

A N G E W A N D T E C H E M I E

Ausgabe B • 20. Jahrgang • [Nr. 8 • Seite 197–224 • August 1948]

TECHNISCH-WIRTSCHAFTLICHER TEIL

CHEMISCHE TECHNIK · VERFAHRENSTECHNIK · APPARATEBAU

Fortsetzung der Zeitschrift „Die Chemische Technik“

Organ der Gesellschaft Deutscher Chemiker in der britischen Zone und der Gesellschaft Deutscher Chemiker in Hessen

Neuartige Füllkörper und ihre Beurteilung

Von Professor Dr.-Ing. EMIL KIRSCHBAUM, Karlsruhe

Die wachsende Bedeutung und der zunehmende Einsatz von nichtmetallischen Baustoffen in der Destillier- und Rektifiziertechnik führte in den letzten Jahren zur Entwicklung und Ausführung neuartiger Füllkörper. Durch Wahl bestimmter Formen und Abmessungen sollten Vorteile in der Belastbarkeit, Wirkung, im Druckverlust oder gleichzeitig in mehreren der genannten Betriebseigenschaften erzielt werden. Diese sind bekanntlich durch eine Reihe von gleichzeitig wirksamen und deshalb überlagerten Einflüssen bedingt. Einen sicheren Anhaltspunkt über die Güte eines Füllkörpers geben deshalb allein Ergebnisse von Versuchen. Diese wurden im Institut für Apparatebau der Technischen Hochschule Karlsruhe mit dem Ziele durchgeführt, Unterlagen für einen Vergleich zwischen den neuartigen und bekannten Füllkörpern zu schaffen.

Untersuchte neuartige Füllkörper

Form und Abmessung der untersuchten neuartigen Füllkörper zeigen Bild 1 bis 8. Die quer- und längsgerillten Ringe, Bild 1 bis 4, sind in Anlehnung an die Grundform der Raschig-Füllkörper dadurch entstanden, daß der zylindrische Mantel auf der Innenseite mit Querrillen oder mit Längsrillen versehen wurde. Durch sie ist eine Vergrößerung der Oberfläche beab-

Die Spulen¹⁾ nach Bild 5 und 6 stellen eine Zwischenform zwischen Raschigring und Sattel-Füllkörper dar. Letzterer zeichnet sich bekanntlich durch eine hohe Belastbarkeit und entsprechend niedrigen Druckverlust im Gas oder Dampf aus, bröckelt aber in seiner bisher bekannten Ausführung aus Porzellan an den Rändern leicht ab, was bei den Raschigringen und Spulen nicht der Fall ist. Die Form des Stern-Füllkörpers nach Bild 7

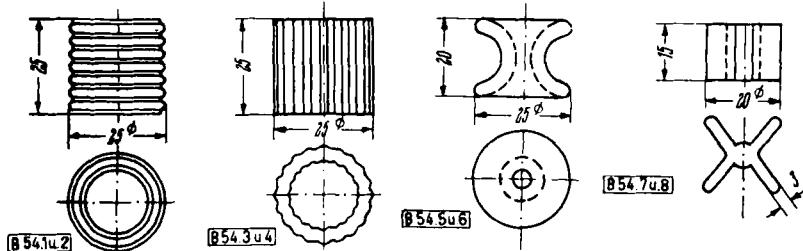


Bild 1 und 2
Steinzeugringe quergerillt $25 \times 25 \times 3$ mm
Bild 3 und 4
Steinzeugringe längsgerillt $25 \times 25 \times 3$ mm
Bild 5 und 6
Porzellan-Spulen
 $25 \times 20 \times 3$ mm
Bild 7 und 8
Steinzeug-Sternfüllkörper
 $15 \times 20 \times 3$ mm

Bild 1 bis 8
Untersuchte Füllkörper

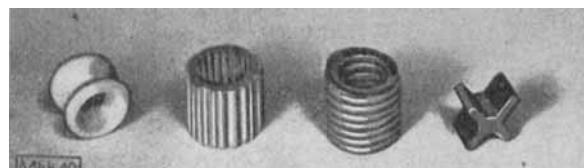


Bild 10
Ansicht der untersuchten Füllkörper

sichtigt. Ferner wird durch sie auch die Ausbreitung des Flüssigkeitsfilms an der Oberfläche der Füllkörper wesentlich beeinflußt. Wenn einerseits eine Erhöhung der Turbulenz in der Masse des Flüssigkeitsfilms herbeigeführt wird, so ist andererseits eine Vergrößerung der Filmdicke unvermeidlich. Der erstgenannte Einfluß wirkt sich im Sinne einer Erhöhung und der zweitgenannte Einfluß im Sinne einer Erniedrigung der Austauschzahl in der Flüssigkeit aus.

