

Implementierung vernetzter Hochdruck-Prozessmembranpumpen in kontinuierlichen überkritischen Industrieprozessen

*Dipl.-Ing. Volker Kirschbauer; Dr.-Ing. Hans-Joachim Johl,
LEWA GmbH, Ulmer Strasse 10, 71299 Leonberg/Deutschland*

Prozess- und Umweltsicherheit können beim Einsatz hermetischer Hochdruck-Prozesspumpen bei überkritischen Fluiden erfolgreich und vorteilhaft für die Prozessentwicklung realisiert werden. Verfahren wie überkritische Extraktion (SFE) und überkritische Chromatografie (SFC) können aufgeführt werden. Der entscheidende Transfer vom Pilotmaßstab durch Scale-up in robuste Industrieprozesse kann an Beispielen der Pharmazeutische-, Lebensmittel-, Elektronik- oder Umwelttechnik aufgezeigt werden. Gerade im Bereich der Naturstoffaufreinigung gewinnen diese „nachhaltig“ zu bewertende Verfahren zunehmend an Bedeutung.

Überkritische Fluide wie CO₂ nutzen die hohe Löslichkeit und günstige Massenübertragungseigenschaften ohne Veränderung der Moleküleigenschaften. SFE ist z.B. eine sehr selektive, aber schonende Extraktionstechnik dank der niedrigen kritischen Temperatur von 31°C bei 73,8 bar(abs). Dies ermöglicht beispielsweise sehr gut die sterile Aufreinigung wertvoller Naturprodukte unter Sauerstoffausschluss. Bei CO₂ als flüssige Phase in der Extraktion und auch bei der Fraktionierung können entflammbare und umweltkritische VOC-emittierende Lösungsmittel weitgehend vermieden werden. Das inerte CO₂ hingegen kann sogar recycelt werden.

Die robuste und zuverlässige Skalierung dieser Prozesse vom Labor (Methode) bis hin zum Produktionsmaßstab verlangt jedoch Erfahrung in der Hochdrucktechnik (Flüssiggase) verbunden mit Hygienic Design Ausführungen, um regulatorische Anforderungen zu erfüllen (FDA; GMP). Insbesondere bei den druckerzeugenden Apparaten sollte bereits bei der Prozessentwicklung an die Auswahl hermetisch dichter Prozess-Membranpumpen geachtet werden, da diese aufgrund ihrer drucksteifen Pumpenkennlinie auch bei größeren Fördermengen (>10m³/h) sicher

24/7 robust betrieben werden können. Erfahrung bei der hydraulischen und thermodynamischen Auslegung und Berechnung sind wichtig bei der Implementierung für die kontinuierliche Prozessführung (SFE, SFC/SMB, etc.).

Als eine beispielhafte Integration der Kombination von überkritischer Extraktion und Chromatografie mit hygienegerechten Membranpumpen wird die Extraktion und Aufreinigung anhand mariner Quellen zur Produktion pharmazeutisch hochreiner Omega-3 Fettsäuren erläutert.

Neben den apparatetechnischen Vorteilen von Hochdruckmembranpumpen bei überkritischen Prozessen kommt deren Vernetzbarkeit und maschinenspezifische Fehler- und Verschleißdiagnose-Vorhersage der Sicherheit kontinuierlicher Prozessführung zugute. Denn kritische Verfahren mit hoher Ausbeuteerwartung benötigen eine stabile und robuste Prozessführung, die eine digitale Beobachtung und Integration in lokale Systeme am Betreiberstandort rechtfertigt. Die digitalen Informationen der beteiligten Apparate - wie Prozesspumpen - können zur zukünftigen Optimierung der Prozessführung eingesetzt werden (machine learning). Eng gesetzte Parameter vieler kritischer industrieller Prozesse erlauben nur geringe Abweichungen – dynamische digitale Abstimmung innerhalb der Pumpe und im Verbund erlauben ständige Korrekturen. Bemühungen um Produktivitätssteigerungen sowie Minimierung von Ausfall und Sekundärschäden des Betreibers können damit auch pumpenseitig unterstützt werden.