

| | |
|---------------------|---|
| Zeitschrift: | Schweizerische Bauzeitung |
| Herausgeber: | Verlags-AG der akademischen technischen Vereine |
| Band: | 66 (1948) |
| Heft: | 40 |
| Artikel: | Ein Diagramm zur Beurteilung der Feuchtigkeits-Verhältnisse in rascher Luftströmung |
| Autor: | Rott, N. / Chaix, B. / Plaskowski, Z. |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-56807 |

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>

Projekte gezeigt. Bemerkenswert ist, dass die wertvolleren Projekte sich im allgemeinen auch in bezug auf den umbauten Raum in tragbaren Grenzen halten. Dies beweist, dass eine betrieblich und architektonisch gute Lösung auch in wirtschaftlicher Hinsicht vorteilhaft sein kann. Dies soll mit folgenden Zahlen charakterisiert werden:

Umbauter Raum: 1. Rang rund 14 000 m³
Kleinste Projekt 13 350 m³
Grösstes Projekt 21 850 m³

Bei der Beurteilung der Entwürfe war die Zahl der Stockwerke, ein, zwei oder drei Stockwerke, von untergeordneter Bedeutung. Das Preisgericht hat diejenigen Lösungen an die Spitze gestellt, welche in schultechnischer, architektonischer und wirtschaftlicher Hinsicht als die besten qualifiziert wurden.

Die oft gehörte Meinung, dass bei dreistöckigem Schulhaus viel weniger Bauland beansprucht werde, als beim zweistöckigen, trifft nicht zu. Die Anforderung an die Bauplatzgrösse richtet sich viel mehr nach der Zahl der Schüler, als nach der Zahl der Stockwerke.

Je mehr Schüler in einem Schulhause untergebracht sind, um so grösser sollte der Umschwung bemessen werden. Eine Spielwiese zum Beispiel wird dann, wenn sie im Verhältnis zur Benutzerzahl zu klein bemessen ist, bald sehr abgenutzt und nicht gut in Stand zu halten sein.

In Zahlen ausgedrückt und auf die Projekte in engster Wahl bezogen, ergeben sich folgende Werte:

| | Dreistöckige Anlage | Zweistöckige Anlage | Pavillon-System |
|---|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ueberbaute Fläche | 1800 m ² | 2100 m ² | 2810 m ² |
| Beanspruchtes Areal (Freiflächen und Bau) | rund 15 000 m ² | 15 500 m ² | 21 000 m ² |

Ein Diagramm zur Beurteilung der Feuchtigkeitsverhältnisse in rascher Luftströmung

DK 533.275 : 533.6.011.4

Von N. ROTT, B. CHAIX und Z. PLASKOWSKI, Institut für Aerodynamik E. T. H.
Prof. Dr. J. Ackeret zum 50. Geburtstag gewidmet

Immer wieder sind Messungen in Ueberschallkanälen durch das Auftreten von Kondensationsstössen erschwert worden. Erfahrungsgemäss tritt bei adiabatischer Expansion von feuchter Luft selbst bei starker Uebersättigung so lange keine Kondensation ein, bis die Schallgeschwindigkeit erreicht wird; erst im Ueberschallgebiet kondensiert der unterkühlte Dampf, wobei Stösse und damit oft starke Stossverluste auftreten.

Will man die Erscheinung der Kondensationsstösse näher untersuchen, so müssen zunächst Fragen folgender Art beantwortet werden: 1. Gegeben ist der Zustand der feuchten Luft in Ruhe. Bei welcher Machschen Zahl tritt Sättigung ein, wenn die feuchte Luft adiabatisch expandiert? 2. Wie gross ist die Uebersättigung bei weiterer adiabatischer Expansion, wenn keine Kondensation auftritt? 3. Eine gegebene Wassermenge fällt aus; die Fragen 1 und 2 sind für die neuen Verhältnisse zu beantworten. Zur raschen Behandlung dieser Aufgaben soll ein einfaches Diagramm angegeben werden.