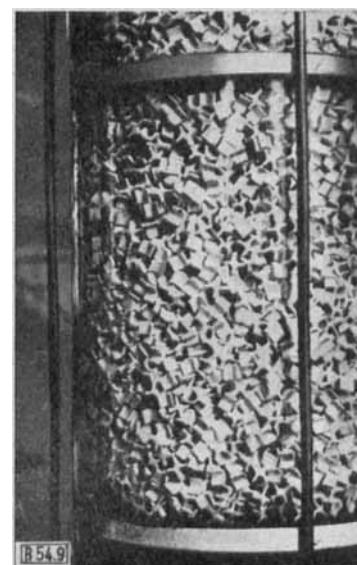


Bild 9
Lagerung der Stern-Füllkörper am Säulenmantel aus Glas mit 400 mm Dmr.

und 8 weicht von den erwähnten Vorbildern ab. Seine Lagerung am Säulenmantel geht aus Bild 9 hervor. Eine Ansicht der vier neuartigen Füllkörper zeigt Bild 10.

Versuchsdurchführung und -auswertung

Für die Untersuchung der Füllkörper wurde eine Säule mit Mantelschüssen aus Glas und mit 400 mm Säuleninnendurchmesser verwendet. Die Schichthöhe der auf einem Rost aus Streckmetall gelagerten Füllkörper betrug jeweils 1 m. Der Plan der Gesamt-

¹⁾ Dtsch. Patentamt. AZ. I 64859.

anlage ist bereits früher³⁾ gezeigt und erläutert. Die Füllkörpersäule war unmittelbar auf der Destillierblase angeordnet, in welcher mittels einer Heizdampfschlange aus einem Äthylalkohol-Wasser-Gemisch mit 10 Gew.-% Alkohol Dämpfe erzeugt wurden. Sie durchströmten die Füllkörpersäule und wurden danach im Rücklaufkondensator vollkommen niedergeschlagen. Das gesamte Kondensat strömte als Rücklauf in die Säule zurück, so daß der Apparat mit vollkommenem Rücklauf arbeitete (Rücklaufverhältnis $v = \infty$). Der Rücklauf wurde durch ein Verteilerrad mit zwei Armpaaren auf die Füllkörper aufgegeben. Aus dem Rücklaufrohr zwischen Kondensator und Säule wurde eine Probe entnommen, welche zur Bestimmung der Destillatkonzentration x_E [Mol-%] Alkohol unter Benutzung geeichter Laboratoriumsräometer und eines Höppler-Thermostaten diente. In gleicher Weise wurde der Alkoholgehalt x_B [Mol-%] der Probe bestimmt, die aus der Destillierblase entnommen wurde. Die Probeentnahmen fanden erst dann statt, nachdem der Apparat mehrere Stunden im Beharrungszustand in Betrieb war.

Die auf den freien Säulenquerschnitt bezogene Dampfgeschwindigkeit w_D [m/s] wurde aus der Menge K [kg/h] und der Erwärmung Δt [$^{\circ}$ C] des durch den Rücklaufkondensator strömenden Kühlwassers unter Berücksichtigung der Wärmeverluste mittels der Gleichung:

$$w_D = 0,0000067 \cdot K \cdot \Delta t + 0,015 \quad (1)$$

berechnet. Als Maßstab für die Wirkung der Säule wurde wieder die vergleichsmäßige theoretische Bodenzahl n_t benutzt. In ihr sind bekanntlich alle die Trennwirkung bestimmenden Einflüsse zusammengefaßt⁴⁾. Wie sie mittels eines einfachen Stufenausmittlungsverfahrens aus den gemessenen Konzentrationen x_B und x_E erhalten wird, ist an anderer Stelle⁴⁾ gezeigt. Um die Durchführung dieses Stufenverfahrens im Zuge der Auswertung eines Versuches zu vermeiden, ist es zweckmäßig, die gemessenen Konzentrationen auf der Abszisse und die ihnen zugeordneten Bodenzahlen n_t auf der Ordinate aufzutragen. Um die in Bild 11 in zwei Maßstäben wiedergegebene Auswertungskurve zu erhalten, wurde eine Blasenkonzentration von $x_B = 0,3$ Mol-% Alkohol angenommen. Bei diesem Wert schneiden die beiden Kurven in Bild 11 die Abszisse. Nunmehr wurden zu gewählten x_E -Werten die entsprechenden n_t -Zahlen nach dem Stufenverfahren bestimmt und zu jedem x_E das ihm zugeordnete n_t aufgetragen. Die Verbindung dieser Punkte gibt die Kurven nach Bild 11. Die rechte, untere Kurve kommt für hohe Konzentrationen in Anwendung, während die linke, obere Kurve bei mittleren und niederen Konzentrationen eine größere Ablesegenauigkeit gestattet. Liegt bei einem Versuch die Blasenkonzentration höher als 0,3 Mol-%, so ist der zu der

