

B-26

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT LUDWIGSHAFEN/RAHME  
Technischer Prüfstand Oppau.

Kurzbericht Nr. 28.

Über

Widerstandsmessungen an Butyl-Kontakt bei Niederdruck.

Abgeschlossen am 14. Mai 1943. L.

Bearbeiter: Dr.-Ing. Gg. Kling

Die vorliegende Ausfertigung enthält  
5 Textblätter, 2 Bildblätter.

11080

Widerstandsmessungen an Butyl-Kontakt bei Niederdruck.

1. Einleitung.

Die Widerstandsbeiwerte zur Berechnung der Druckverluste von Kontaktöfen können in einfacher Weise bei Niederdruck mit Luft gemessen werden und dann mittels der Ähnlichkeitsgesetze auf die Verhältnisse bei Hochdruck übertragen werden. Dieser Weg hat den Vorteil, mit genauen Messinstrumenten arbeiten zu können und genau bekannte Stoffwerte zu haben, sodaß sich in weitem Re-Bereich zuverlässige Kurven der  $\xi$ -Werte darstellen lassen. Es ist natürlich verständlich, daß immer wieder Zweifel auftauchen, ob eine Übertragung der Niederdruckmessungen auf einige hundert Atmosphären bei ganz anderen Gasen oder sogar Flüssigkeiten richtig ist. Im Rahmen der Kontaktmessungen, die Dr. Steinheil an den Butylöfen in Op 633 durchführt, wurde daher beschlossen, Druckverlustmessungen am gleichen Kontakt einmal bei Hochdruck, andermal bei Niederdruck vorzunehmen.

2. Apparatur und Auswertungen.

Die Versuchsapparatur, die bereits für zahlreiche Wärmeübergangs- und Druckverlustmessungen Verwendung fand, ist in Blatt 1 dargestellt. Die Kontakte werden in das Rohr von 100 mm  $\phi$  zwischen zwei Sieben in 500 mm Abstand eingefüllt. Der Kontakt wird von Luft durchströmt, deren Menge in mehreren sehr genau geeichten Blenden gemessen wird. Der Druckabfall bzw. die Absolut-

drücke vor und nach der Kontaktschicht werden aus jeweils vier Bohrungen über eine Ringleitung entnommen und mit U-Rohren oder Manometern ermittelt (Der Dampfmantel war bei den vorliegenden Versuchen natürlich nicht beheizt).

Aus den Versuchsabmessungen können die Reynoldsschen Zahlen  $Re$  bzw. die Widerstandsbeiwerte nach folgenden Formeln berechnet werden:

$$Re = \frac{G \cdot d_k}{\gamma_1 \cdot 3600 \cdot g \cdot \nu} \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot g \cdot 3600^2 \cdot \nu^2 \cdot d_k \cdot \gamma_m \cdot \Delta P}{1 \cdot G^2} \quad (2)$$

wobei bedeuten:

$G$	= durchströmende Luftmenge	kg/h
$d_k$	= Kontaktabmessung	m
$f_1$	= freier Rohrquerschnitt = 0,00785	m <sup>2</sup>
$g$	= Erdbeschleunigung = 9,81	m/sec <sup>2</sup>
$\nu$	= dynamische Zähigkeit	$\frac{kg \cdot sec}{m^2}$
$l$	= Höhe der Kontaktschicht = 0,5	m
$\gamma_m$	= spezifisches Gewicht der Luft, bezogen auf den mittleren Druck und die mittlere Temperatur innerhalb der Kontaktschicht	kg/m <sup>3</sup>
$\Delta P$	= Druckabfall der Luft über der Kontaktfüllung.	kg/m <sup>2</sup>

### 3.) Versuche mit Butylkontakt.

Es wurden drei Kontaktsorten der Nenngößen 9,5 und 3 mm untersucht. Die Kontakte sind sehr gleichmäßig gepresste, scharfkantige Zylinder. Beim 3 mm Kontakt sind die Stirnseiten

