

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97/98 (1931)
Heft: 6

Inhaltsverzeichnis

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: 14.01.2026

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

INHALT: Ein neuer Hauptsatz und ein neues Wärmediagramm für reale Gase und Dämpfe. — Ueber moderne Grundwasserfassungen. — Der elektrische Antrieb von Kirchenglocken nach System Knell. — Vom Urheberrecht des Architekten. — Erweiterung des Kinderspitals Zürich. — Mitteilungen: Der Quecksilberdampf-

Gleichrichter im Dienste der Elektrolyse. Der Segelflug in Deutschland im Jahre 1930. Neues Hochdruck-Dampfkraftwerk in der Tschechoslowakei. Eidgenössische Kommission für angewandte Kunst. — Nekrolog: Alfons Zollinger. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 97

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich.
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 6

Ein neuer Hauptsatz und ein neues Wärmediagramm für reale Gase und Dämpfe.¹⁾

Von Ing. ERICH J. M. HONIGMANN, Wien.

I. REALE GASGLEICHUNGEN UND FOLGERUNGEN.

Die bisherigen Formen der Zustandsgleichungen der Gase und Dämpfe, die primär von den Zustandsgrößen Druck P , Volumen V und Temperatur T ausgehen

$$F(P, V, T) = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

gelangen zu keinem befriedigenden, einfachen Ergebnis. Auf Grund verschiedener Ueberlegungen kann dagegen erwartet werden, dass die Gesetze, die die Arbeitsfähigkeit L eines Gases in Abhängigkeit von Wärmeinhalt J und der inneren Energie U darstellen

$$F(L, J) = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

$$F(L, U) = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

besonders einfach sein müssen.

Die Arbeitsfähigkeit eines Gases wird dargestellt durch das Produkt aus Druck und arbeitsfähigem Volumen

$$L = PV \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

Dieses Volumen besteht aus dem um das Eigenvolumen b der Moleküle vermindernden Gesamtvolumen v :

$$V = (v - b).$$

Die Grösse b braucht für Drücke unterhalb des kritischen nicht berücksichtigt zu werden. Bei Drücken oberhalb des kritischen wurde b mit guter Näherung als Konstante gefunden. Die beste Uebereinstimmung mit den realen Gasgleichungen wurde bei Luft mit

$$b = v_k/3$$

erzielt, was der Grösse des Covolumens nach von der Waals entspricht. Die Gleichungen vom Aufbau (2) und (3) für reale Gase und Dämpfe lauten

$$d(PV) = \frac{n-1}{A_n} dJ \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

$$d(PV) = \frac{n-1}{A} dU \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

A ist der Wert von 1 kgm in kcal ($A = 1/427$), n stellt den Exponenten der Adiabate vor (siehe Gl. 11).

Die Gleichungen (5) und (6) lassen sich unter der Annahme

$$n = \text{konst.} \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

integrieren und erfassen die Zustandsgebiete der gesättigten und überhitzen Dämpfe wenn

$$0 \leq P \leq P_k \quad \dots \dots \dots \quad b = 0$$

$$P_k \leq P \leq 5P_k, (J > J_k) \quad \dots \dots \dots \quad b = v_k/3 \text{ bei Luft.}$$

Sie gelten nicht für feste Körper und Flüssigkeiten, besonders wenn die Annahme $n = \text{konst.}$ gemacht wird, da bei diesen Aggregatzuständen n variabel ist.

Für das ideale Gas ist $n = c_p/c_v = \text{konst.}$ und $c_p = \text{konst.}$ Es stellt somit, wie zu erwarten war, den Grenzfall des realen Gases dar.

Die Zustandsgleichung für das reale Gas lässt sich unter Zuhilfenahme der allgemeinen thermodynamischen Beziehung für $c_p - c_v$ finden. Sie lautet:

$$\frac{n}{n-1} P \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_v - \frac{1}{n-1} V \left(\frac{\partial T}{\partial V} \right)_P = T \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

Für $n = \text{konst.}$ ergibt sich daraus die allgemeine Lösung

$$TV^{n-1} = g_1 \left(\frac{T}{P^n} \right) \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

Für die spezifische Wärme bei konstantem Druck lässt sich ableiten²⁾

$$c_p = g_2 \left(\frac{T}{P^n} \right) \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

¹⁾ Dieses Thema wurde vom Verfasser erstmalig in einem Vortrage im Rahmen der deutschen Physiker- und Mathematiker-Tagung in Königsberg (Preussen) am 6. September 1930 öffentlich behandelt.

