

D 2048

7
2008

Juli 2008
80. Jahrgang

CITEAH 80 (7)
881-1012 (2008)
ISSN 0009-286 X

Reprint

Herausgeber:

DECHEMA
GDCh
VDI·GVC

Chemie Ingenieur Technik

Verfahrenstechnik · Technische Chemie · Apparatewesen · Biotechnologie

www.CIT-journal.de

Schwerpunkte:

Energie · Modellierung · Umwelt

 **WILEY-VCH**

Raschig Super-Pak – Eine neue Packungsstruktur mit innovativen Vorteilen im Vergleich

Michael Schultes*

Die Raschig Super-Pak ist eine neue Packungsgeometrie, die durch eine innovative Struktur über drei wesentliche Vorteile gegenüber anderen Hochleistungspackungen verfügt: niedrigere Druckverluste, höhere Kapazitäten, bessere Trennleistungen. Die bei der SRP (Separation Research Program) der Austin University of Texas vermessenen Leistungsdaten werden präsentiert und im Vergleich zu anderen Hochleistungs- und Standardpackungen bewertet.

Schlagwörter: Destillation, Hochleistungspackungen, Strukturpackungen

Eingegangen: 25. Februar 2008; *akzeptiert:* 1. Mai 2008

1 Einleitung

Der Einsatz von strukturierten Packungen für Trennaufgaben in Destillations-, Absorptions-, Desorptions- und Extraktionskolonnen gehört heute zu den Standardlösungen, wenn es darum geht, ausgezeichnete Trennleistungen bei besonders niedrigen Druckverlusten zu realisieren.

Heutige Standardpackungen bestehen aus einem wellenartig profilierten Blech, wobei die Wellen in der Regel mit einem Anstellwinkel von 45° oder 60° zur Horizontalen verlaufen (s. Abb. 1). Untersuchungen zur Fluidodynamik von Standardpackungen haben gezeigt, dass es an den Übergangsstellen der Packungslagen infolge der abrupten Umlenkung der Gasströmung zu einem erhöhten Druckverlust kommt, der zu einem lokalen Aufstau der Flüssigkeit führt, gefolgt von einem frühzeitigen Fluten der Struktur.

Mitte der 1990er Jahre kamen die heute bekannten Hochleistungspackungen auf den Markt, die sich durch eine veränderte Geometrie an den Enden der Packungslagen auszeichnen (s. Abb. 1). Je nach Anbieter werden derzeit drei verschiedene Ausführungsformen angeboten. Allen Ausführungsformen gemeinsam ist die senkrechte Anstellung der wellenartigen Profile an den Packungsendzonen. Während die Firma Montz den Übergang zur 45° Anstellung bis weit ins Zentrum der Packung hineinlaufen lässt und dieses ausschließlich auf der unteren Seite der Packungslage realisiert, führt die Firma Sulzer den Übergang sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite der Packungslage mit relativ kurzem Übergangsbereich aus. Die Firma Koch-Glitsch verfolgt ein ähnliches Konzept wie die Fa. Sulzer,

realisiert den Übergang jedoch mit einer sprunghafteren Winkeländerung.

Das Resultat dieser Änderung in der Geometrie im Übergangsbereich der Packungslagen führte zu beachtlichen Kapazitätssteigerungen.

2 Neue Struktur durch innovative Ideen: die Raschig Super-Pak

Auf der Grundlage von jahrelangen Erfahrungen mit dem Einsatz von Standardpackungen ist Raschig vor einigen Jahren in die Entwicklung einer neuen Hochleistungspackung eingestiegen. Ziel war es, mit Hilfe neuer Ideen und losgelöst von bestehenden Ausführungsformen, eine innovative und leistungsstarke Geometrie zu definieren. Durch die Bewertung von bestehenden Ausführungskonzepten wurden folgende Fragestellungen in den Vordergrund gestellt (s. Abb. 1).

Frage 1: Ist die weitgehend geschlossene Kanalstruktur bei Strukturpackungen optimal für Gegenstromprozesse?

Die Dampf- und Flüssigkeitsphase bewegt sich bei Standard- und Hochleistungspackungen weitestgehend innerhalb jener Strömungskanäle, die von benachbarten strukturierten Blechen vorgegeben werden (s. Abb. 1). Da die wellenförmigen und im Winkel strukturierten Bleche verdreht zueinander angeordnet sind, berühren sich die Bleche punktförmig, sodass sich die Flüssigkeit und das Gas zwischen den Blechen bewegen können. Ein Übertritt der beiden Phasen von einem zum benachbarten Strömungskanal ist, wenn überhaupt, nur bei gelochten Blechstrukturen möglich.

