts Bedenkliches, da man in der Marine für Torpedozwecke und in der Luftschiffahrtstechnik zum Zweck der Kompression von Wasserstoff an solche Pressungen längst gewöhnt ist.

Ueber das Verhältnis zwischen Arbeitsbedarf und nutzbarer Kälte liegen Ziffern noch nicht vor. Die bisher in der Versuchstation der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen in München ausgeführten Versuche haben mit den dort vorhandenen, dem vorliegenden Zweck angepassten Maschinen stattgefunden und zunächst einmal bei den dort erreichbaren Druckverhältnissen von $\frac{75}{25}$ Atm. den Beweis geliefert, dass die Einrichtung des Gegenstromapparates vollkommen den gehegten Erwartungen entsprach.

Die Analyse der aus der gewonnenen Flüssigkeit aufgefangenen Dämpfe ergab rund 70 % Sauerstoff; man hatte also thatsächlich nicht Luft vor sich, sondern ein sehr sauerstoffreiches Gemisch. Der Erklärungsgrund liegt darin, dass bei der gelegentlich der Reduktion des Druckes eingetretenen Verdampfung der Stickstoff, dessen Dampftemperatur bei gleichem Druck etwas höher liegt als beim Sauerstoff, zum grössten Teil früher verdampfte und so ein Gemisch zurückblieb, welches zwar nicht reinen Sauerstoff darstellte, aber doch schon sehr sauerstoffreich war.

In dieser Thatsache ist überhaupt der eigentliche Zweck des Lindeschen Verfahrens klar gelegt; er ist nichts anderes als die *Trennung des Sauerstoffes der Luft vom Stickstoff auf rein mechanischem Wege*, indem man die Eigenschaft des Stickstoffes, aus verflüssigter Luft eher zu verdampfen als der Sauerstoff, benutzt. Die Verflüssigung ist also nur Mittel zum Zweck, nicht Selbstzweck; trotzdem wird es eine Menge von Fällen geben, in denen namentlich für wissenschaftliche Untersuchungen bei niederen Temperaturen die Beschaffung grosser Mengen flüssiger Luft, wenn auch mit Hilfe grösserer maschineller Anlagen, von grossem Werte sein wird.

Denkt man sich den Druckunterschied $p_2 - p_1$ so weit gesteigert, dass bei einem Enddruck $p_1 = p_0$, d. h. gleich dem atmosphärischen, nahezu der ganze Sauerstoff aus der umlaufenden Luftmasse ausgeschieden wird, dass also der Speisekompressor und der Cirkulationskompressor in eines zusammenfallen, und dass von der aus der Atmosphäre angesaugten Luftmasse G ein Teil G_0 verflüssigt wird, während G_n gasförmig den Gegenstromapparat verlässt, so hat man die Beziehung

$$G_n c\,(t_1 - t') = G_n c\,(t_1 - t_5) + G_0 \left[r_3 + \int_{t_2}^{t_0} c\,dt \right] + V$$

$$G_n c\,(t_5 - t') = G_0 \left[r_3 + \int_{t_2}^{t_0} c\,dt \right] + V.$$

Ist z. B. $p_2 = 250$ Atm. und $t_1 = 10^0$ C., so wird

$$t_1 - t' = \frac{250}{4} \cdot \left(\frac{289}{283}\right)^2 = 65{,}25^0 \text{ C.}$$

Wenn der Verlust im Gegenstromapparat den Erfahrungen gemäss, die bei den Versuchen gemacht sind,

$$t_1 - t_5 = 2{,}25^0 \text{ C.}$$

gesetzt wird, so bleibt

$$t_5 - t' = 63^0 \text{ C.},$$

und setzt man $V = 3 \,.\, G_n c$, so ist die effektive Kälteleistung

$$60 \,.\, c G_n.$$

Gesetzt nun, es wäre $r_3 + \int_{t_2}^{t_0} c\,dt = 240\,c$, so würde

$$G_0 = 0{,}25\, G_n.$$

Eine endgültige Rechnung lässt sich nicht anstellen, so lange man r_3 nicht kennt.