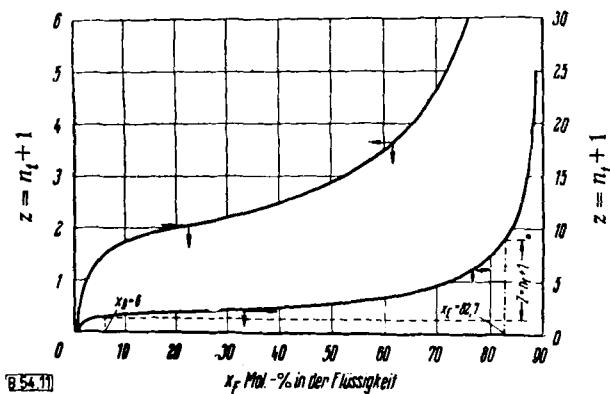


Bild 11

Vergleichsmäßige theoretische Bodenzahl n_t in Abhängigkeit von der Flüssigkeitszusammensetzung des Gemisches Äthylalkohol-Wasser bei unendlichem Rücklaufverhältnis und bei $p = 760$ Hg

Beispiel zur Bestimmung von n_t :

Gegeben: $x_B = 6$ Mol-%

$x_E = 82,7$ Mol-%

Lösung: $n_t = z - 1 = 7,5 - 1$

$n_t = 6,5$

³⁾ E. Kirschbaum, Einfluß der Flüssigkeitsaufgabe der Schichthöhe, der Schüttung und des Druckes auf die Rektifizierung, den Druckverlust und den Flüssigkeitsinhalt von Füllkörpersäulen. Z. Ver. dtsh. Ing. Beihet Verfahrenstechnik 33/37 [1944].

⁴⁾ E. Kirschbaum, Verfahren zur Bestimmung der Höhe von Füllkörpersäulen der Destillier- und Rektifiziertechnik. Z. Ver. dtsh. Ing. Beihet Verfahrenstechnik 15/20 [1943].

⁵⁾ E. Kirschbaum: Rektifizierung und Druckverlust in Füllkörpersäulen. Z. Ver. dtsh. Ing. Beihet Verfahrenstechnik 53/58 [1944].

vorliegenden Blasenkonzentration gehörige Ordinatenwert abzulesen und dieser von demjenigen Ordinatenwert abzuziehen, welcher dem beim Versuch festgestellten Destillatgehalt x_E zugeordnet ist. Dieser Unterschied der Ordinatenwerte stellt die theoretische Bodenzahl dar, welche der Wirkung der Säule und der Destillierblase entspricht. Weil in letzterer Phasengleichgewicht zwischen Flüssigkeit und Dampf herrscht, hat sie die Wirkung eines theoretisch arbeitenden Bodens. Die Bodenzahl der Säule allein ist dann gegeben durch:

$$n_t = z - 1 \quad (2)$$

Beispielsweise wurde bei einem Versuch eine Blasenkonzentration von $x_B = 6$ Mol-% und eine Destillatkonzentration von $x_E = 82,7$ Mol-% erhalten. Aus Bild 11 wird an beiden Kurven zu $x_B = 6$ ein Ordinatenwert von 1,5 und zu $x_E = 82,7$ an der unteren Kurve ein Ordinatenwert von 9 abgelesen, so daß $z = 9 - 1,5 = 7,5$ wird. Die vergleichsmäßige theoretische Bodenzahl ergibt sich danach zu $n_t = 7,5 - 1 = 6,5$.

Versuchsergebnisse

Rektifizierungswirkung der Füllkörper

Die neuartigen Füllkörper wurden in Vergleich gesetzt mit den bekannten Raschig-Ringen in der Ausführung aus Porzellan. Insofern die Abmessungen unverändert bleiben, ist es ohne Einfluß auf die Wirkung, ob als Baustoff Porzellan oder Steinzeug gewählt wird. Die für die Raschigringe mit 25 und 35 mm Abmessung aus früheren Versuchsergebnissen⁴⁾ bekannte Abhängigkeit der vergleichsmäßigen theoretischen Bodenzahl n_t von der Dampfgeschwindigkeit w_D geben die in Bild 12 dünn und voll ausgezogenen Linien wieder. Um ein umfassendes Bild über die Wirkung von