Der Einsatz strukturierter Packungen für Trennaufgaben in Destillations-, Absorptions-, Desorptions- und Extraktionskolonnen gehört heute zu den Standardlösungen, um ausgezeichnete Trennleistungen bei besonders niedrigen Druckverlusten zu realisieren.

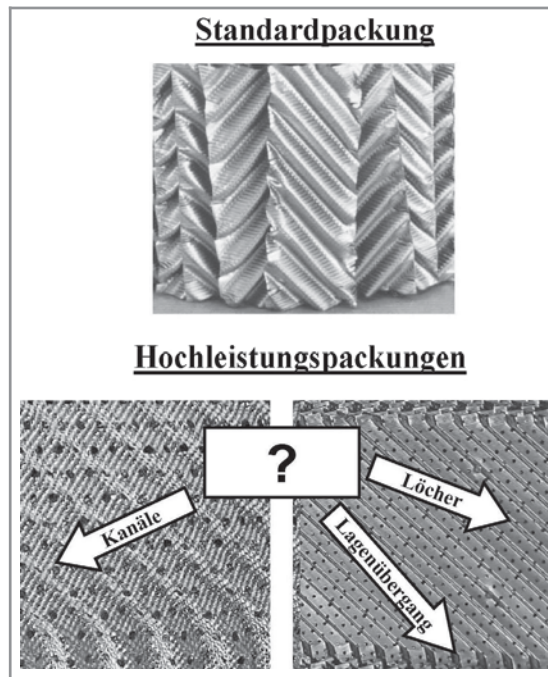


Abbildung 1. Strukturen verschiedener Standard- und Hochleistungspackungen.

Sollten sich durch Ungleichverteilungen der Phasen oder Ablagerungen in einzelnen Kanälen Strömungsengpässe ergeben, so ist mit einem frühzeitigen Fluten in diesen Zonen zu rechnen.

Frage 2: Wirken gelochte Kanalstrukturen positiv auf die Leistungsfähigkeit von Packungen?

Im Betriebszustand strömt die Flüssigkeit in Form eines Films über die Packungsstruktur nach unten, während das Gas im verbleibenden Lückenvolumen aufwärts strömt. Einige Packungshersteller sehen gelochte Packungsbleche vor, um den Phasen die Möglichkeit zu geben, sich durch die Löcher der Bleche auszutauschen.

Aufgrund von Brückenbildungen überdeckt jedoch die Flüssigkeit oftmals die kleinen Löcher im Blech, sodass der Austausch der Strömungsphasen zwischen zwei benachbarten Kanälen eingeschränkt wird. Bei schäumenden Systemen wurde festgestellt, dass die Fluidodynamik gelochter Packungsstrukturen ungünstig wirkt, da der Gasdurchtritt durch die Löcher blasen- und damit schaumfördernd wirkt.

Bei Packungen mit niedrigen spezifischen Oberflächen ($\leq 300 \text{ m}^2/\text{m}^3$) ließ sich kein nennenswerter Einfluss der Löcher auf die Fluidodynamik von Packungen und deren Trennleistungsverhalten feststellen.

Frage 3: Ist die senkrechte Profilanstellung im Übergangsbereich der Packungslagen bei Hochleistungspackungen die fluiddynamisch effektivste Ausführungsform?

Bei den Kanalstrukturen von Standardpackungen läuft eine Kapazitätssteigerung zwangsläufig auf die senkrechte Anstellung der Strömungskanäle in den Übergangsbereichen der Packungslagen hinaus. Es lässt sich jedoch fragen, ob nicht durch eine gänzlich andere Packungsstruktur der Phasenübergang zwischen den Lagen erleichtert werden kann.

Abb. 2 (oben) zeigt die Struktur, die sich aus den beschriebenen Überlegungen und strömungstechnischen Untersuchungen ergeben hat. Die Struktur der Raschig Super-Pak wird durch schmale, wellenartige Schwünge gebildet, die alternierend aus dem Packungsblech nach oben und nach unten heraustreten. Die Schwünge verlaufen geneigt zur Horizontalen und die Bleche werden um 180° verdreht zueinander aufgereiht. Infolge der schmalen alternierenden Schwünge erhält die Raschig Super-Pak eine extrem offene Struktur, die keine Strömungskanäle mehr aufweist. Lokale Strömungsengpässe oder Fluterscheinungen sind damit ausgeschlossen. Des Weiteren findet sich in Abb. 2 (unten) auch die Ansicht der neuen Packungsstruktur in Strömungsrichtung des Gases beim Eintritt in eine neue Packungslage. Die extrem offene Struktur zwingt dem Gas beim Übertritt zur nächsten