Der Ruhezustand der feuchten Luft sei durch folgende Grössen gekennzeichnet: Ruhetemperatur θ_0 (°C) bzw. T_0 (°abs.), Ruhedruck p_0 , Partialdruck des Wasserdampfes p_{D_0} .

Für die adiabatische Expansion gilt bei den praktisch vorkommenden kleinen Wassermengen, dass der Adiabaten-Exponent des Gemisches gleich genommen werden kann wie für trockene Luft ($\alpha = 1,4$). Weiterhin wird sich in jeder Phase der Expansion der Dampfdruck p_D proportional zum Druck p des Gemisches verändern. Man darf also die Zustandsänderung des Wasserdampfanteiles allein betrachten, die vom Ruhezustand T_0 , p_{D_0} ausgeht, und bei der der Adiabatenexponent $\alpha = 1,4$ ist. Der Ruhedruck p_0 des Gemisches spielt dabei keine Rolle. T_0 und p_{D_0} sind somit die geeigneten Parameter für die graphische Darstellung.

Der Dampfdruck p_D verändert sich mit der Temperatur T des Gemisches nach dem Gesetz

$$(1) \quad \frac{p_D}{p_{D_0}} = \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha-1}}$$

Anderseits ist mit T auch die Machsche Zahl M des Gemisches gegeben:

$$(2) \quad \frac{T_0}{T} = 1 + \frac{\alpha-1}{2} M^2$$

Auf Grund der bekannten Dampfdruckkurve des Wassers kann nach Gl. (1) die Temperatur T_s bestimmt werden, bei der Sättigung eintritt, d. h. p_D gleich dem Sättigungsdruck p_s wird. (Für Temperaturen unter 0 °C wurde der Sättigungsdruck über Eis genommen.) Nach Gl. (2) folgt dann die zugehörige Machsche Zahl M_S . In Bild 1 sind in einem Koordinatensystem T_0 (bzw. θ_0), p_{D_0} Kurven $M_S = \text{konst.}$, sowie auch einige Kurven $T_s = \text{konst.}$ eingetragen. Der Gebrauch des Diagrammes sei an einigen Beispielen gezeigt.

Diese Zahlen zeigen, dass die Zahl der Stockwerke im Verhältnis zum Gesamtareal nicht von massgebendem Einfluss ist. Einzig das Pavillonsystem beansprucht wesentlich mehr Land.

Bei der Beurteilung der Situation ist Wert darauf gelegt worden, dass lange, starre Baumassen vermieden werden und dass die Bauten so angelegt sind, dass räumlich schöne Gebilde entstehen.

Diese Überlegungen, die sich aus dem Studium der eingereichten Entwürfe ergeben, führen zur Rangordnung und Verteilung der zur Verfügung stehenden Summen, wie sie bereits bekannt gegeben wurde (s. SBZ S. 447 lfd. Jgs.).

Das mit dem ersten Preis ausgezeichnete Projekt stellt eine vorzügliche Lösung der Bauaufgabe dar. Das Preisgericht empfiehlt, den Verfasser des erstprämierten Projektes mit der weiteren Bearbeitung der Bauaufgabe zu betrauen.

Chur, den 29. Juli 1948.

Das Preisgericht:

J. Reber, Präsident des Stadtschulrates, Chur, J. Conrad, Baukontrolleur, Chur, K. Kaufmann, Kantonsbaumeister, Arch., Aarau, Nic. Hartmann, Architekt, St. Moritz, Stadtrat H. Oetiker, Architekt, Zürich.