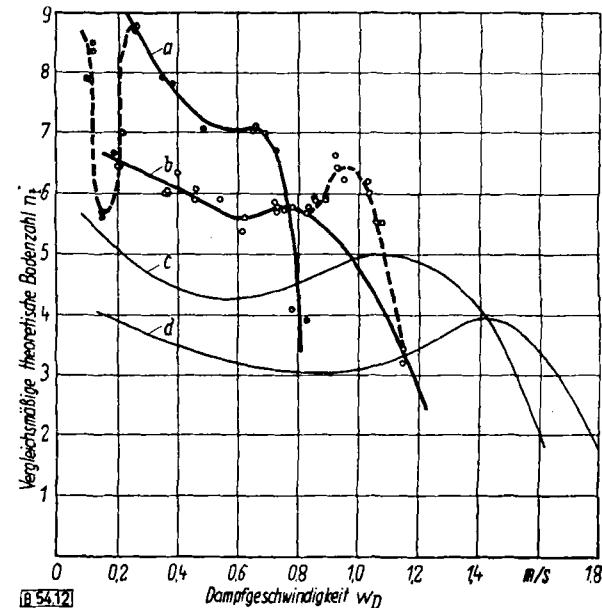


Bild 12

Vergleichsmäßige theoretische Bodenzahl n_t in Abhängigkeit von der Dampfgeschwindigkeit w_D für Porzellan-Raschig-Ringe verschiedener Größe
Gemisch: Äthylalkohol-Wasser; Schichthöhe 1 m; Rücklaufverhältnis $v = \infty$; Konzentration in der Blase $E \approx 10$ Gew.-% Alkohol;
a) 8 x 8 x 1 mm-Ring; b) 15 x 15 x 2 mm-Ring; c) 25 x 25 x 3 mm-Ring;
d) 35 x 35 x 4 mm-Ring.

Raschig-Ringen verschiedener Größe als Vergleichsmaßstab zu erhalten, wurden zunächst noch Raschig-Ringe mit 15 mm Abmessung und anschließend Ringe mit 8 mm Durchmesser und Höhe untersucht. Nach Bild 12 nimmt die Wirkung der 15-mm-Ringe zunächst mit steigender Belastung infolge Abnahme der Austauschzeit bis zu einer Geschwindigkeit von $w_D = 0,6$ m/s ab, um mit weiterem Belastungszuwachs zu steigen. Diese Zunahme der Wirkung ist auf die starke Erhöhung der Austauschzahlen infolge zunehmender Turbulenz zurückzuführen. Bei $w_D = 0,75$ m/s erreicht die Wirkung einen Bestwert mit $n_t = 5,8$, um mit weiter wachsendem w_D zunächst abzunehmen. Wird w_D größer als 0,85 m/s, dann bildet sich oberhalb der Füllkörper eine Sprühsschicht aus, die bei $w_D = 1,05$ m/s in eine Sprudelschicht übergeht. Die Sprühsschicht ergibt infolge der großen Oberfläche der Tropfen eine beachtliche Trennwirkung, wie die eingezeichneten Versuchspunkte zeigen. Erst bei $w_D = 1,1$ m/s fällt die Wirkung der Flüssigkeits-

schicht oberhalb der Füllkörper ab und die Flüssigkeitsdurchmischung in der Säule lässt die Trennwirkung beachtlich absinken. Die Wirkung der Sprühsschicht darf im Rahmen einer einwandfreien Beurteilung nicht in diejenige der Füllkörper miteingerechnet werden. Für die Raschig-Ringe mit 15 mm Abmessung ist deshalb die in Bild 12 voll ausgezogene Linie *b* gültig, während der gestrichelt gezeichnete Linienzug die Wirkung der Füllkörper und der Sprühsschicht angibt.

Für die Raschigringe mit 8 mm Abmessung, Kurve *a* in Bild 12, ist kennzeichnend, daß die Bodenzahl n_t mit steigender Belastung zunächst stark und anschließend schwächer abnimmt, um von $w_D = 0,55$ bis $w_D = 0,67 \text{ m/s}$ annähernd gleich zu bleiben. Wird $w_D = 0,67 \text{ m/s}$ überschritten, dann nimmt die Trennwirkung sehr stark ab. Bei den 8-mm-Ringen kommt der Belastungsbereich nicht zur Auswirkung, in welchem die vergleichsmäßige Bodenzahl wegen erhöhter Turbulenz und der damit verbundenen Erhöhung der Austauschzahlen anwächst. Vor Erreichen dieses Belastungsbereiches tritt im Innern der Säule Flüssigkeitsdurchmischung auf, welche das Absinken der Rektifizierwirkung zur Folge hat. Die günstigste Belastung liegt demnach bei $w_D = 0,67 \text{ m/s}$ mit $n_t = 7,1$. Weil der Bereich der Turbulenz nicht erreicht werden kann, muß vermutet werden, daß der günstigsten Belastung ein anderer Druckverlust als bei den größeren Ringen entspricht. Nach den Versuchspunkten, welche den gestrichelt gezeichneten Linienzug für $w_D < 0,25 \text{ m/s}$ festlegen, erreicht n_t bei $w_D = 0,16 \text{ m/s}$ einen Kleinstwert. Dieser Kurvenverlauf führt davon her, daß mit abnehmender Belastung bei $w_D = 0,25 \text{ m/s}$ das obere Armepaar des Verteillrades aufhört, Flüssigkeit aufzugeben. Diese Tatsache wirkt sich auch gemäß Bild 13 in der Abhängigkeit der

