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

Artikel: Zu der Abhandlung des Herrn Dr. Maurer über das Alpenglühen
Autor: Amsler-Laffon, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-19315

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: 25.07.2025

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.