

### Ausgangslage

In vorausgegangenen Arbeiten [1] wurde festgestellt, dass der spezifische Leistungseintrag bei Schüttelkolben in der gleichen Größenordnung liegt wie bei Rührreaktoren. (Abb. 1)

Bei vielen Prozessen (z.B. mechanische Belastung von Mikroorganismen) ist jedoch der lokale Maximalwert des Leistungseintrags die eigentlich bestimmende Größe. (Abb. 2)

### Messmethode

Davies [2] und Bauer [3] konnten zeigen, dass unter bestimmten Voraussetzungen, unabhängig vom Dispergierapparat, die Tropfengröße ein Maß für die Maximalwerte des Leistungseintrags darstellt. (Abb. 3)

Wir haben Tropfengrößen in folgendem vollständig koaleszenzgehemmten 2-Phasensystem in Schüttelkolben im Vergleich zum Rührkessel vermessen:

- Disperse Phase:  
68,5 Gew% Toluol / 31,5 Gew% Chloroform  
=>  $\rho = 1 \text{ kg/l}$
- Kontinuierliche Phase:  
40 mmol/l Tris-Puffer (pH 7,5)  
0,05 Gew% LEO30 ("schneller" Emulgator)  
(Abb. 4)

### Ergebnis

Bei gleichem spezifischen Leistungseintrag bilden sich im Schüttelkolben viel größere Tropfen als im Rührkessel.

### Erklärung

- Die leistungseintragende spezifische Fläche ist im Schüttelkolben sehr viel größer als im Rührkessel.
- Das theoretisch berechnete Grenzschichtvolumen nimmt größenordnungsmäßig die Hälfte des Gesamtvolumens ein. (Abb. 5)
- Übliche Betriebsbedingungen von Schüttelkolben liegen an der unteren Grenze des turbulenten Bereichs im Übergangsgebiet zum laminaren Bereich.
- Keine vollständig ausgebildete Turbulenz. (Abstand von Makro- zu Mikromaßstab zu gering)