Die Adiabaten sind dargestellt durch die bekannten Gleichungen

$$PV^n = \text{konst.}, \quad TV^{n-1} = \text{konst.}, \quad TP^{-\frac{n-1}{n}} = \text{konst.} \quad (11)$$

während man für die Entropie die Differentialgleichung

$$dS = c_p d \left(\lg \frac{T}{P^n} \right) \quad \dots \dots \dots \quad (12)$$

erhält, woraus sich mit der Gl. (10) die allgemeine Lösung findet:

$$S = g_3 \left(\frac{T}{P^n} \right) \quad \dots \dots \dots \quad (13)$$

II. EMPIRISCHE KONTROLLE.

Die realen Gasgleichungen, die Annahme einer Konstanz der Grösse n und die allgemeinen Folgerungen, wie sie z. B. die Gl. (12) und (13) darstellen, wurden empirisch an Hand zahlreicher Diagramme geprüft.³⁾ Der Vorgang dieser Kontrolle sei kurz angedeutet.

Sind Gl. (5) und Gl. (6) und die Annahme (7) in der Natur erfüllt, so müssen alle Zustandspunkte eines überhitzen und gesättigten Dampfes in einem PV -Diagramm auf einer Geraden liegen. Dies trifft für die bisher untersuchten Dämpfe und Zustandsgebiete tatsächlich zu. Die Abweichungen von je einer mittlern Geraden waren unbedeutlich und können auf ungenaue Auswertung von Versuchsergebnissen und deren experimentell bedingte Fehlerquellen zurückgeführt werden.

Ahnlich lässt sich die Gültigkeit der Gleichungen

(9) und (10) überprüfen. In $TP^{-\frac{n-1}{n}}$ - TV^{n-1} - und $TP^{-\frac{n-1}{n}} - c_p$ -Diagrammen müssen alle Zustandspunkte auf einer stetigen Linie liegen, die den funktionalen Zusammenhang g_1 und g_2 darstellt. Bei den letztgenannten Diagrammen sind von vorneherein grössere Abweichungen zu erwarten, da die Bestimmung der spezifischen Wärmen zu den schwierigsten Aufgaben der Versuchstechnik gehört und die Ergebnisse von Forscher zu Forscher beträchtliche Unterschiede aufweisen. Die Abweichungen von je einer stetigen Linie waren dennoch kleiner als jene der Werte einzelner Forscher untereinander.

Bisher wurden untersucht: Gesättigter und überhitzer Dampf von Wasser, Kohlendioxyd, Luft, Ammoniak, Schwefeldioxyd und Chlormethyl. Zur Kontrolle wurden die Versuchsergebnisse möglich zahlreicher Forscher herangezogen. Die Prüfung ergab eine gute für technische Zwecke in hohem Masse genügende Bestätigung der Voraussagen und Annahmen.

III. DIE CALLENDARSCHEN GLEICHUNGEN FÜR WASSERDAMPF.

Der leider zu früh verschiedene Prof. H. L. Callendar ging ebenfalls von der Ansicht aus, dass zwischen Druck, Volumen und Wärmeinhalt, bzw. innerer Energie, ein ganz einfacher funktionaler Zusammenhang bestehen müsse. Er ging auch von den Gleichungen (6) und (7) aus und erhielt auch für den Wärmeinhalt eine Gleichung, die nur unwesentlich von Gl. (5) abweicht. Auch die Beziehung (10) für die spezifische Wärme wurde von Callendar angegeben. Im Gegensatz zu vorliegender Untersuchung nahm er auch im untermkritischen Gebiete ein Covolumen b an, das aber

²⁾ Die Ableitung der Gl. (9) und (10) aus den realen Gasgleichungen wurde erstmalig von Hon.-Dozent Dr. F. Knoll, Wien, angegeben.

³⁾ Diese Diagramme wurden nach einer grösseren Anzahl von Tabellen gezeichnet. Sie enthalten rund 25 000, meist siebenstellige Einzelwerte, von denen rund 18 000 für die vorliegende Untersuchung neu berechnet werden mussten. Einige Diagramme sind veröffentlicht: E. J. M. Honigmann, Reale Gase und Dämpfe, Z. d. Oesterr. Ing.-u. Arch.-Vereins, Wien, Bd. 82, S. 403 bis 406, 1930, Nr. 47/48, Tafel XIX und XX.