In der beschriebenen Einrichtung wird die erzeugte Kälte, d. h. die Wärme, welche die Luft im flüssigen Zustand bei ihrer Wiederverdampfung und Erwärmung auf die Anfangstemperatur aus ihrer Umgebung benötigt, naturgemäss und nur unvollkommen ausgenützt; die in Fig. 2 wiedergegebene Einrichtung ist dagegen dadurch ausgezeichnet, dass die erzeugte Kälte gleich wieder im Apparat selbst nutzbar gemacht wird und der Prozess damit endigt, dass die Bestandteile der Luft mit anfänglichem Druck und Temperatur, aber getrennt, den Apparat verlassen, in welchen sie gemischt eingeführt wurden. Zu dem Ende ist der Gegenstromapparat doppelt angeordnet; die beiden Hälften vereinigen sich wieder vor dem Drosselventil, und es wird nun der Prozess so geführt, dass beim Austritt aus dem letzteren ein Teil G_1 der vom Kompressor zugeführten Luftmenge G im flüssigen Zustand in das Sammelgefäss gelangt, während $G - G_1$ (vorwiegend Stickstoff) unmittelbar zum Gegenstromapparat N zurückkehrt; ferner wird dafür gesorgt, dass ein Teil der Flüssigkeit im Sammelgefäss sofort verdampft, indem die dazu nötige Wärme durch die nach dem Drosselventil strömende Luft zugeführt wird. Den Rest der Flüssigkeit $G - G_1 - G_2$ lässt man sodann in dem zweiten Gegenstromapparat O verdampfen und daraus mit atmosphärischer Spannung und Temperatur entweichen. Die dazu nötige Wärme liefert der durch O strömende Teil der Gesamtluft G. Dann ist klar, dass aus N vorwiegend reiner Stickstoff, aus O reiner Sauerstoff entweichen wird, und da beide mit ursprünglicher Temperatur und Pressung austreten (bei einem als vollkommen vorausgesetzten Apparat), so ist klar, dass eine nach aussen verfügbare Kälte jetzt nicht mehr vorhanden ist, sondern dass die Produktion der Maschine innerhalb derselben aufgezehrt worden ist und der Kälteaufwand, der natürlich doch noch immer vorhanden ist, sich auf die Deckung der Verluste beschränkt. Der Reichtum an Sauerstoff in dem aus O entweichenden Teil der Gesamtfördermenge wird sich hierbei nach der dem Sammelgefäss zugeführten Wärmemenge richten, welche man durch Stellung des Drosselhahnes R regeln kann, indem dadurch der Flüssigkeitstand und in zweiter Linie die Heizfläche veränderlich gemacht wird.

Vermittels des Druckunterschiedes $p_2 - p_1$ hat man es in der Hand, den Prozess so zu leiten, dass ein gewisser Kälteüberschuss vorhanden ist. Die Versuche in München haben gezeigt, dass das mit Sicherheit zu erreichen ist. In diesem Falle muss die Verflüssigung bereits vor dem Drosselventil in der Druckleitung eintreten, und es ist dazu nur erforderlich, dass schon vor dem Drosselventil die kritische Temperatur erreicht wird. Die Versuche in München, die mit dem der Fig. 1 entsprechenden Apparat, wobei es sich nur um Verflüssigung handelte, angestellt wurden, haben gezeigt, dass bei den einer Anfangstemperatur $t_1 = +10^0$ C. und $p_2 - p_1 = 50$ Atm. entsprechenden Verhältnissen ein bedeutender Ueberschuss an Kälte über den zur Deckung der Verluste erforderlichen Betrag vorhanden ist. Man kann hiernach schätzungsweise annehmen, dass für den zweiten Apparat, bei dem es sich um Trennung von Sauerstoff und Stickstoff handelt, 30 Atm. Druckunterschied zur Deckung der Verluste ausreichen, und da man bei der selbstverständlich anzuwendenden mehrstufigen Kompression das Aequivalent AL theoretisch gleich rd.: $300\,cG$ bis $400\,cG$, und effektiv, mit einem Wirkungsgrad von $^2/_3$, gleich rd. $450\,cG$ bis $600\,cG$ setzen kann (bei $t_0 = 10^0$ C.), so würde also 1 P. S. rd. 3,3 bis 4,5 m³ Luft und rd. 1 m³ Gemisch mit 70 pCt. Sauerstoff liefern.

