



Doctoral Thesis

Tropfengrösse, Tropfenverhalten und Stoffaustausch in pulsierten Füllkörper-Extraktions-Kolonnen

Author(s):

Widmer, Fritz

Publication Date:

1966

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000310246> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. Nr. 3872

**Tropfengröße, Tropfenverhalten
und Stoffaustausch in
pulsierten Füllkörper-Extraktions-Kolonnen**

ABHANDLUNG

zur Erlangung

der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften

der

**EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE ZÜRICH**

vorgelegt von

FRITZ WIDMER

dipl. Masch.-Ing. ETH

geboren am 26. September 1935
von Ellikon a. d. Thur (Kt. Zürich)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. P. Grassmann, Referent

Prof. Dr. A. Guyer, Koreferent

Juris Druck + Verlag Zürich
1966

6. ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Tropfenbildung an einer Düse in einer pulsierenden Flüssigkeit zeigen sich bestimmte Frequenzbereiche, in denen sich regelmässig Tropfen von einheitlicher Grösse bei jedem dritten, zweiten oder jedem einzelnen Pulsationshub ablösen. Dazwischen befinden sich Uebergangsgebiete mit unregelmässiger Ablösung, in denen Tropfen unterschiedlicher Grösse gebildet werden. Für den letzten Uebergangsbereich, nach welchem eine regelmässige Tropfenablösung auf jeden Pulsationshub erfolgt, wird eine durch zwei empirische Grössen ergänzte Gleichung abgeleitet, die den Zusammenhang zwischen der Pulsationsfrequenz und dem dazugehörigen kritischen Volumenstrom beschreibt. Die Messwerte lassen sich damit für verschiedene Pulsationsamplituden, Düsendurchmesser und Flüssigkeitssysteme zusammenfassend darstellen.

Bei den folgenden Untersuchungen an Füllkörperkolonnen war es möglich, mit einer photographischen und einer photoelektrischen, auf dem Prinzip der Lichtstreuung an Tropfen beruhenden Methode, die Grösse der in pulsierten Füllkörperextraktionskolonnen gebildeten Tropfen zu bestimmen. Es gelang, die Resultate der Messungen an 6 Zweistoff- und 4 Dreistoffsystemen (mit Stoffaustausch) bei verschiedenen Füllkörperdimensionen durch einen dimensionslosen Ausdruck darzustellen, welcher alle beeinflussenden Betriebsbedingungen und die physikalischen Eigenschaften der beteiligten Stoffe enthält. Der mittlere Durchmesser nach Sauter der beteiligten Tropfen nimmt dabei umgekehrt proportional mit zunehmender Pulsationsintensität (Frequenz mal Amplitude) ab. Die Tropfenanzahlverteilung bezüglich des Tropfendurchmessers entspricht ungefähr einer Normalverteilung und die Verteilung des von den Tropfen eingenommenen Volumens einer Funktion nach Mugele/Evans.

Die Ergebnisse der Holdup Betrachtungen liessen sich ebenfalls in geschlossener Form darstellen. Ueberraschend ergibt sich dabei, dass der Holdup der dispersen Phase, ausser von der Porosität der Schichtung, den Strömungsbedingungen und der Dichte bzw. der Dichtedifferenz der beiden Phasen, nur über den mittleren Tropfendurchmesser von den Pulsationsbedingungen abhängig ist.

Stoffaustauschversuche an vier verschiedenen Stoffsystemen dienten zur genaueren Untersuchung des Einflusses der Pulsationsbedingungen, der Füllkörpergrösse und des Kolonnendurchmessers auf die Wirksamkeit der betrachteten pulsierten Füllkörperextraktionskolonnen. Zur Auswertung und zum Vergleich der Messungen wurden die Stoffübergangseinheiten (NTU) benützt. Da sich aus Holdup-

Volumen und mittlerer Tropfengröße die aktive Austauschfläche in einer Kolonne berechnen lässt, war es möglich, die Stoffdurchgangskoeffizienten zu bestimmen.

Der eigentliche Stoffübergang von den Tropfen in die umgebende Phase wird wiederum massgebend durch die Tropfengröße beeinflusst, ergibt sich doch für verschiedene Füllkörperdimensionen und entsprechend verschiedene Pulsationsbedingungen bei gleicher Tropfengröße eine ungefähr gleich hohe Kolonnenwirksamkeit. Die bei niedrigen Kolonnenbelastungen an disperser Phase (bis höchstens 40 % der Grenzbelastung) bestimmten Stoffdurchgangskoeffizienten lassen sich mit relativ guter Übereinstimmung mit eigenen Resultaten und in der Literatur veröffentlichten Ergebnissen von Versuchen an Einzeltropfen in einbautenlosen Kolonnen ohne Pulsationsbeeinflussung vergleichen. Unter gewissen Voraussetzungen (Füllkörper, Benetzungseigenschaften) weisen diese Untersuchungen damit auf eine neue Berechnungsmethode von niedrig belasteten, pulsierten Füllkörperextraktionskolonnen bei vernachlässigbarer Rückvermischung hin. Kennt man aus Einzeltropfenversuchen am betreffenden Stoffsystem die Stoffdurchgangskoeffizienten, so lässt sich mit Hilfe der Holdup-Gleichung (4.13) die Kolonnenwirksamkeit in Funktion des Tropfendurchmessers errechnen. Dieser steht wiederum nach Gl. (3.19) in Abhängigkeit der Pulsationsbedingungen und der physikalischen Eigenschaften der beteiligten Stoffe.

Durch geeignete Ansätze gelang es, aus den berechneten, mittleren Stoffdurchgangskoeffizienten der Benzoesäure enthaltenden Stoffsysteme den Einfluss der Einzelfilmkoeffizienten abzuschätzen, und diese in dimensionsloser Weise darzustellen (Gl. 5.22 bis 5.25).