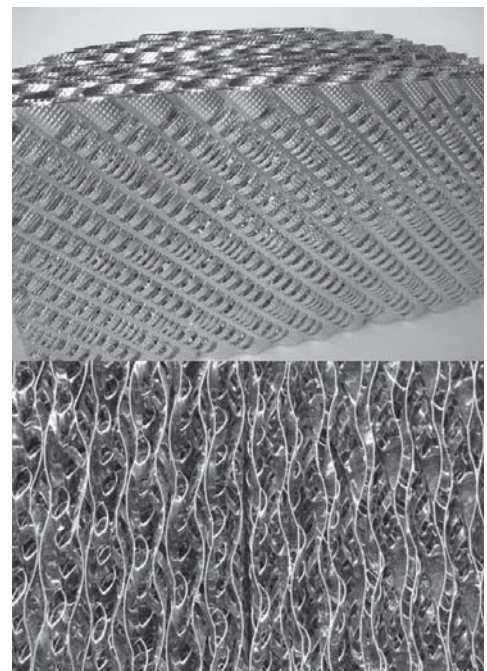


Abbildung 2. Raschig Super-Pak mit innovativer Lamellenstruktur (oben) und Ansicht einer Packungslage in Strömungsrichtung der Gasphase (unten).

Bei schäumenden Systemen wurde festgestellt, dass die Fluidodynamik gelochter Packungsstrukturen ungünstig wirkt, da der Gasdurchtritt durch die Löcher blasen- und damit schaumfördernd wirkt.

Packungslage keinen Richtungswechsel auf. Wie die späteren Ausführungen noch zeigen werden, lassen sich durch diese innovative Oberflächengeometrie besonders hohe Kapazitäten und exzellente Trennleistungsdaten realisieren.

3 Vergleich der Raschig Super-Pak mit Standard- und Hochleistungspackungen

Um die Leistungsdaten der Raschig Super-Pak (RSP) bewerten zu können, wurden Tests an der SRP (Separation Research Program) der Austin University of Texas durchgeführt. Als Testsystem diente das Destillationsgemisch Cyclohexan/*n*-Heptan bei vier verschiedenen Drücken. Mit diesem System wurden sowohl bei der SRP als auch bei der FRI (Fractionation Research Inc.) in Stillwater/Oklahoma Untersuchungen an Standard- und Hochleistungspackungen durchgeführt.

Die neu entwickelte Raschig Super-Pak 250 verfügt über eine Oberflächenriffelung. Zur Kennzeichnung dieser Oberfläche wird die Packung im Folgenden als Raschig Super-Pak 250 wSE (with Surface Enhancement) bezeichnet. In einem früheren Beitrag [1] wurde die Raschig Super-Pak 300 mit glatter Oberfläche vorgestellt. Zum Vergleich werden auch die Ergebnisse dieser Packung beschrieben und als Raschig Super-Pak 300 woSE (without Surface Enhancement) benannt.

4 Beschreibung der Testkolonne

Die Testkolonne der SRP hat einen Durchmesser von 430 mm und wurde mit der Raschig Super-Pak bis auf eine Packungshöhe von 3124 mm gefüllt. Detaillierte Ausführungen zu Versuchsaufbau und -durchführung können [2] entnommen werden.

Als Flüssigkeitsverteiler wurde der Standardverteiler der SRP mit 145 Abtropfstellen pro m^2 Kolonnenquerschnittsfläche eingesetzt. Destillationstestsystem war Cyclohexan/*n*-Heptan bei den Drücken 4,14 bar, 1,65 bar, 0,33 bar und 0,165 bar. Alle Tests wurden bei unendlichem Rücklaufverhältnis durchgeführt. Die Montzpackungen B1-250 (Standardpackung) und B1-250M (Hochleistungspackung) wurden bei der SRP unter identischen Bedingungen untersucht.

Nachfolgend werden die Leistungsdaten der Raschig Super-Pak ebenfalls mit den Sulzerpackungen M 250Y (Standardpackung) und M 252Y (Hochleistungspackung), jeweils von der FRI getestet, verglichen. Die Testkolonne der

FRI verfügt über einen Durchmesser von 1220 mm und wurde mit einer Packungshöhe von 3670 mm ausgerüstet. Als Flüssigkeitsverteiler diente bei der Standardpackung M 250Y ein FRI Standardtopfverteiler Typ TDP. Die Hochleistungspackung von Sulzer M 252Y wurde mit dem Sulzer Hochleistungsrinnenverteiler Typ VKG getestet. Weitere Ausführungen zur Versuchsanlage finden sich bei [3].

5 Bewertung der Trennleistung und der Kapazität der Raschig Super-Pak bei unterschiedlichen Kolonnendrücken

Abb. 3 zeigt die Trennleistungen der vermessenen Raschig Super-Pak 250 bei den vier getesteten Destillationsdrücken. Dargestellt ist die Trennleistung in Form der Höhe einer theoretischen Trennstufe (HETP-Wert) [m], über der spezifischen Flüssigkeitsbelastung u_L [$m^3/m^2 h$].