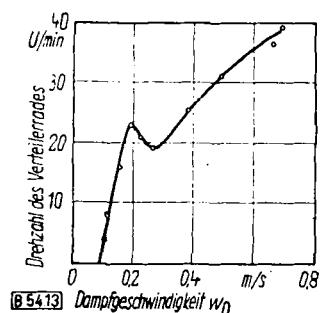


Bild 13

Drehzahl des Verteillrades von der Dampfgeschwindigkeit w_D
Gemisch: Äthylalkohol-Wasser; Schichthöhe 1 m; Rücklaufverhältnis $v = \infty$; Konzentration in der Blase: $\xi \approx 10 \text{ Gew.-\% Alkohol}$

Drehzahl des Verteillrades von der Dampfgeschwindigkeit aus. Bei gleichbleibender Flüssigkeitsaufgabe ist die in Bild 12 auch für kleine Dampfgeschwindigkeiten voll ausgezogene Kurve *a* maßgebend.

Die Ringe mit Rillen zeigen nach Bild 14 die gleiche kennzeichnende Abhängigkeit der Wirkung von der Belastung. Die Trenn-

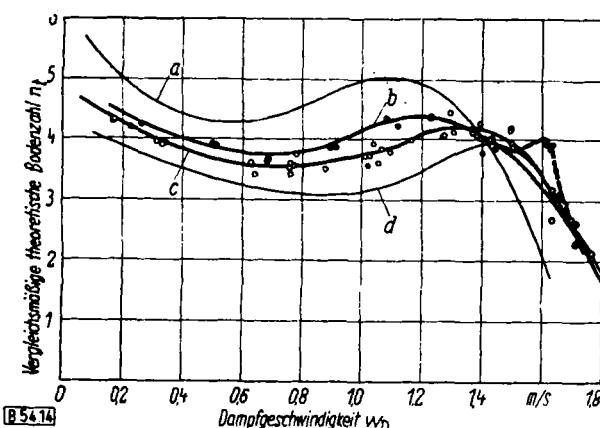


Bild 14

Vergleichsmäßige theoretische Bodenzahl n_t in Abhängigkeit von der Dampfgeschwindigkeit w_D für Ringe mit Rillen aus Steinzeug
Gemisch: Äthylalkohol-Wasser; Schichthöhe 1 m; Rücklaufverhältnis $v = \infty$; Konzentration in der Blase: $\xi \approx 10 \text{ Gew.-\% Alkohol}$
 a Raschigring 15 × 15 × 2 mm
 b Steinzeugring, längsgerillt 25 × 25 × 3 mm
 c Steinzeugring, quergerillt 25 × 25 × 3 mm
 d Raschigring 35 × 35 × 4 mm

wirkung der untersuchten gerillten Ringe mit 25 mm Abmessung, Kurve *b* und *c*, liegt zwischen derjenigen der Raschig-Ringe mit 25 und 35 mm Abmessung, Kurve *a* bzw. *d*. Dabei weisen die längsgerillten Ringe, Kurve *b*, eine bessere Wirkung auf als die quergerillten, Kurve *c*. Daß die Wirkung der gerillten Ringe schlechter ist als die der glatten Ringe gleicher Abmessung, ist darauf zurückzuführen, daß sich die gerillten Ringe gegenseitig verstreiben und im Innern der Füllkörperschicht Hohlräume bilden, was durch den Glasmantel einwandfrei beobachtet werden konnte. Wegen dieser Hohlräume war etwa 25% der Mantelinnenfläche überhaupt frei von Füllkörpern. Weil bei der Querrillung das Verstreben der Füllkörper stärker ist als bei der Längsrillung, liefern erstere die kleineren n_t -Werte. Während der glatte Raschig-Ring mit 25 mm Abmessung bei $w_D = 1,1 \text{ m/s}$ ein günstigstes n_t von 5 erreicht, wird bei den längsgerillten Ringen $n_t = 4,4$ bei $w_D = 1,2 \text{ m/s}$ und bei den quergerillten Ringen $n_t = 4,23$ bei $w_D = 1,35 \text{ m/s}$. Die glatten 35-mm-Raschig-Ringe liefern ein n_t von 3,95 bei $w_D = 1,43$. Hinsichtlich Belastung und Wirkung liegen danach die gerillten 25-mm-Ringe zwischen den 25-mm- und 35-mm-Raschig-Ringen. Berücksichtigt man, daß die kleineren Ringe je Raumeinheit den größeren Arbeitsaufwand erfordern und teurer sind, so kann aus den Versuchsergebnissen der Schluß gezogen werden, daß Ringe mit Rillen nicht wirtschaftlicher sind als glatte Füllkörperringe.

