

Diss. ETH No. 7806

# HYDRODYNAMICS AND MASS TRANSFER IN KÜHNI EXTRACTOR

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
ZÜRICH

for the degree of  
Doctor of Technical Sciences  
(Doktors der Technischen Wissenschaften)

presented by  
ANIL KUMAR  
M. Sc. Chem. Eng.  
born on 13th March, 1954  
citizen of India

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. S. Hartland, examiner  
Prof. Dr. F. Widmer, co-examiner

ADAG, Administration & Druck AG

Zurich 1985

### ABSTRACT

Hydrodynamics and mass transfer have been studied in a liquid-liquid Kühni extraction column with a view to improve its performance. To this end measurement techniques for determining hydrodynamic parameters have been developed.

The 150 mm diameter pilot scale column is simple in construction and has 18 stages. Each stage is fitted with highly efficient shrouded turbines which need very low agitation speeds (ca. 200 rpm) for optimum operation. Hydrodynamics in the column is controllable using suitable types of perforated plates, which can also allow for the variation of free area along the length of the column. Design of the column bottom end section was altered by placing a suitable packing inside it. This helped overcome light (dispersed) phase entrainment problems and increase capacity of the column two fold.

Experiments were conducted both in the absence and for two directions of solute transfer. Effects of variation of plate free area and process variables (flow rates, phase ratio and agitation intensity) on efficiency of the column were investigated. The Kühni column showed remarkable performance on the high interfacial tension o-xylene-acetone-water system (with NTS/m upto 7.2).

For the Kühni extractor, for the first time, axial variation in holdup, axial mixing in both phases during solute transfer taking place and column steady state behaviour were investigated and the true values of the mass transfer coefficients, independent of axial mixing effects, have been computed.

Correlations are developed which allow determination of hydrodynamic parameters under a set of experimental conditions. Applicability of correlations developed for other types of agitated columns and single drop correlations is considered. The work also includes a critical review of different methods of treatment of experimental data. A version of the backflow model which takes the presence of end sections and variation of drop

size and holdup into account was used to simulate the solute concentration profiles in the column. The true mass transfer coefficients obtained are correlated in terms of the physical properties and operating conditions.

For simple cases, the use of analytical solutions of the differential and stagewise models for concentration profile simulation, study of column operational behaviour and column design is discussed.

### ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit beschreibt Untersuchungen zum Strömungsverhalten und Stoffübergang in einer flüssig-flüssig Extraktionskolonne Typ Kühni. Zu diesem Zweck musste die Messtechnik entwickelt werden.

Als Pilotanlage dient eine einfache Kolonnenkonstruktion mit 150mm Durchmesser und 18 Stufen. Jede Stufe ist mit einem hochleistungsfähigen Turbinenrührer ausgerüstet, der auch bei niedriger Drehzahl (ca. 200 Upm) optimal wirksam ist. Durch die Verwendung geeigneter Lochscheiben lässt sich die Hydrodynamik kontrollieren und der freie Querschnitt entlang der Kolonnenachse variieren. Das Design des Kolonnenfusses ist mittels einer Sulzer-Packung verbessert worden, die ein Mitreissen der leichten, dispergierten Phase verhindert und die maximale Kolonnenbelastung verdoppelt.

Experimente wurden durchgeführt mit und ohne Stoffaustausch. Dabei wurde der Einfluss der Prozessparameter (Belastung, Phasenverhältnis und Energieeintrag) sowie eine Variation des freien Querschnittes auf den Wirkungsgrad untersucht. Dabei zeigte die Kühnikolonne ein hervorragendes Verhalten bei dem System o-Xylol-Aceton-Wasser, das eine relativ hohe Grenzflächenspannung aufweist (NTS/m bis 7.2).

Die Veränderungen des Holdups entlang der Kolonnenachse, der Längsvermischung beider Phasen während des Stoffaustausches und das stationäre Verhalten wurden zum ersten Mal an einem Kühniextraktor untersucht. Daraus ergaben sich die tatsächlichen Stoffaustauschkoeffizienten. Zur Berechnung der hydrodynamischen Parameter werden Beziehungen angegeben, die aus experimentellen Ergebnissen entwickelt worden sind. Die Arbeit schliesst einen Rückblick auf verschiedene Auswertemethoden ein, die z.T. auch an anderen Kolonnentypen entwickelt worden sind. Die Konzentrationsprofile wurden mit dem Backflow Modell unter Berücksichtigung der Kolonnenenden sowie der Variation von Holdup und Tropfengrösse simuliert. Für die resultierenden Stoffaustauschkoeffizienten wird die Abhängigkeit von den Systemeigenschaften und den Betriebsbedingungen korreliert.

Die Arbeit schliesst mit einer Diskussion über die Anwendbarkeit analytischer Lösungen des Stufen- und des Differential Modells für eine Simulation der Konzentrationsprofile sowie für Betrachtungen des Betriebsverhaltens und der Kolonnenauslegung.