Gerade, beim 5 und 9 mm Kontakt sind die Stirnseiten leicht gewölbt. An je 20 Kontaktkörnern wurde der Durchmesser und die axiale Länge bestimmt (die beide fast gleich sind) und die Kontaktabmessung  $d_k$  als Mittelwert beider Messungen bestimmt zu durchschnittlich  $d_k = 9,75 / 5,30 / 3,02$  mm. Es wurde je eine Hand voll Kontakte gegriffen und ins Rohr gelagt. Das gefüllte Rohr wurde nochmals leicht geklopft und nachgefüllt. Nach den Versuchen war der Kontakt unbeschädigt und auch nicht in sich zusammengesunken. Es wurde nur wenig Kontaktstaub ausgeblasen, am meisten noch beim 3 mm Kontakt.

Die Meßergebnisse sind in Blatt 2 graphisch dargestellt. Sie umfassen das weite Gebiet Reynoldsscher Zahlen von  $10^2$  bis  $1,6 \cdot 10^4$ . Die Messungen liegen vorwiegend im Gebiet turbulenter Strömung, der beginnende Umschlag zum laminaren Gebiet ist durch einen Pfeil angedeutet. Die  $\xi$ -Werte des 5 und 9 mm Kontaktes sind im turbulenten Gebiet fast gleich. Sie liegen übrigens sehr viel höher als die Werte, die der Verfasser an 12 mm zylindrischen Kohlekontakten mit abgerundeten Kanten gemessen hat. x) Scheinbar ist bei den vorliegenden scharfkantigen Zylindern eine weit höhere Turbulenz vorhanden, was sich auch in der geringen Neigung der Geraden ausdrückt. Die Gerade des 3 mm Kontaktes liegt dagegen niedriger und verläuft auch steiler.

Die Messungen von Dr. Steinheil (siehe Aktennotiz Stickstoff-Abteilung Op vom 14. 4. 1943) sind bei 320 atü und  $15^\circ\text{C}$  mit Butylkreislaufgas durchgeführt. Sie umfassen den Bereich von  $Re = 10^3$  bis  $10^4$ . Ein Vergleich bei  $Re = 10^4$  gibt

nach	Dr. Steinheil	eigenen Messungen
für 9 mm Kontakt	$\xi = 43,7$	43
" 5 " "	$\xi = 39$	43
" 3 " "	$\xi = 45$ bis 24	25