Bei einem Druck von 4,15 bar konnte die Packungsstruktur der Raschig Super-Pak nicht zum Fluten geführt werden, da die Kapazität sowohl des Verdampfers als auch des Kondensators nicht ausreichten.

Abb. 3 ist zu entnehmen, dass die Raschig Super-Pak in einem weiten Lastbereich der spezifischen Flüssigkeitsbelastung gleich bleibend gute Trennleistungen erzielt. Die Grenze für die niedrigste Flüssigkeitsbelastung wurde von der Unterlastgrenze des Flüssigkeitsverters festgelegt. Der obere Lastbereich wird durch das Fluten der Packung limitiert.

Nachfolgend werden die Messungen bei 4,14 bar und 0,33 bar näher betrachtet, da

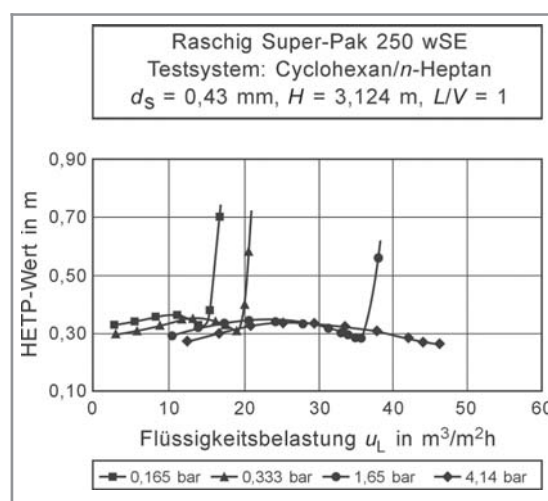


Abbildung 3. Trennleistung der Raschig Super-Pak 250 wSE bei der Rektifikation für verschiedene Kolonnendrücke aufgetragen über der Flüssigkeitsbelastung bei totalem Rücklauf.

Die großen Unterschiede im Druckverlust und der Kapazität kennzeichnen die fluid-dynamischen Eigenschaften der Raschig Super-Pak. Durch die senkrechte Anstellung der lamellenartigen Packungsstruktur ergibt sich für das Gas ein ausgesprochen kleiner Strömungswiderstand.

diese Resultate besonders charakteristische Erkenntnisse bieten. Die Resultate sind analog auch auf die anderen Drücke übertragbar.

6 Bewertung und Vergleich der Testergebnisse für die Raschig Super-Pak bei $p = 4,14$ bar

Abb. 4 zeigt die Trennleistungsergebnisse für die Raschig Super-Pak 250 wSE und Raschig Super-Pak 300 woSE bei $p = 4,14$ bar für das Testdestillationssystem Cyclohexan/*n*-Heptan aufgetragen über dem Dampfbelastungsfaktor F_V in \sqrt{Pa} . Der Dampfbelastungsfaktor errechnet sich aus der auf den Kolonnendurchmesser bezogenen Dampfgeschwindigkeit u_V

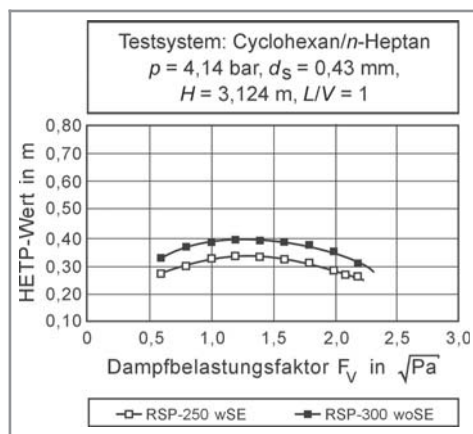


Abbildung 4. Trennleistung der Raschig Super-Pak 250 wSE und der Raschig Super-Pak 300 woSE bei der Rektifikation aufgetragen über dem Dampfbelastungsfaktor bei totalem Rücklauf.

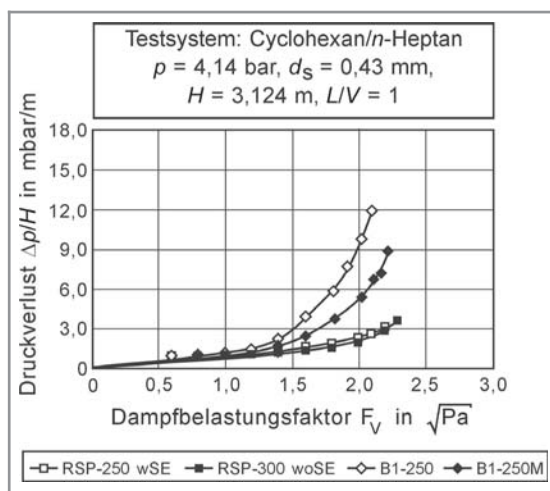


Abbildung 5. Druckverlust der Raschig Super-Pak 250 wSE und der Raschig Super-Pak 300 woSE im Vergleich zur Montz Packung B1-250 und B1-250M bei der Rektifikation aufgetragen über dem Dampfbelastungsfaktor bei totalem Rücklauf.