An den Sitzungen des Preisgerichtes haben mit beratender Stimme mitgewirkt: Der Ersatzmann Max Kopp, Architekt, Zürich, und die Mitglieder der Baukommission: Ernst Gyssler, Stadturhämmer, Chur, Lorenz Item, Lehrer, Chur, Jakob Schmid, Postinspektor, Chur. (Schluss folgt)

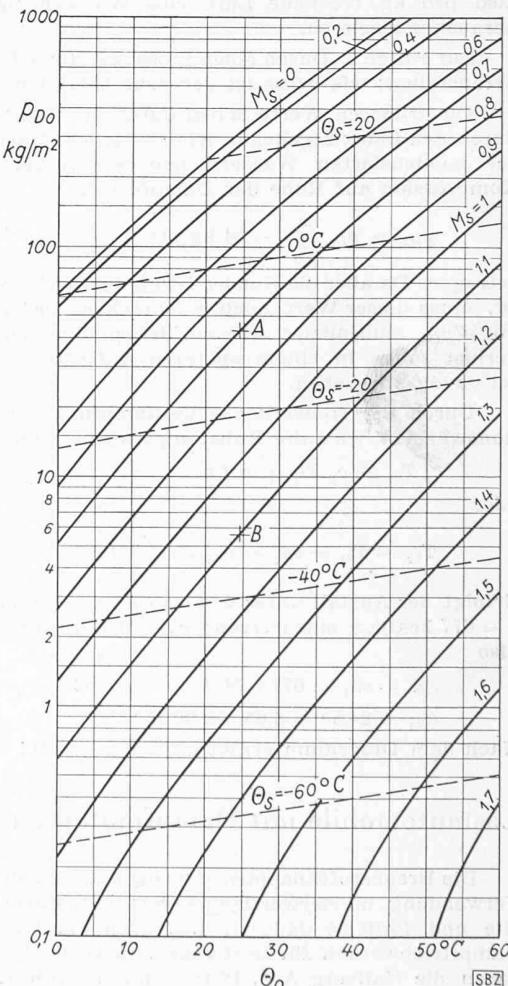


Bild 1. Diagramm zur Beurteilung der Feuchtigkeitsverhältnisse in rascher Luftströmung.
 θ_0 Temperatur im Ruhezustand
 p_{D_0} Partial-Druck des Dampfes im Ruhezustand
 M_S Mach'sche Zahl bei Sättigung
 θ_s Temperatur der strömenden Luft beim Erreichen der Sättigung
Punkte A und B beziehen sich auf die Beispiele

Beispiele:

Zur Frage 1. Gegeben der Zustand der atmosphärischen Luft:

$$p_a = 728 \text{ mm Hg} = 9900 \text{ kg/m}^2$$

$$\theta_a = 25,5^\circ \text{C}$$

$$\varphi = \frac{p_{D_a}}{p_{s_a}} = 43,5\%$$

Das Diagramm enthält auch die Dampfdruckkurve für ruhende Luft, d. h. $M_s = 0$, aus der $p_{s_a} = 333 \text{ kg/m}^2$ abgelesen werden kann; hieraus folgt:

$$p_{D_a} = 0,435 \cdot 333 = 145 \text{ kg/m}^2$$

Die Luft gelangt durch Drosselung in einen Windkanal mit kontinuierlichem Umlauf, in dem der Ruhezustand $p_0 = 299 \text{ kg/m}^2$, $\theta_0 = 24,5^\circ \text{C}$ herrscht. Der Dampfdruck im Ruhezustand ist dann

$$p_{D_0} = p_{D_a} p_0 / p_a = 43,8 \text{ kg/m}^2$$

Nach dem Diagramm wird im Kanal Sättigung erreicht bei einer Machschen Zahl $M_s = 0,8$ (Punkt A).

Zur Frage 2. Die absolute Feuchtigkeit x ist allgemein

$$x = \frac{R_L}{R_D} \frac{p_{D_0}}{p_0 - p_{D_0}} \approx 0,622 \frac{p_{D_0}}{p_0}$$

Für unser Beispiel ist also $x = 0,91\%$ oder $9,1 \text{ gr/kg}$.

Wir fragen, wie gross die Uebersättigung ist bei einer weiteren adiabatischen Expansion bis z. B. $M = 1,1$.