Die Spulen zeigen gemäß Bild 15 eine ähnliche Belastungskurve wie die 25-mm-Raschig-Ringe. Auch bei ihnen nimmt n_t

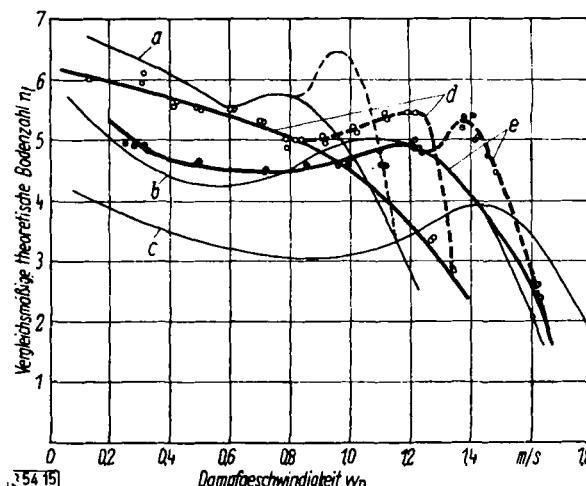


Bild 15

Vergleichsmäßige theoretische Bodenzahl n_t in Abhängigkeit von der Dampfgeschwindigkeit w_D für Porzellanspulen und für Sternfüllkörper aus Steinzeug
Gemisch: Äthylalkohol-Wasser; Schichthöhe 1 m; Rücklaufverhältnis $v = \infty$; Konzentration in der Blase: $\xi \approx 10 \text{ Gew.-\% Alkohol}$
 a Raschigring 15 × 15 × 2 mm
 b Raschigring 25 × 25 × 3 mm
 c Raschigring 35 × 35 × 4 mm
 d Stern-Füllkörper
 e Porzellanspulen

zunächst mit steigendem w_D ab, um nach Erreichen eines Mindestwertes auf einen Höchstwert von $n_t = 4,9$ bei $w_D = 1,15 \text{ m/s}$ anzuwachsen, Kurve *e* in Bild 15. Wird $w_D = 1,15 \text{ m/s}$ überschritten, dann nimmt n_t nach dem voll ausgezogenen Linienzug ab. Allerdings bildet sich bei Geschwindigkeiten, die zwischen 1,25 und 1,55 m/s liegen, eine Tropfenschicht aus, welche eine zusätzliche Rektifizierwirkung zur Folge hat. Die Verhältnisse liegen hier ähnlich wie bei den 15-mm-Raschig-Ringen, Kurve *a*.

Wahrscheinlich sind für das Auftreten einer Sprühsschicht über den Füllkörpern nicht nur Größe und Form der Füllkörper, sondern auch die Geschwindigkeit maßgebend, mit welcher der Dampf tatsächlich in der Füllkörperschicht strömt und mit welcher er aus den Hohlräumen an der oberen Begrenzung der Füllkörperschicht tritt. Je größer diese Geschwindigkeit ist, desto leichter können sich Tropfen über der Füllkörperschicht ausbilden. Während Porzellan-Raschig-Ringe mit 25 mm Durchmesser ein Festvolumen von 26% des Füllvolumens aufweisen, beträgt das Festvolumen der Spulen 31%. Bei gleicher auf den freien Säulenquerschnitt bezogenen Dampfgeschwindigkeit w_D ist deshalb die in den Hohlräumen herrschende Geschwindigkeit bei den Spulen die größere.

Dieser Umstand mag mitwirkend gewesen sein, daß sich bei den Spulen eine Sprühschicht einstellte.

Obwohl die Höhe der Spulen kleiner ist als die der Raschig-Ringe mit 25 mm Abmessung, übertreffen erstere gerade im günstigen Belastungsbereich letztere in der Wirkung nicht. Bei $w_D = 1,15$ weisen nach Bild 15 beide Füllkörper-Arten dasselbe n_t auf, während der 25-mm-Raschig-Ring bei $w_D = 1,1$ m/s einen Höchstwert von n_t mit 5 erreicht, welcher etwas höher liegt als der Höchstwert der Spulen. Ihre Belastbarkeit und Wirkung kann danach nicht als günstiger als die der Raschig-Ringe angesehen werden. Die Herstellung der Spulen ist schwieriger als die der Ringe.

