

Leybold Vakuum-Taschenbuch

Herausgegeben von

K. Diels und R. Jaeckel

Mit 233 Abbildungen im Text
und auf einer Tafel



Springer-Verlag
Berlin Heidelberg GmbH

1958

ISBN 978-3-662-12267-9 ISBN 978-3-662-12266-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-12266-2

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten
Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es auch nicht gestattet,
dieses Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege
(Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen
© by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1958
Ursprünglich erschienen bei Springer-Verlag OHG., Berlin/Göttingen/Heidelberg 1958
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1958**

**Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in
diesem Buche berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme,
daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung
als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.**

Geleitwort

Die Vakuumtechnik im allgemeinen und die Hochvakuumtechnik insbesondere sind durch die schnell fortschreitende Entwicklung im letzten Jahrzehnt zu einem Arbeitsgebiet geworden, dessen Beherrschung immer mehr Spezialwissen erfordert. Dieses Spezialwissen bezieht sich nicht nur auf den Umgang mit Pumpen und Meßinstrumenten, sondern auch auf viele physikalisch-chemische und Festkörper-Probleme, die gemeistert werden müssen, da sonst auch die beste Pumpe nicht die gewünschten Ergebnisse bringen kann. Umgekehrt haben die vertieften Kenntnisse das Vordringen in Druckgebiete erlaubt, die noch vor wenigen Jahren als technisch unzugänglich betrachtet wurden.

Ich bin sicher, daß die Autoren des Vakuumtechnischen Taschenbuches den Dank aller Benutzer für das mit großem Fleiß und großer Sorgfalt zusammengetragene und kritische Material ernten werden, und es ist für mich zugleich eine Freude, daß der Name meines Hauses mit diesem Taschenbuch verbunden ist.

Köln, Januar 1958

M. Dunkel

Vorwort

In den letzten Jahrzehnten ist in der Vakuumtechnik der Schritt von der rein empirischen Behandlung der Probleme zu einer technischen Wissenschaft mit quantitativer Bearbeitung der anstehenden Fragen erfolgt. Die heute für die zahlenmäßige Berechnung von Vakuumanlagen und Vakuumaufgaben erforderlichen Unterlagen sind aber über eine Vielzahl in- und ausländischer Zeitschriften, Buchveröffentlichungen und Firmenkatalogen verstreut. Infolgedessen ist es für den einzelnen mühevoll, zeitraubend und äußerst schwierig, die notwendigen Zahlenangaben aufzufinden. Daher erschien eine Zusammenstellung des für den Gebrauch notwendigen Zahlenmaterials in der selben Weise nützlich, wie dies in anderen Disziplinen schon mit gutem Erfolg geschehen ist. Es ist uns klar, daß solche erste Sichtung noch mit Mängeln behaftet sein wird. Wir wären den Fachkollegen für zweckdienliche Hinweise und Zurverfügungstellung von Zahlenangaben dankbar.

Als Sachgebiete, über die wir Unterlagen in dem vorliegenden Büchlein zusammengetragen haben, sind zu nennen: die gaskinetischen Vorgänge, der Einsatz und die Behandlung von Vakuumpumpen und Vakuummeßinstrumenten, die Berechnung und Dimensionierung von Leitungen und Daten über Hochvakuumverfahren (auch hier erschien uns heute schon eine Zusammenstellung des greifbaren Materials nützlich).

Bezüglich der Werkstoffe existieren schon zahlreiche, sehr gute Monographien, die sich aber im wesentlichen auf den Röhrenbau¹ beziehen. Da das vorliegende Taschenbuch aber sowohl für den Röhrenbauer als auch für den Verfahrenstechniker gedacht ist, halten wir eine auszugsweise Zusammenfassung der Daten über Werkstoffe für die Röhrentechnik zusammen mit dem bereits vorliegenden Material für die Verfahrenstechnik für zweckmäßig. Dabei haben wir bewußt davon Abstand genommen, Extremwerte, die irgendwann einmal unter besonderen Bedingungen erreicht wurden, aufzunehmen, und uns bewußt auf das durch Erfahrung Gesicherte beschränkt.