$[m^3/m^2 \cdot s]$ multipliziert mit der Wurzel der Dampfdichte ρ_V $[kg/m^3]$.

Obleich die spezifische Oberfläche der Raschig Super-Pak 250 wSE um 17 % kleiner ist als die der Raschig Super-Pak 300 woSE wirkt die Oberflächenriffelung sehr positiv auf die Trennleistung. Infolge der rauen Oberfläche steigt der Flüssigkeitsinhalt in der Kolonne an und der Flüssigkeitsfilm wird turbulenter. Beides bewirkt, dass die Trennleistung der Raschig Super-Pak 250 wSE um ca. 15 % besser ausfällt als die der glatten Raschig Super-Pak 300 woSE.

Abb. 5 stellt die Druckverluste der Raschig Super-Pak 250 und 300 denen der Montzpackungen B1-250 und B1-250M gegenüber. Die Montzpackungen wurden bei der SRP mit dem gleichen Aufbau der Testkolonne vermessen.

Es fällt auf, dass sich der Druckverlustverlauf der Raschig Super-Pak 250 wSE nicht von dem der Raschig Super-Pak 300 woSE unterscheidet. Offensichtlich kompensiert die raue Oberfläche mit dem erhöhten Flüssigkeitsinhalt der Raschig Super-Pak 250 wSE den aufgrund der geringeren spezifischen Oberfläche erwarteten Druckverlustgewinn.

Im Vergleich zu den Montzpackungen erzeugen jedoch beide Raschig Super-Pak Oberflächen einen erheblich geringeren Druckverlust und eine wesentlich höhere Kapazitätsgrenze. Die Montz Standardpackung B1-250 zeigt im Vergleich den höchsten Druckverlust. Die Hochleistungspackung von Montz B1-250M bietet verglichen mit der B1-250 einen erheblich geringeren Druckverlust, der jedoch nochmals beträchtlich von der Raschig Super-Pak 250 wSE unterschritten wird.

Die großen Unterschiede im Druckverlust und der Kapazität kennzeichnen die grundsätzlich anderen fluid-dynamischen Eigenschaften der Raschig Super-Pak. Durch die senkrechte Anstellung der lamellenartigen Packungsstruktur ergibt sich für das Gas ein ausgesprochen kleiner Strömungswiderstand. Dies gilt auch für den Bereich zwischen zwei Packungslagen, weshalb sich wesentlich höhere Kapazitäten ergeben. Die schmalen Lamellen sorgen des Weiteren dafür, dass das Packungsblech von beiden Seiten benetzt wird, das zusammen mit der Oberflächenriffelung zu exzellenten Stofftrennleistungen führt.

7 Bewertung und Vergleich der Testergebnisse für die Raschig Super-Pak bei $p = 0,33$ bar

Weitere Vergleiche ergeben sich mit den Destillationsuntersuchungen bei 0,33 bar. Zu-

nächst zeigt Abb. 6 (oben) den Vergleich der Trennleistung der Raschig Super-Pak 250 wSE in Form des HETP-Wertes zur Trennleistung der Montzpackungen B1-250 und B1-250M. Während die Hochleistungspackung der Fa. Montz B1-250M gegenüber der Standardpackung B1-250 an Trennleistung verliert, ist dies bei der Raschig Super-Pak nicht festzustellen. Vielmehr liegen die HETP-Werte der Raschig Super-Pak 250 wSE unterhalb der Standardpackung von Montz. Darüber hinaus zeigt die Raschig Super-Pak 250 wSE eine wesentlich höhere Kapazität als beide Montzpackungen.

In Abb. 6 (unten) wird die Raschig Super-Pak 250 wSE der Standardpackung von Sulzer M250Y sowie der Sulzer Hochleistungspackung M252Y gegenübergestellt. Auch in diesem Vergleich zeigt die Raschig Super-Pak 250 wSE den günstigsten Trennleistungsverlauf und die höchste Kapazität.

Abb. 7 gibt die Druckverlustvergleiche zwischen der Raschig Super-Pak und den Packungen von Montz bzw. Sulzer wieder.