Aus Bild 15 geht ferner hervor, daß die Wirkung der Stern-Füllkörper, Kurve d, innerhalb des Belastungsbereiches diejenige der 15-mm-Raschig-Ringe nicht erreicht. Die günstigste Belastung ersterer dürfte mit $n_t = 5,1$ bei $w_D = 0,8$ m/s liegen. Wird die Geschwindigkeit über diesen Wert gesteigert, so bildet sich über den Füllkörpern ebenfalls eine Sprühschicht aus, wie der gestrichelt gezeichnete und durch Versuchspunkte belegte Linienzug d zeigt. Für die Füllkörper allein ist auch hier die voll ausgezogene Linie maßgebend. Sie weist keinen Höchstwert auf. Daraus ist zu schließen, daß bei kleinen Belastungen mit zunehmendem w_D infolge Verkleinerung der Berührungszeit n_t sinkt und daß die Wirkung noch mehr abnimmt, sobald die Belastung so weit gestiegen ist, daß in der Füllkörperschicht die Flüssigkeitsdurchmischung eingesetzt. Wie bei den 8-mm-Raschig-Ringen ist der Geschwindigkeitsbereich nicht erreichbar, in welchem mit steigendem w_D ein Anwachsen von n_t bis zu einem Höchstwert sich einstellt. Unter Berücksichtigung der Abmessungen sind auf Grund der vorliegenden Ergebnisse die Raschig-Ringe auch den Stern-Füllkörpern bei der gewählten Schichthöhe von 1 m überlegen.

Druckverluste

Mittels eines an anderer Stelle²⁾ beschriebenen U-Rohrmanometers wurde der Druckverlust der 1 m hohen Schicht der unter-

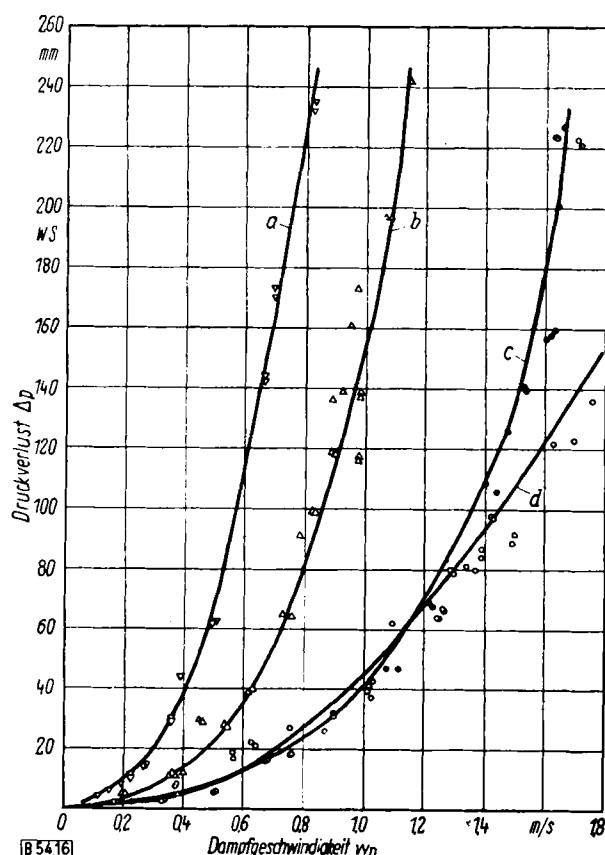


Bild 16

Druckverlust Δp in Abhängigkeit von der Dampfgeschwindigkeit w_D für Ringe mit Rillen aus Steinzeug und für Porzellan-Raschigringe
Gemisch: Äthylalkohol-Wasser; Schichthöhe 1 m; Rücklaufverhältnis $v = \infty$; Konzentration in der Blase: $\xi \approx 10$ Gew.-% Alkohol
a Raschigringe 8 × 8 × 1 mm (glatt)
b Raschigringe 15 × 15 × 2 mm (glatt)
c Ringe (längsgerillt) 25 × 25 × 3 mm
d Ringe (quergerillt) 25 × 25 × 3 mm