Der Erfinder beabsichtigt übrigens, noch eine Verbesserung in ökonomischer Beziehung dadurch einzuführen, dass

man den Druck im Sammelgefäss höher als den atmosphärischen hält, z. B. 4 Atm., und das aus dem Gegenstromapparat N kommende Gasgemisch in einem Expansionscylinder sich unter Arbeitsverrichtung ausdehnen lässt. Man erzielt hierdurch einmal einen Gewinn an Arbeit und kann zweitens die durch die Expansion erzielte Temperaturerniedrigung zur Kühlung des komprimierten Gases ausnutzen; damit kann t_1 und infolgedessen auch der erforderliche Druckunterschied verringert werden. Gelingt es beispielsweise, t_1 auf -30^0 C. zu bringen, so könnte $p_2 - p_1$ auf $30\left(\frac{243}{283}\right)^2 = 22$ Atm. vermindert werden, und man hätte die Luft nur auf 26 Atm. zu komprimieren; ausserdem würde ein erheblicher Teil der auf die Kompression bis 4 Atm. verwendeten Arbeit wiedergewonnen werden.

M. H., hiermit glaube ich mich meiner Aufgabe entledigt zu haben, Ihnen in grossen Zügen das neue Verfahren Lindes vorzuführen; wenn das mit so wenig Worten geschehen konnte, so erblicken Sie darin gewiss mit mir den Beweis für die ausserordentliche Einfachheit dieses Verfahrens. Es hiesse die mir gesteckten Grenzen überschreiten, wenn ich versuchen wollte, die Bedeutung zu erörtern, welche die Erfindung für eine Reihe von Prozessen der mechanischen und chemischen Technik haben wird — jedenfalls geht man nicht fehl, wenn man der auf streng wissenschaftlicher Grundlage mit so einfachen Mitteln aufgebauten Methode eine sehr vielseitige Verwendbarkeit beimisst.

Die neue Tonhalle in Zürich.

Erbaut von *Fellner & Helmer*, Architekten in Wien.

(Mit einer Tafel.)

I.

Vom 19. bis zum 22. dieses Monates fand durch eine grossartige Feier die Eröffnung der von den Wiener Architekten *Fellner & Helmer* erbauten Tonhalle in Zürich statt.

Wir haben in unserer Zeitschrift über alle Phasen, welche die Entstehung dieses Bauwerkes durchzumachen hatte, in möglichst genauer und umfassender Weise Bericht erstattet. Getreu diesem Vorgehen hoffen wir in der Folge unsern Lesern auch einen Ueberblick über den nunmehr vollendeten Bau zu ermöglichen, dessen Zustandekommen namentlich dem Opfersinn Zürichs, sowie der uneigennützigen und beharrlichen Arbeitskraft einzelner hervorragender Männer dieser Stadt zu verdanken ist.

Unsere bezüglichen Mitteilungen leiten wir ein durch die Vorlage beifolgender Tafel mit einer Ansicht der neuen Tonhalle, vom Alpenquai aus gesehen.

Miscellanea.

Der Bau einer umfangreichen Kraftgewinnungsanlage bei Folsom in Kalifornien geht nach einer Mitteilung der Zeitschr. des Vereins d. Ing. seiner Vollendung entgegen. Um das Gefälle des American-Flusses ausnutzen zu können, wurde zunächst im Flussbett ein Damm von Granitsteinen in Portlandcement gebaut; seine Länge beträgt rund 200 *m*, seine Breite am Fusse 26,5 *m*, an der Krone 7,6 *m*. Die zur Regelung des Wasserabflusses dienenden Schützen werden durch hydraulische Cylinder bewegt. Das aufgespeicherte Wasser fliesst in einem Kanal den Turbinen zu. Je zwei Turbinen sitzen auf einer wagerechten Achse; im ganzen sind vier solcher Paare vorhanden, von denen jedes rund 1300 P. S. leistet. Die Anordnung der Turbinen zu Paaren bezweckt die Aufhebung des Druckes in der Richtung der Achse. Jedes Turbinenpaar besitzt ein Schwungrad von rund 3 *m* Durchmesser und 3730 *kg* Gewicht, welches wegen der hohen Geschwindigkeit von 300 Umdrehungen in der Minute mit Draht umwickelt ist. Unmittelbar mit der Turbinenwelle sind Dynamos zur Erzeugung von Drehstrom gekuppelt; die Spannung ist 800 Volt, die Anzahl der Wechsel in der Minute 60. Die Erregermaschinen werden von zwei besonderen Turbinen mit wagerechter Achse betrieben. Die Anlage soll noch Transformatoren erhalten, welche die Spannung auf 11 000 Volt erhöhen. Schliesslich soll der Strom nach der Stadt Sacramento geleitet werden, die von der Kraftstation 39,4 *km* entfernt ist und dort zur Beleuchtung, sowie zum Betriebe von Maschinen und Strassenbahnen dienen.