Erneut wird der erheblich geringere Druckverlust und die weit höhere Kapazität der Raschig Super-Pak gegenüber der Montz Standardpackung aber auch gegenüber der Montz Hochleistungspackung deutlich. Analoges gilt im Vergleich zu den Packungen von Sulzer, wobei der Druckverlust der Sulzer Hochleistungspackung M252Y ähnlich niedrig verläuft wie bei der Raschig Super-Pak. Erst bei hohen Dampfbelastungsfaktoren erreicht die Raschig Super-Pak niedrigere Druckverluste als die Sulzer Hochleistungspackung M252Y.

Bei den Untersuchungen mit den Sulzer Packungen ist darauf hinzuweisen, dass die Sulzer Packung nicht bei der SRP, sondern bei der FRI vermessen wurden. Die FRI testet Strukturpackungen zwar mit dem gleichen Stoffsystem, jedoch ist die Kolonne mit einem Durchmesser von 1220 mm erheblich größer als die der SRP. Olujic [4] konnte in einer früheren Arbeit zeigen, dass der Druckverlust einer Strukturpackung bei steigendem Kolonnendurchmesser sinkt, weshalb die Druckverluste der Raschig Super-Pak bei größeren Kolonnendurchmessern möglicherweise ebenfalls geringer ausfallen könnten; dieser Versuch steht jedoch noch aus.

Abb. 8 zeigt die Druckverluste pro theoretische Stufe für verschiedene Packungsstrukturen im Vergleich. Besonders niedrige Druckverluste pro theoretische Stufe sind für Vakuumdestillationen von Bedeutung. Erneut zeigt die Raschig Super-Pak erhebliche Vorteile gegenüber den Montz- und Sulzerpackungen.

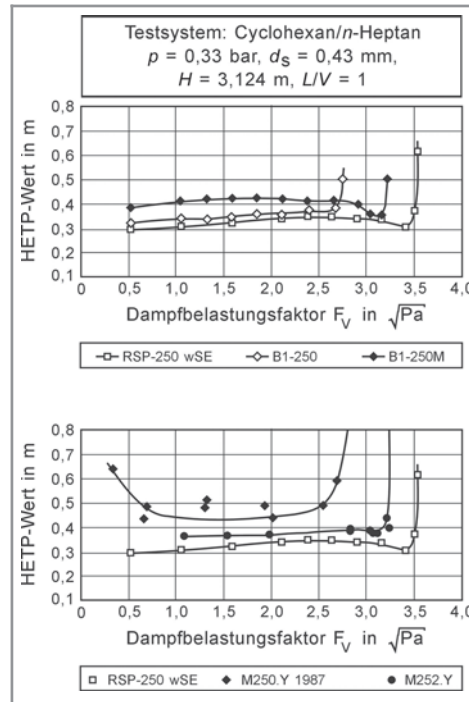


Abbildung 6. Trennleistung der Raschig Super-Pak 250 wSE im Vergleich zu Standardpackungen und Hochleistungspackungen der Fa. Montz und Sulzer bei der Rektifikation aufgetragen über dem Dampfbelastungsfaktor bei totalem Rücklauf. Sulzer Packungen wurden bei der FRI getestet.

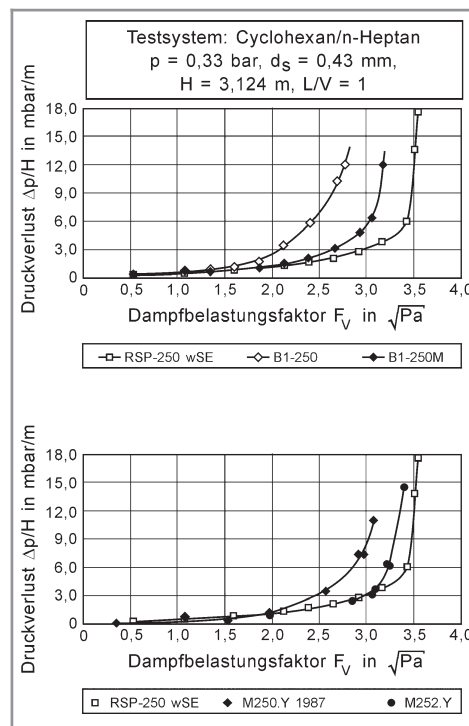


Abbildung 7. Druckverluste der Raschig Super-Pak 250 wSE im Vergleich zu Standardpackungen und Hochleistungspackungen der Fa. Montz und Sulzer bei der Rektifikation aufgetragen über dem Dampfbelastungsfaktor bei totalem Rücklauf. Sulzer Packungen wurden bei der FRI getestet.