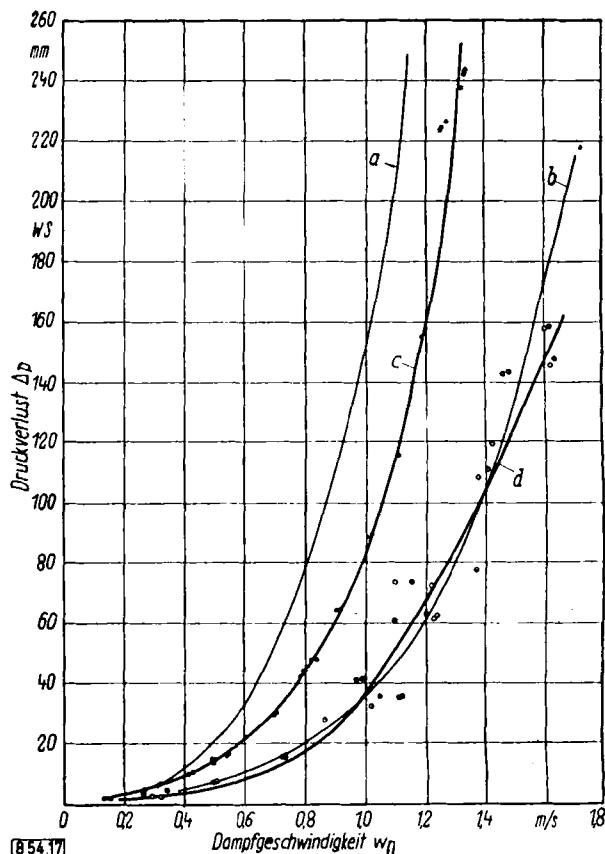


Bild 17

Druckverlust Δp in Abhängigkeit von der Dampfgeschwindigkeit w_D für Porzellan-Spulen und Stern-Füllkörper aus Steinzeug
Gemisch: Äthylalkohol-Wasser; Schichthöhe 1 m; Rücklaufverhältnis $v = \infty$; Konzentration in der Blase: $\xi \approx 10$ Gew.-% Alkohol
a Raschigringe 15 × 15 × 2 mm
b Raschigringe 25 × 25 × 3 mm
c Stern-Füllkörper 15 × 20 × 3 mm
d Spulen 25 × 20 × 3 mm

suchten Füllkörper gemessen. Er ist in Bild 16 und 17 über der im freien Säulenquerschnitt herrschenden Dampfgeschwindigkeit aufgetragen. Die quergerillten Ringe ergeben nach Bild 16, Kurve d, bei der günstigsten Belastung mit $w_D = 1,35$ m/s einen Druckverlust von $\Delta p = 90$ mm WS und die längsgerillten Ringe, Kurve c, mit $w_D = 1,2$ m/s einem Verlust von $\Delta p = 70$ mm WS, während die glatten Ringe mit 15 mm Abmessung ihre beste Wirkung bei $w_D = 0,75$ m/s und einen Druckverlust von $\Delta p = 70$ mm WS aufweisen, Kurve b. Diese Füllkörper zeigen einen Höchstwert von n_t , der bei den 8-mm-Raschig-Ringen nicht auftritt, Kurve a. Deshalb weicht deren Druckverlust auch erheblich von den genannten und von dem allgemein bekannten Wert von etwa 60 mm WS/m ab, welchem die günstigste Belastung zugeordnet sein soll. Der günstigsten Belastung mit $w_D = 0,67$ m/s entspricht bei den 8-mm-Ringen ein Druckverlust von $\Delta p = 152$ mm WS.

Nach Bild 17 stellt sich auch bei den Spulen bei der günstigsten Dampfgeschwindigkeit von $w_D = 1,15$ m/s ein Druckverlust von 60 mm WS ein, Kurve d. Die Stern-Füllkörper, Kurve c, ergeben einen Druckverlust von 44 mm WS/m bei der günstigsten Belastung mit $w_D = 0,8$ m/s.

Zusammenfassung

Durch Versuche mit einer Säule von 400 mm Dmr. wurde die Wirkung und der Druckverlust neuartiger Füllkörper, und zwar von längs- und quergerillten Steinzeugringen, Porzellan-Spulen und Steinzeug-Stern-Füllkörpern untersucht. Unter Zugrundelegung gleicher Abmessungen wird die Wirkung der Raschig-Ringe durch diejenige der neuen Füllkörper nicht übertroffen. Sowohl bei den 8-mm-Raschig-Ringen als auch bei den Stern-Füllkörpern nimmt die vergleichsmäßige Bodenzahl mit wachsender Dampfgeschwindigkeit ab. Ein Höchstwert dieser Bodenzahl wird nicht erreicht. Der günstigsten Belastung entspricht für die erstgenannten Ringe ein Druckverlust von 152 mm WS/m und für die letzten genannten Stern-Füllkörper ein Druckverlust von 44 mm WS/m.

Eingeg. 13. März 1948 [B 54]