

1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11.12.13.14.15.16.17.18.19.20.21.22.23.24.25.26.27.28.29.30.31.32.33.34.35.36.37.38.39.40.41.42.43.44.45.46.47.48.49.50.51.52.53.54.55.56.57.58.59.60.61.62.63.64.65.66.67.68.69.70.71.72.73.74.75.76.77.78.79.80.81.82.83.84.85.86.87.88.89.90.91.92.93.94.95.96.97.98.99.100.

Technischer Prüfstand 9,199.

Kurzbericht Nr. 8

Störungswiderstand von Ameriakontakt.

Abgeschlossen am 5. Juni 1941.

Die vorliegende Ausfertigung enthält
5 Blätter, davon 1 Schaublatt.

Sachbearbeiter: Dr.-Ing. Gg. Kling.

Verteiler:

- 1 Herrn Dir. Dr. Lappe
- 2 Herrn Dr. Göggel
- 3 Herrn Obering. Mann
- 4 Herrn Dipl. Ing. Gützer
- 5 Herrn Dr. Pfundt
- 6 Herrn Dr. Kling
- 7-10 Techn. Prüfstand.

Der Strömungswiderstand von Kontaktschüttung.

Der Strömungswiderstand in einer Kontaktschüttung ist nach den allgemeinen Strömungsgesetzen durch Schüttstoffe anzusetzen als:

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{l}{d_k} \quad (1)$$

wobei der Widerstandsbeiwert ξ eine Funktion der Reynoldszahlen Zahl Re ist:

$$\xi = f(Re) = f\left(\frac{w \cdot \rho \cdot d_k}{\eta \cdot g}\right) \quad (2)$$

Dabei bedeuten:

Δp	= Druckverlust über der Schüttung		m/sec. ²
ρ	= spezif. Gewicht	} des strömenden Mediums bei mittlerem Druck und mittlerer Temperatur im Schüttelraum.	kg/m ³
η	= dynam. Zähigkeit		kg/sec. m ²
w	= Strömungsgeschw. (bezogen auf den leeren Gefäßdurchschnitt.)		m/sec.
g	= 9,81		m/sec. ²
l	= Höhe der Schüttung		m
d_k	= Korndurchmesser		m

Die Gleichungen (1) und (2) gelten für alle kompressiblen und inkompressiblen Flüssigkeiten sowie bei allen Drücken und Temperaturen, sofern nur die Funktion $\xi = f(Re)$ für die Kontaktschüttung bekannt ist.

Diese Funktion wurde für den Alumina-Kontakt von 5 bis 10 μ m Korngröße, d. h. die zur Zeit in den Öfen benutzte Kontaktkörnung, durch Versuche ermittelt. Der Kontakt wird in Trommelsieben gesiebt und stellt die Siebfraction dar, die über das 5 mm ϕ Lochsieb läuft und durch das 1 mm ϕ Lochsieb fällt. Der Kontakt enthält daher sowohl große wie kleine Körner, wie aus Bild 1 zu ersehen ist. Als Korn Durchmesser d_k wird daher willkürlich das Mittel der Siebfraction, also $d_k = 0,0075$ m, gewählt.

Die Versuche wurden mit Luft durchgeführt. Der Kontakt ist in einem Rohr von 90 mm ϕ in 470 mm Höhe zwischen zwei Sieben aufgeschüttet. Gemessen wird die durchgehende Luftmenge mittels einer geeichten Blende, die Lufttemperatur sowie der Luftdruck vor der Schüttung, der auch zugleich der Druckabfall ist. Beim Einfüllen des Kontaktes wurde die Kontaktmenge mit 8,17 kg ermittelt, woraus sich das Raumgewicht der Kontaktfüllung mit 2760 kg/m^3 ergibt.