Wenn bei $M = 1,1$ gerade Sättigung erreicht werden sollte, so dürfte nach dem Diagramm p_{D_0} nur $5,6 \text{ kg/m}^2$ (entsprechend Punkt B) betragen, also x nur $0,12\%$. Das effektive x ist um $\Delta x = 0,91 - 0,12 = 0,79\%$ grösser; es kann also pro kg trockene Luft eine Wassermenge von $7,9 \text{ gr}$ heraus kondensieren.

Zur Frage 3. Durch einen Stoss soll $\Delta x = 0,2\% = 2 \text{ gr/kg}$ herausfallen; wie gross ist der neue Wert von M_s ?

Die früheren Werte sollen durch den Index 1, die neuen durch den Index 2 gekennzeichnet werden. Nach dem Entzug der kondensierten Wassermenge würde bei adiabatischer Kompression auf Ruhe der Dampfdruck

$$p_{D_{02}} = p_{D_{01}} \frac{x_2}{x_1} = 34 \text{ kg/m}^2$$

betrugen. Da aber die Kondensation durch einen Stoss erfolgt ist, muss dieser Wert noch entsprechend den Stossverlusten mit p_{02}/p_{01} multipliziert werden. Berechnungen über den Stossverlust sollen in einem späteren Aufsatz folgen; vorläufig sei davon abgesehen.

Durch die freiwerdende Verdampfungs- bzw. Sublimationswärme r wird die Ruhetemperatur erhöht:

$$c_p T_{02} = c_p T_{01} + r \Delta x$$

oder

$$T_{02} - T_{01} = \theta_{02} - \theta_{01} = \frac{r}{c_p} \Delta x$$

Erfolgt der Ausfall unter 0°C , so ist die Sublimationswärme $r = 677 \text{ kcal/kg}$ einzusetzen; $c_p = 0,24 \text{ kcal/kg}^\circ \text{C}$. Es wird also

$$\theta_{02} - \theta_{01} = 677/0,24 \Delta x = 5,65^\circ \text{C}$$

$$\theta_{02} = 24,5^\circ + 5,65^\circ = 30,15^\circ$$

Nach dem Diagramm ergibt sich $M_{s2} = 0,91$.

Lastautomobile mit Dampfmotorenantrieb

DK 629.113.2

Die Brennstoffknappheit zwang während des Krieges zur Verwendung minderwertiger Ersatzbrennstoffe für Automobile und förderte dadurch u. a. auch die Entwicklung von Dampftriebwerken für Lastwagen. In Deutschland arbeiteten daran die Hallberg AG., Pforzheim, und die Gebr. Sachsenberg AG., Rosslau. In Berlin hat sich nach dem Krieg die Berliner Dampfmotoren-Gesellschaft m. b. H. gebildet, die die Arbeiten von Obering. H. Butenuth weiterführt und zur Zeit zwei Typen von Dampftriebwerken für Lastautomobile in Verbindung mit den Demag-Motorenwerken baut, die eine von 110 PS indizierter Leistung bei 2000 U/min und 4,5 l Hubraum des vierzylindrigen Motors, die andere von 150 PS indizierter Leistung bei 1800 U/min und 7,7 l Hubraum.

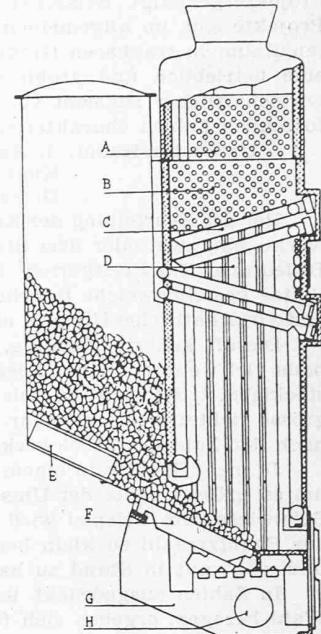
Der Dampfmotor weist vier vertikale Plungerkolben auf und arbeitet nach dem Gleichstromprinzip mit fester Füllung von rd. 10%. Einsitzige Einlassventile, die von der Nockenwelle über Stosstangen betätigt werden, steuern den Einlass, während der Auslass durch Schlitze in den Zylindern gebildet wird, die von den Kolben in der Nähe des unteren Totpunktes abgedeckt werden. Zur Leistungseinstellung drosselt der Führer den Frischdampf am Fahrventil. Der Motor ist sehr einfach; er gleicht in seinem Aufbau weitgehend einem gewöhnlichen Auto-Benzinmotor. Er arbeitet mit Frischdampf von 40 atü und 400 bis 450°C . Der Abdampf heizt zunächst in einem Wärmeaustauscher das Speisewasser und wird dann in einem luftgekühlten Kondensator verflüssigt, der wie der Kühler eines Automotors gebaut und angeordnet ist. Das Kondensat sammelt sich in einem Behälter; eine vom Motor direkt angetriebene Speisepumpe fördert es über den Abdampfvorwärmer und einen Rauchgasvorwärmer in den Kessel, der sich wie bei den bekannten Holzkohlen-Vergasern hinter dem Führerstand befindet.