Die Herstellung eines eisernen Dammes quer durch den Santa Anna River wird, wie «Stahl und Eisen» berichtet, in Süd Carolina geplant. Dieser Damm soll 30 *m* hoch werden, seine Herstellungskosten sind auf 400 000 Fr. veranschlagt.

Die Eisenkonstruktion besteht aus röhrenförmigen eisernen Trägern, die im Fundament so befestigt werden, dass sie dem grössten Druck widerstehen. Die eigentliche Fäche des Dammes ist aus zusammengenieteten Stahlplatten gebildet und durch einen entsprechenden Anstrich gegen Rost geschützt und wird eventuell noch mit einer Cementmauer versehen. Die Vorteile, welche dieser Ausführungsart nachgerühmt werden, sind: 1. Die Kosten sollen um mehr als die Hälfte kleiner sein als bei gemauerten Dämmen; 2. die zur Ausführung erforderliche Zeit ist so gering, dass man den Bau in einer Saison fertigstellen kann und 3. die eisernen Dämme können bei Erderschütterungen nicht so schnell zerstört werden, wie solche aus Mauerwerk. Es ist daher zu erwarten, dass eine ganze Menge derartiger Bauten von geringerem Umfang in der nächsten Zeit aus Eisen hergestellt werden.

Der Bedarf elektrischer Energie für die Pariser Weltausstellung im Jahre 1900 ist nach einer vorläufigen Schätzung auf etwa 20 000 P. S. festgestellt worden, wovon 8000 P. S. zu motorischen Zwecken und 12 000 P. S. zu Beleuchtungszwecken beansprucht werden. Die bezüglichen Betriebskosten werden auf annähernd 7 Millionen Fr. veranschlagt. Für die Pariser Ausstellung im Jahre 1889 waren insgesamt 9500 P. S. erforderlich, während die Weltausstellung in Chicago 20 000 P. S. für die Beleuchtung der Anlagen und 5000 P. S. für motorische Zwecke notwendig hatte.

Redaktion: A. WALDNER
32 Brandschenkestrasse (Selnau) Zürich.

Submissions-Anzeiger.

Termin	Stelle	Ort	Gegenstand
10. Oktober	Gemeindeamt	Eschenbach (St. Gall.)	Bau einer Gemeindestrasse von Ermenswil nach Lütschbach. Länge etwa 2 *km*. Voranschlag etwa 21 000 Fr.
10. »	Gemeindammannamt	Steinach (St. Gallen)	Bau der Strasse Gommenswil-Obersteinach. Länge rund 1100 *m*. Voranschlag 11 000 Fr.
28. »	Wilh. Martin, Architekt	Kreuzlingen (Thurgau)	Beton-, Steinhauer- und Schlosserarbeiten zu einer 60 *m* langen Garten-Einfriedung für Hrn. Dr. Nägeli in Ermatingen.
31. »	Ferd. Hurni, Gemeindspräsident	Sutz-Lattrigen (Bern)	Fassung einer neuen Quelle zum Reservoir der Gemeinde Sutz-Lattrigen nebst Anlage einer neuen Leitung von etwa 600 *m* Länge und Ausführung der am Reservoir nötigen Reparaturen.
31. »	Kant. Baudepartement	Luzern	Bau der Strasse Wiggen-Marbach-Schangnau. Länge insgesamt 2098 *m*, Vorausmass für Erdbewegungen 5280 m^3, Steinbett 1498 m^3, Bekiesung 1049 m^3, Mauerwerk 140 m^3.
5. Nov.	B. Bircher	Küblis (Graubünden)	Anlage eines neuen Wuhres links des «Schanielabaches» in einer Länge von 490 *m*.
7. »	Bureau des Oberingenieurs der Gotthardbahn	Luzern, Verwaltungsgebäude	Erd-, Maurer-, Steinhauer- und Verputzarbeiten für folgende Gebäude der Gotthardbahn Zug-Goldau: Auf dem Gemeinschaftsbahnhof Arth-Goldau: 1. Aufnahmsgebäude, 2. Bahndienstgebäude beim Maschinendepot, 3. Lokomotivremise, 4. Güterschuppen mit Bureaugebäude und Laderampe. Auf der Station Walchwyl: 1. Aufnahmsgebäude mit angebautem Güterschuppen und Laderampe, 2. Passagierabort mit Lampisterie.
31. Dez.	Fr. Bühlmann, Fürsprech	Grosshöchstetten (Bern)	Bau eines neuen Krankenhauses nebst Absonderungshaus oberhalb dem Dorfe Grosshöchstetten für die Krankenstube von Konolfingen.