¹ Hierzu gehört auch Band 2 der „Tabellen für Elektronenphysik, Ionenphysik und Übermikroskopie“ von MANFRED VON ARDENNE, der im Kapitel D eine vorzügliche und umfassende Zusammenstellung hochvakuumtechnisch wichtiger Zahlenwerte bringt.

Aus diesem Grunde haben wir auch davon abgesehen, den heute noch in lebhafter Entwicklung befindlichen Sachgebieten (Ionenpumpe, Getterpumpe usw.) sowie den extrem niedrigen Drucken unter 10^{-9} Torr besondere Abschnitte zu widmen. Wir haben diese Fragen nur gelegentlich am Rande gestreift.

Wegen ihrer besonderen Bedeutung wurde der Gasabgabe und Gas-
aufzehrung ein eigenes Kapitel gewidmet.

Ein ausführliches Literaturverzeichnis soll die Auffindung des hier aus
Raumgründen nicht gebrachten Materials erleichtern.

Da es heute schon für den einzelnen sehr schwierig ist, das gesamte, im
vorliegenden Taschenbuch behandelte Gebiet zu übersehen, haben wir
uns bei der Zusammenstellung und Ausarbeitung auf die Hilfe unserer
Mitarbeiter gestützt, denen allen auch an dieser Stelle für ihre Mühe
gedankt sei. Es handelt sich im einzelnen um die Herren BÄCHLER,
VOM BERG, ESCHBACH, FLORIN, GROSS, HOLLÄNDER, MIRGEL, PEPPERLE,
RETTINGHAUS, REYLANDER, SCHITTKO, STRIER, THEES und TREUPEL.
Unser besonderer Dank gilt Herrn Dr. MANFRED DUNKEL für wert-
volle Anregungen und Hinweise sowie für die Zurverfügungstellung des
bei der Firma Leybold vorliegenden Materials. Zum Schluß möchten
wir es nicht versäumen, auch dem Springer-Verlag für sein Verständnis
für unsere Wünsche und die Notwendigkeiten bei der Drucklegung die-
ses Büchleins zu danken.

Köln und Bonn, im Januar 1958

K. Diels und R. Jaeckel

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Zusammenstellung wichtiger gaskinetischer Formeln und Tabellen	1
2. Allgemeine Begriffe und Symbole der Vakuumtechnik	11
3. Richtlinien für die Pumpenauswahl	17
4. Der Gasballast	38
5. Absaugen von Dämpfen; Kondensoren	44
6. Dampffallen (Baffles)	52
7. Strömungswiderstände	54
8. Vakuum-Zubehör	64
9. Nomographische Darstellung der Vorgänge in Vakuumapparaturen	86
10. Vakuum-Meßinstrumente, Undichtigkeiten und Lecksuchgeräte	90
11. Hochvakuumverfahren	102
1. Aufdampfen dünner Schichten	102
2. Metallurgie	102
3. Imprägnierung	110
4. Feinvakuumdestillation	115
5. Gefriertrocknung	118
12. Werkstoffe, Dampfdrucke, Siedepunkte, Schmelzpunkte, Gasdurchlässigkeit usw.	121
13. Gasabgabe und Getterung	168
a) Gasabgabe von festen Stoffen	168
b) Gasabgabe von hochsiedenden Flüssigkeiten	180
c) Gasaufzehrung durch Getter	185
14. Anwendungsgebiete von Hochvakuum pumpen und -anlagen	191
15. Thermodynamik der Düsenvorgänge und Überschallströmung	198
Literaturverzeichnis	212
Sachverzeichnis	265