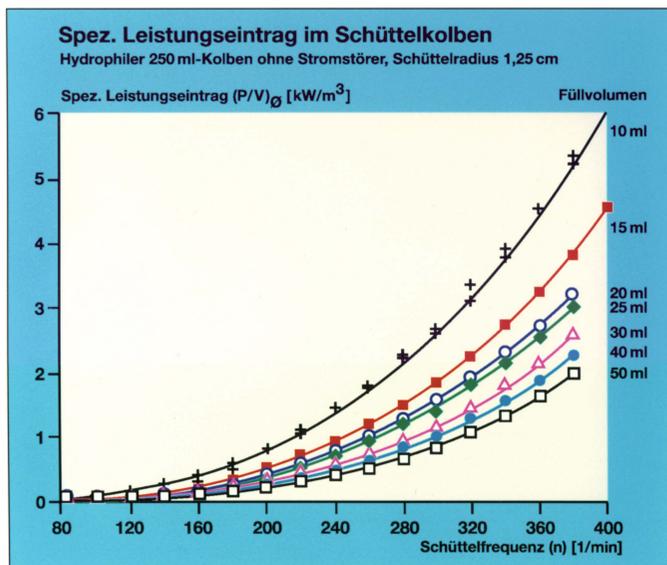


Abb. 1

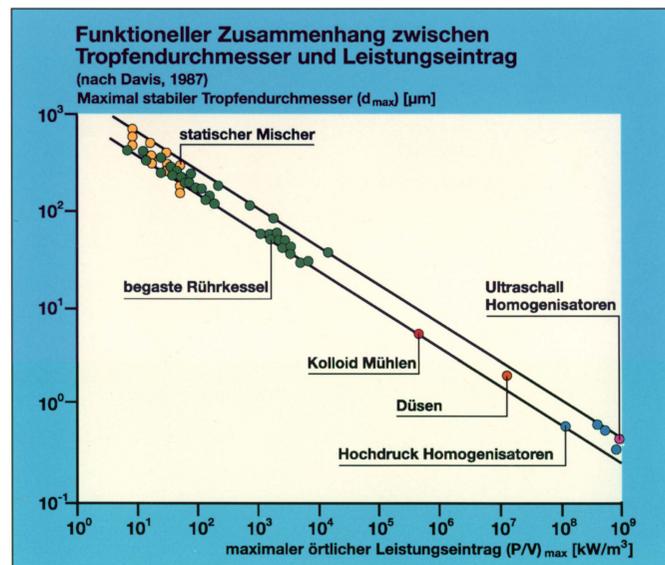


Abb. 3

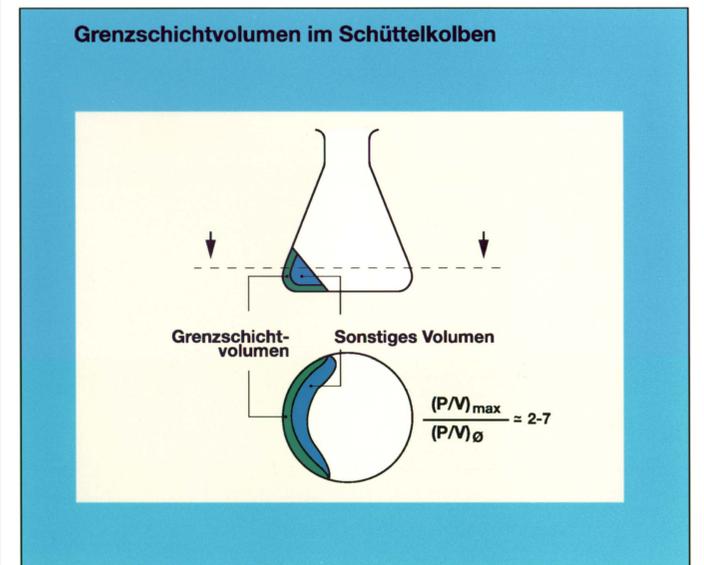


Abb. 5

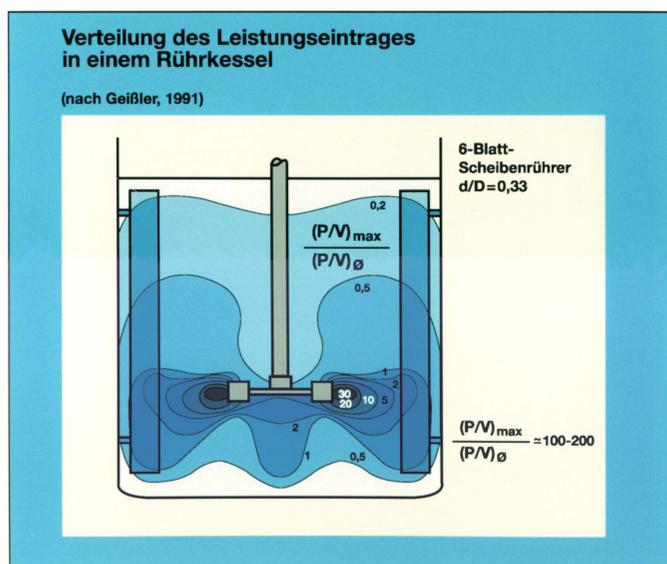


Abb. 2

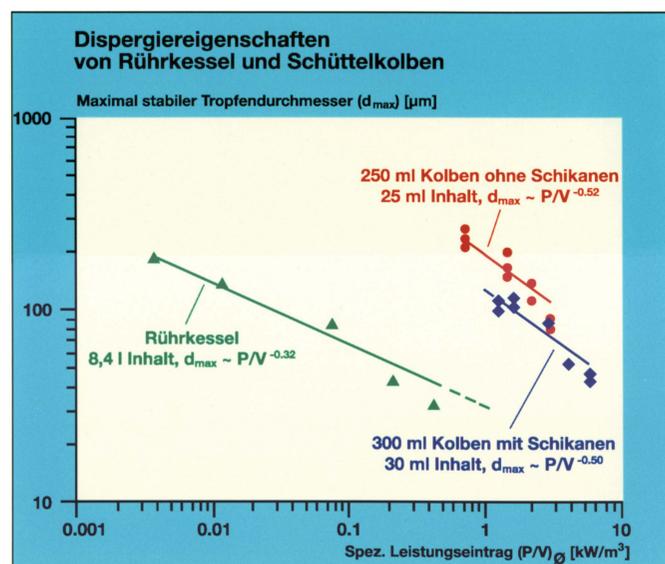


Abb. 4

### Schlussfolgerung

Die Leistungsverteilung im Schüttelkolben ist sehr viel gleichmäßiger als im Rührkessel.

### Konsequenz

Im Vergleich zum Rührkessel sehr schonende Kultivierung von Mikroorganismen in Schüttelkolben.

Das Scale-up Kriterium  $(P/V)_{\text{max}} = \text{const.}$  ist nicht realisierbar. Das entspricht der bisher rein empirisch gesammelten praktischen Erfahrung bei der Kultivierung filamentöser Mikroorganismen.

### Literatur

- [1] Büchs, J.; Kramm, H.; Mayer, B.; Zoels, B.: Der Leistungseintrag zur Charakterisierung und Maßstabsübertragung von Bioprocessen aus Schüttelkolben. GVC-Jahrestagung, Straßburg 27.-29.09.1995
- [2] Davies, J. T.: A physical interpretation of drop sizes in homogenizers and agitated tanks, including the dispersion of viscous oils. Chem. Eng. Sc., 42(7): 1671-1676, 1987
- [3] Bauer, R.: Untersuchungen zur Dispergierung in flüssig-flüssig Systemen, Diss. der Ingenieurhochschulen Köthen, 1985