Die Meßergebnisse sind in Tabelle 1 niedergelegt. Dabei ist in allen Fällen die Lufttemperatur 16°C und die dynamische Zähigkeit $\eta = 1,83 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kgsec}}{\text{m}^2}$. Im Bild 2 ist die Funktion $\xi = f(\text{Re})$ aufgetragen. Im logarithmischen Maßstab muß sie in dem Gebiet derart hoher Reynoldsscher Zahlen, das also rein turbulente Strömung beweist, linear verlaufen. Die Kurve kann unbedenklich nach rechts linear verlängert werden, um damit auch das im praktischen Ofenbetrieb vorkommende Gebiet von $\text{Re} = 20.000$ bis 30.000 zu erfassen. Bei noch wesentlich höherer Turbulenz wird die Kurve allmählich flacher verlaufen und schließlich in eine Horizontale auslaufen. Letzteres ist dann das Zeichen vollkommener Grenzschichtablösung an den Kontaktecken. Dieses überturbulente Gebiet wie auch das Gebiet beginnender

laminarer Strömung; $Re < 300$ wurde nicht untersucht, da es für den vorliegenden technischen Zweck uninteressant ist.

Mathematisch läßt sich die Funktion in ihrem linearen turbulenten Teil ausdrücken als

$$\xi = 79,55 \cdot Re^{-0,09} \quad (3)$$

Setzt man diese Gleichung (3) in Gleichung (1) ein, so wird der Druckverlust für den untersuchten Kontakt:

$$p = 1032 \cdot w^{1,91} \cdot l^{1,0} \cdot \rho^{0,91} \cdot \eta^{0,09} \quad (4)$$

Diese Formel gilt also nur in dem Re -Bereich, in dem die Funktion im Bild 2 eingezeichnet ist. Sie ist nach Wahl der richtigen Stoffgrößen ρ und η auf jedes Medium, bei jedem Druck und Temperaturbereich genau gültig. Allerdings sind noch Abweichungen von der Formel (4) möglich durch Änderungen in der Körnung, Abrieb und Arbeiten des Kontaktes im Betrieb, wodurch sich die Konstante ändern würde.

Zu erwähnen ist noch der Wandeinfluß, der im allgemeinen bei einem Verhältnis von Korndurchmesser zu Rohrdurchmesser $d_k/d_R > 0,15$ merklich in Erscheinung tritt. Im Falle des vorliegenden Versuches war das Durchmesser-Verhältnis 0,08, für ein 70 mm Kontaktrohr würde es 0,11 betragen. Es würde also erst bei engeren Kontaktrohren, bzw. bei größerem Korndurchmesser ein Wandeinfluß auftreten, der eine Verkleinerung der Konstanten in Formel (3) bzw. (4) zur Folge hätte.

C. Kling

Tabelle 1.

Versuch Nr. Dim :	U kg/h	Δp mm WS	γ_m kg/m ³	W_m m ³ /sec.	λ -	h_e -
1	245,0	8158	1,681	6,359	37,5	4465
2	282,5	9808	1,779	6,930	35,9	5150
3	360,2	13675	2,089	7,513	36,3	6550
4	460,5	18770	2,308	8,710	35,5	8400
5	566,0	25000	2,675	9,235	34,6	10320
6	663,0	30000	2,971	9,730	33,3	12090
7	744,0	35000	3,267	9,936	33,9	13570
8	771,0	36500	3,355	10,025	33,9	14065

Lufttemperatur: 16°C

Barometerstand: 750 mm QS.

1102 *6/4*

Bild 1 Körnung des Ammoniakkontaktes 5-10 mm ϕ

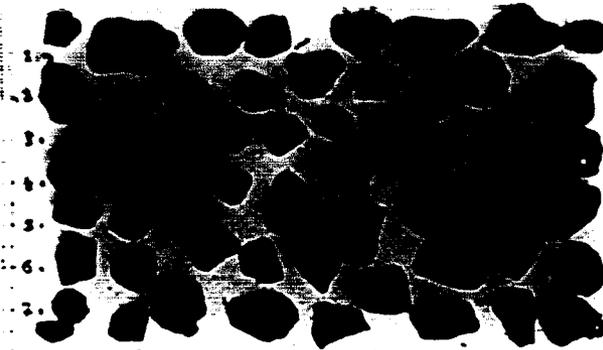


Bild 2 Widerstandsbeiwert ξ in Abhängigkeit von der Reynoldsschen Zahl Re des Ammoniakkontaktes 5-10 mm ϕ