Formelzeichen

A	Stoßzahl der Moleküle auf die Wand pro Zeit- und Flächeneinheit [1/sec cm ²].	p	Druck [Torr].
a	Stoßradius [cm].	p_{at}	Atmosphärendruck [Torr].
a_{∞}	Stoßradius bei $T = \infty$ [cm].	p_d	Dampfdruck [Torr].
B	Gasballast [Torr · l/sec].	p_e	Enddruck [Torr].
C_v	Molwärme bei konstantem Volumen [cal/grad Mol].	p_g	Gasdruck [Torr].
c	Schallgeschwindigkeit.	p_H	Ansaugdruck der Hochvakuumpumpe [Torr].
c_{FI}	Volumkonzentration des gelösten Gases in Flüssigkeit.	p_S	Sättigungsdruck [Torr].
c_G	Volumkonzentration des gelösten Gases in der Gasphase.	p_V	Vorvakuumdruck auf der Saugseite der Vorpumpe [Torr].
d	Durchmesser der Saugleitung [cm].	$\frac{dp}{dt}$	Auspumpgeschwindigkeit [Torr/sec].
E_A	Absorptionswärme.	q	zugeführte Wärmemenge.
F	Querschnitt [cm ²].	R	Gaskonstante [erg Mol/grad].
G	Durchflußmenge [g/sec].	r	Molekülradius (cm).
H	Wärmetönung.	S	Sauggeschwindigkeit [l/sec].
i	spezifische Enthalpi.	S_H	Sauggeschwindigkeit der Hochvakuumpumpe [l/sec].
K	(= $S_k \cdot p$) Saugleistung des Kondensors [Torr l/sec].	S_K	Sauggeschwindigkeit des Kondensors [l/sec].
k	BOLTZMANNsche Konstante [erg/grad].	S_V	Sauggeschwindigkeit der Vorpumpe [l/sec].
L	Leitwert [l/sec].	$\frac{S}{F}$	Spezifische Sauggeschwindigkeit [l/sec cm ²].
l	Länge [cm].	$S \cdot p$	Saugleistung [Torr · l/sec].
M	Molekulargewicht bzw. Mach-Zahl.	T	Absolute Temperatur [grad].
m	Molekülmasse [g].	T_v	SUTHERLANDSche Konstante [grad].
n	Zahl der Moleküle je cm ³ [l/cm ³].	t	Auspumpzeit [sec].
n_c	Zahl der Moleküle je cm ³ , deren Geschwindigkeit größer ist als die Geschwindigkeit c [l/cm ³].	U	Umfang eines Querschnitts [cm].
n_{rs}	Zahl der Moleküle je cm ³ , deren Geschwindigkeit größer ist als die relative Stoßgeschwindigkeit [l/cm ³].	V	Schöpfraumvolumen [cm ³].
		v	Spezifisches Volumen [cm ³ /g].
		W	Strömungswiderstand [sec/l].
		w	Mittlere Geschwindigkeit der Moleküle [cm/sec] oder Dampfgeschwindigkeit.

VIII

Formelzeichen

w_x	X-Komponente der Geschwindigkeit [cm/sec].	z	Stoßzahl; Anzahl der Zusammenstöße, die ein Molekül im Durchschnitt in einer sec erleidet [1/sec].
w_{\max}	Wahrscheinlichste Geschwindigkeit [cm/sec].		
α	Akkomodationskoeffizient.	λ_∞	Mittlere freie Weglänge bei $T = \infty$ [cm].
$\Gamma = \frac{c_{Fl}}{c_G}$	OSTWALDScher Löslichkeitskoeffizient.	λ	Wärmeleitfähigkeit [cal/grad cm sec].
η	Reibungskoeffizient, Zähigkeit [g/sec cm].	μ	Gesamtmasse je Zeit- und Flächeneinheit [g/sec cm ²].
$\varkappa = \frac{C_p}{C_v}$	Verhältnis der Molwärmern.	ν	Tourenzahl [1/sec].
$\bar{\lambda}$	Mittlere freie Weglänge [cm].	ϱ	Gasdichte [g/cm ³].