

Zusammenfassung

In den vergangenen Jahren rückten Mikroreaktoren vermehrt in den Fokus des allgemeinen Interesses. Diese Systeme zeichnen sich durch eine erhöhte Reaktionsleistung unter niedrigem Energieeintrag und relativ einfache Maßstabs Vergrößerung aus. Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung und Anwendung von Mikroreaktoren auf biokatalytische Synthesereaktionen. In diesem Zusammenhang wurde das Potenzial von diesen Reaktorsystemen sowohl für isolierte Enzyme als auch für ganze Zellen untersucht.

Aufgrund der großen Phasengrenzfläche zwischen wässriger und organischer Phase und der starken Konvektivkräfte werden isolierte Enzyme in einem (wässrig-organisch) segmentierten Durchfluss Reaktor sehr schnell inaktiviert. Durch Zugabe von Tween20 wurde der direkte Kontakt der Enzymmoleküle mit der Phasengrenzfläche verhindert. So konnten fast 100% Enzymaktivität zurückgewonnen werden, verglichen mit 45% Restaktivität ohne Stabilisator. Anhand der Synthese von 1-Heptanol mittels thermostabiler *Thermus* Alkohol Dehydrogenase (TADH) und Format Dehydrogenase (FDH) zur Kofaktorregeneration wurde die Anwendbarkeit dieser Technologie untersucht. Im segmentierten Fluss in einer 0.5 mm (i.d.) Kapillare wurde eine mittlere Produktivität von $10.4 \text{ g}_{\text{Produkt}} \text{ L}_{\text{org}}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ (90 mM h^{-1}) erreicht. Der Durchmesser der verwendeten Kapillare, die Fließgeschwindigkeit und die Enzym / Substrat Konzentrationen erwiesen sich als entscheidend für die Leistung des Systems. Diese Parameter, welche das Zusammenspiel von Massentransfer und Reaktionsrate bestimmen, wurden in einem Prozessfenster zusammengefasst, welches nun als Hilfsmittel für eine systematische Optimierung dieser Systeme zur Verfügung steht.

Das Konzept der segmentierten Durchfluss-Mikroreaktoren wurde auf die Ganzzellbiokatalyse ausgedehnt, mit einem Biofilm als Modellsystem. In einem 3-stufigen Prozess konnte ein stabiler Biofilm in den Kapillaren etabliert werden. i) Anzucht eines Primärbiofilms im wässrigen Fluss. ii) Zuschalten der Gasphase in segmentierten Fluss. Dadurch kommt es zur starken Abscherung des größten Teils der Biomasse. iii) Wachstum des adaptierten Sekundärbiofilms im segmentierten Fluss. Mit dem „Segmentierter-Fluss (wässrig / Luft) Biofilm-Membran-Reaktor“ (SFBMR) und dem „Segmentierter-Fluss (wässrig / Luft / organisch) Biofilm-Reaktor (SFBR) wurden zwei unterschiedliche Durchfluss-Reaktoren entwickelt. Es zeigte sich, dass die Biofilm katalysierten Biotransformationen hauptsächlich durch Sauerstoff limitiert wurden. Mit der Erhöhung des Sauerstofftransfers im SFBMR konnte eine vierfache Erhöhung der volumetrischen Produktivität (11 bis $46 \text{ g}_{\text{Sty.oxid.}} \text{ L}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$) erreicht werden. Im SFBR war es aufgrund der limitierten Verweilzeit im Reaktor nicht möglich, den Sauerstofftransfer wesentlich

zu erhöhen. Dies führte zu sehr niedrigen Umsatzraten und zeigt einen klaren Nachteil des SFBR's im Vergleich zum SFBMRs.

Zusammenfassend zeigt diese Arbeit die Entwicklung und Anwendung von segmentierten Durchfluss-Mikroreaktoren für Enzym und Biofilm katalysierte Reaktionen, und verdeutlicht das Potenzial dieser Technologie für die Biotechnologie.