Dazu ist noch zu bemerken, daß die  $\xi$ -Werte von Dr. Steinheil bei

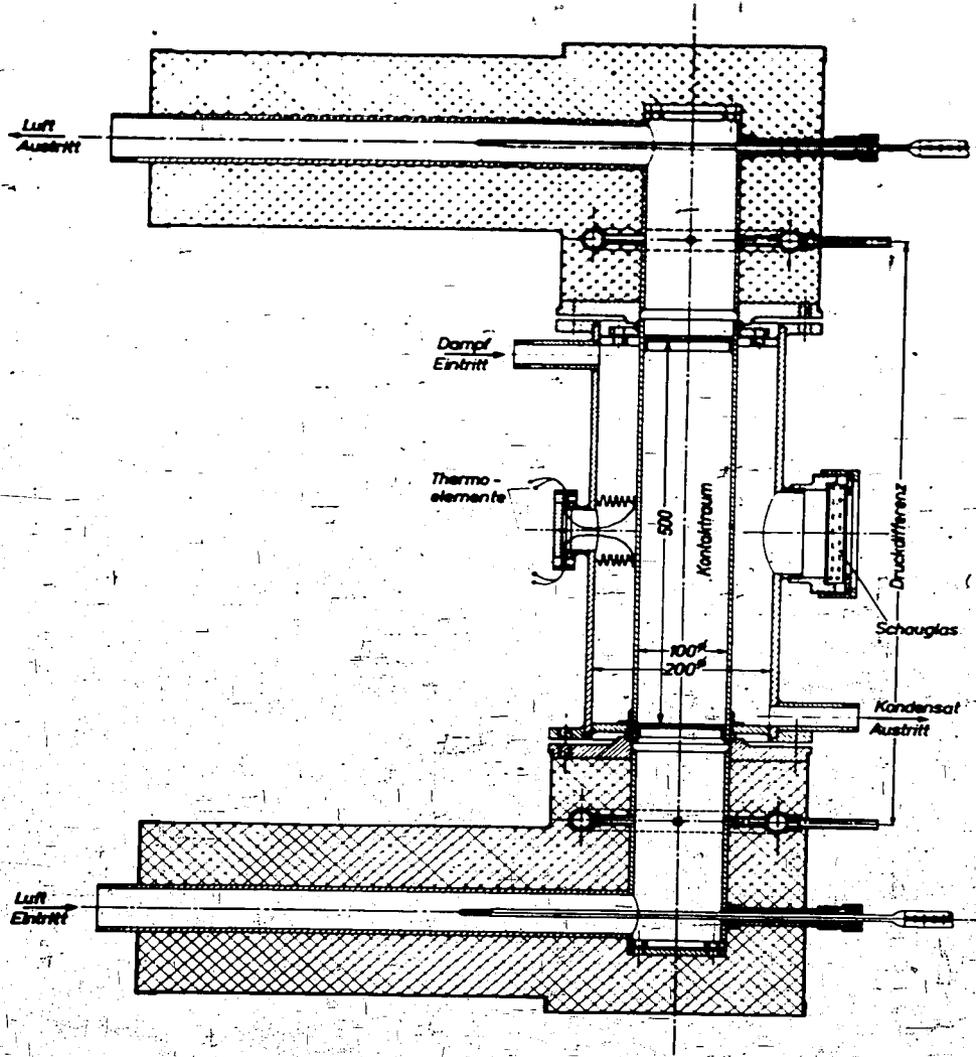
x) Z. Zt. sind noch Versuche im Gange, durch Brechen der Kanten am 9 mm-Kontakt evtl. eine Verkleinerung des Strömungswiderstandes herbeizuführen.

9 und 1 am Kontakt für nicht ausgeblästen Kontakt gelten (der allerdings auch nur wenig Staub enthält). Beim 3 am Kontakt gilt die obere Trenne für nicht ausgeblästen, die untere Grenze für sehr sorgfältig ausgeblästen Kontakt. Der Wert 75 der eigenen Messungen wurde also nicht ganz entstaubtem Kontakt nach Dr. Steinheil entsprechen, was auch tatsächlich der Fall ist.

Die Übereinstimmung der Hochdruck- und der Niederdruckmessungen ist nach diesem Vergleich als sehr gut anzusehen. Die bestehenden Unterschiede sind ganz natürlich gegeben durch verschiedene Dichten der Lagerung und Kontaktstaubbeimengungen. Das Ergebnis ist zweifellos eine hervorragende Bestätigung des Reynoldsschen Ähnlichkeitsgesetzes für das 300-fache Druckverhältnis und für zwei grundverschiedene Gase. Wie nunmehr bereits mehrere Druckverlustmessungen gleicher Art (siehe Kurzberichte Dr. Klin Nr. 7 und 8) an verschiedenen Schüttungen zeigen, ist es sehr wohl möglich, aus einer laboratorienmäßig ermittelten  $\xi$ -Re-Kurve den Strömungswiderstand der gleichen Schüttung nach den Formeln (1) und (2) für jeden Betriebsfall vorauszuberechnen.

G. Kling

Apparatur zur Bestimmung des Strömungswiderstandes  
und des Wärmeüberganges an Kontakte



11085

Widerstandsbeiwerte  $\xi$   
von Butylkontakten