8 Bewertung der Kapazitäten von Strukturpackungen am Auslegungspunkt

Beim Vergleich von Kapazitäten am Auslegungspunkt von Stofftrennkolonnen findet man zwei grundsätzlich verschiedene Ansätze,

Eine Art der Gegenüberstellung von Kapazitäten beruht auf dem Vergleich der Belastbarkeiten am Flutpunkt einer Packungsstruktur (senkrechter Anstieg der Funktionsverläufe bei Trennleistung und Druckverlust).

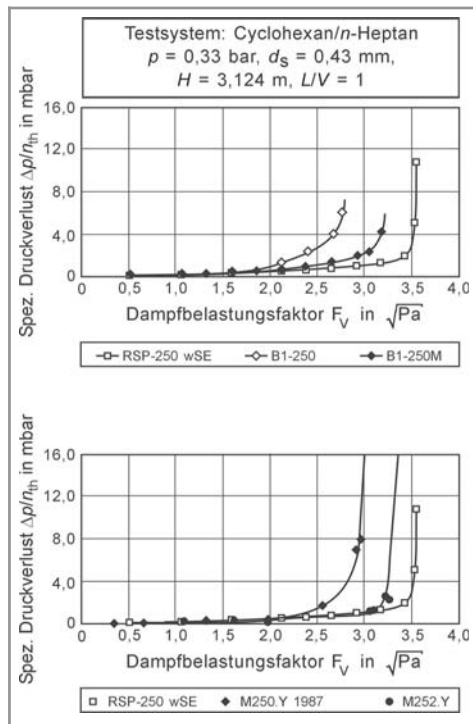


Abbildung 8. Druckverluste pro theoretischer Stufe der Raschig Super-Pak 250 wSE im Vergleich zu Standardpackungen und Hochleistungspackungen der Fa. Montz und Sulzer bei der Rektifikation aufgetragen über dem Dampfbelastungsfaktor bei totalem Rücklauf. Sulzer Packungen wurden bei der FRI getestet.

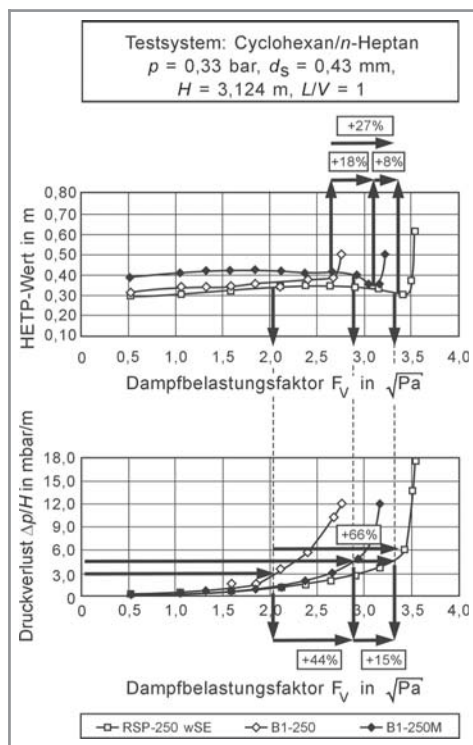


Abbildung 9. Bestimmung der Belastungsgrenzen von Strukturpackungen bei der Rektifikation.

die mit Abb. 9 verdeutlicht werden sollen. Abb. 9 veranschaulicht die Trennleistung und den Druckverlust von Montzpackungen verglichen mit der Raschig Super-Pak.

1. Ansatz

Standardpackungen wie die Montzpackung B1-250 werden oft für einen maximalen Druckverlust von 3 mbar/m ausgelegt, s. Abb. 9 (unten), Hochleistungspackungen wie die Montzpackung B1-250M dagegen für höhere zulässige Druckverluste, die z. B. bei 5 mbar/m liegen. Hieraus folgt eine Kapazitätssteigerung von 44 %. Setzt man das gleiche Druckverlustkriterium von 5 mbar/m für die Raschig Super-Pak 250 wSE an, so ergibt sich eine Kapazitätssteigerung von 66 % gegenüber der Standardpackung und eine Kapazitätssteigerung von 15 % gegenüber der Hochleistungspackung. Das obere Diagramm zeigt die dazugehörigen Trennleistungen. Es ist deutlich zu erkennen, dass sich die Hochleistungspackungen bei dieser Art der Bewertung deutlich näher an der Flutgrenze bewegen, sodass der Kolonnenbetrieb unter Umständen sensibler auf Lastschwankungen reagiert.