Der aus Stahlrohren zusammengeschweißte La Mont-Kessel ist mit dem Kohlenbunker zusammengebaut (s. Bild). Als einziges Regelorgan enthält er einen besonders sorgfältig durchgebildeten Wasserstandregler. Gewicht und Raumbedarf sind gleich wie bei einem Kohlegasgenerator für gleiche Motorleistung.

Die Verbrennungsluft wird von einem Unterwind-Ventilator zugeführt, der wie die Speisepumpe und der Ventilator des Kondensators vom Motor aus direkt angetrieben wird. Dank dem kleinen Wasservorrat von nur 30 bis 60 l kann der Kessel in 10 bis 15 min angeheizt und der Wagen startbereit gestellt werden; sobald einige at Druck erreicht sind, lässt man den Motor leer laufen, um künstlich Verbrennungsluft zuzuführen und so den Druckanstieg zu beschleunigen.

Der Motor arbeitet mit normalem Schaltgetriebe, so dass er bei Schaltung auf kleine Fahrgeschwindigkeit ein sehr hohes Drehmoment erzeugt. Eine eingehende Beschreibung findet sich in der «Automobiltechnischen Zeitschrift» Nr. 3 vom Mai/Juni 1948. Der Verfasser berichtet dort auch über Entwicklungsarbeiten an einem La Mont-Speicherkessel mit Diphyl oder Salz als Wärmespeicher, die während des Krieges durchgeführt wurden. Das vom Feuer geheizte Salzbad kann auf eine sehr hohe Temperatur gebracht werden, die durch einen Thermostaten nach oben begrenzt wird; es bleibt ohne Druck und ergibt gegenüber Wasser eine rund dreimal höhere Wärmespeicherung bei gleichem Gewicht. Es gleicht die im Fahrbetrieb unvermeidlichen Unterschiede zwischen Wärmeanfall aus der Feuerung und Wärmebedarf des Motors aus und verbessert so das Betriebsverhalten. Als Dampferzeuger genügt eine im Salzbad liegende Rohrschlange, der stets nur soviel Speisewasser zugeteilt wird, als der Motor an Dampf braucht. Ueberhitzen des Einrohrkessels ist ausgeschlossen. Der Dampfüberhitzer und der Rauchgas-Speisewasservorwärmer werden selbsttätig von den Rauchgasen direkt bestrichen. Da der ganze Behälter für das Speichermedium und die Feuerungsummantelung aus dünnem Blech zusammengeschweißt werden können, ergibt sich eine einfache und leichte Bauweise.

Der grosse Vorteil derartiger Dampftriebwerke besteht in der hohen Anpassungsfähigkeit an verschiedene Brennstoffe und im Schutz des Motors vor Verunreinigungen. Geeignet sind vor allem Stein- und Braunkohlen, sowie Schmelz- und Schwelkokse.



Dampferzeuger u. Kohlenbunker
 A Rauchgasvorwärmer, B Ueberhitzer, C Quersiederohre, D Verdampferrohre, E Kohlenschieber, F Rost, G Aschkasten, H Oeffnung für Verbrennungsluft