2. Ansatz

Eine andere Art der Gegenüberstellung von Kapazitäten beruht auf dem Vergleich der Belastbarkeiten am Flutpunkt einer Packungsstruktur (senkrechter Anstieg der Funktionsverläufe bei der Trennleistung und dem Druckverlust). Ähnliche Werte für den Vergleich von Kapazitäten bietet die Auftragung des letzten trennwirksamen Punktes im Trennleistungsdiagramm, s. Abb. 9 (oben). Bei diesen Vergleichskriterien erhält man eine 18 %ige Kapazitätssteigerung von Hochleistungs- gegenüber Standardpackungen. Die Raschig Super-Pak erzielt bei diesem Vergleich eine 8 %ige Kapazitätserhöhung gegenüber der Hochleistungspackung von Montz, bzw. eine 27 %ige Kapazitätserhöhung gegenüber der Standardpackung von Montz. Die Auslegung einer Destillationskolonne erfolgt bei dieser Betrachtung z. B. bei einer Dampfbelastung, die 75 – 80 % der Flutbelastung entspricht.

Tab. 1 zeigt im Überblick die zu erwartenden Kapazitätsgewinne der Hochleistungspackungen von Montz und Sulzer gegenüber ihren Standardprodukten, wenn als Vergleichsbasis der letzte trennwirksame Punkt der Produkte gemäß Abb. 9 (oben) verwendet wird. Die Vergleichsbasis (100 %) stellt die Kapazität der Montz Standardpackung B1-250 dar. Ebenfalls in der Tabelle eingetragen sind die Kapazitätsgewinne bei dem Einsatz der Raschig Super-Pak.

Eindrucksvoll wird deutlich, dass die Kapazitätsgewinne der Hochleistungspackungen gegenüber ihren Standardprodukten zum Teil verdoppelt werden können, wenn die Raschig Super-Pak zum Einsatz kommt. Besonders beeindruckend ist, dass diese Kapazitätsgewinne zusätzlich mit einem Trennleistungsgewinn von ca. 5 – 15 % im Vergleich zu Hochleistungspackungen von Montz oder Sulzer einhergehen.

9 Zusammenfassung

Die Raschig Super-Pak stellt eine grundsätzlich neue Geometrie für Packungen dar, die zu wesentlichen Vorteilen in der Trennleistung, der Kapazität und im Druckverlust gegenüber Standard- und anderen Hochleistungspackungen führen. Erstaunlich ist, dass sich die Vorteile gleichzeitig zeigen, was auf die optimale Fluidodynamik der Geometrie zurückzuführen ist. Neben den geringen Strömungswiderständen im Inneren der Packung ergibt sich ein ungehinderter Gasübertritt zwischen den Packungslagen. Darüber hinaus gewährleisten die schmalen Lamellen der Raschig Super-Pak, dass die Flüssigkeit das Bestreben hat, die Struktur von beiden Seiten gleichzeitig zu benetzen.

Prof. Dr.-Ing. M. Schultes

(MSchultes@raschig.de),

Raschig GmbH, Mundenheimer Straße 100,
D-67061 Ludwigshafen, Germany.

Formelzeichen

d	[m]	Durchmesser
F_V	$[\sqrt{\text{Pa}}]$	Dampf- oder Gasbelastungsfaktor
H	[m]	Höhe

Produkt Anbieter	Standard Packung		Hochleistungspackung		
	B1-250 Montz	M250Y Sulzer	B1-250M Montz	M252Y Sulzer	RSP 250 Raschig
$p = 4,140 \text{ bar}$	100 %	–	110 %	–	122 %
$p = 0,333 \text{ bar}$	100 %	95 %	118 %	120 %	127 %

Tabelle 1. Vergleich der Kapazitäten unterschiedlicher Packungen für verschiedene Kolonnendrücke.

L	$[\text{kmol}/\text{h}^{-1}]$	Molenstrom der Flüssigkeit
n_{th}	[-]	Anzahl theoretischer Stufen
p	[bar]	Druck
u_L	$[\text{m}^3/\text{m}^{-2} \text{ h}]$	Flüssigkeitsbelastung, bezogen auf den freien Kolonnenquerschnitt
u_V	$[\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ s}]$	Dampfgeschwindigkeit, bezogen auf den freien Kolonnenquerschnitt
V	$[\text{kmol}/\text{h}]$	Molenstrom des Gases
HETP	[m]	Höhe einer theoretischen Stufe

Greek Symbols

Δp	[mbar/m]	Druckverlust
ρ	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	Dichte

Indizes

L	Flüssigkeit
S	Kolonne
V	Dampf oder Gas

Literatur

- [1] M. Schultes, S. Chambers, *ICHEME* 2007, 85 (A1), 118.
- [2] Z. Olujic et al., *Chem. Eng. Proc.* 2000, 39, 335.
- [3] T. J. Cai, G. X. Chen, C. W. Fitz, J. G. Kunesch, *ICHEME* 2003, 81 (A), 85.
- [4] Z. Olujic, *ICHEME* 1999, 77 (A), 505.