

Optimierung der Entwässerung von Ethanol mittels Pressure Swing Adsorption

Um einen angemessenen Vergleich zwischen Pressure Swing Adsorption (PSA) und Pervaporation (PPA) für die Entwässerung von Ethanol zu ermöglichen, ist eine Optimierung der PSA-Pilotanlage nötig. Ethanol-Wasser-Gemische bilden durch physikalische Phänomene bei 95.6 wt% ein Azeotrop. Eine höhere Reinheit ist durch thermische Trennmethode nicht möglich. Jedoch ist diese für den Einsatz in der chemischen Industrie und als Zusatz in Kraftstoffen nötig.

Durch Adsorption wird das Wasser aus dem dampfförmigen Azeotrop mit dem Molekularsieb adsorbiert. Dabei sind Reinheiten von über 99.8 wt% möglich. Um den Prozess kontinuierlich ablaufen zu lassen, werden zwei Adsorber parallel geschaltet. Dabei wird abwechslungsweise in einem Adsorber Wasser adsorbiert und im anderen unter Vakuum regeneriert.

Ziel der Arbeit war es, die Abhängigkeit der Zulaufmenge und des Wassergehaltes auf die Trennung und den Energiebedarf zu ermitteln. Die Einflüsse des Regenerierdruckes und des Wassergehaltes im Regenerat sollten untersucht werden. Zusätzlich wurde ein energetischer und ökonomischer Vergleich zwischen PSA und PPA durchgeführt. Die Daten der PPA wurden aus der ZHAW-Bachelorarbeit Linder/Steiner aus dem Jahr 2012 entnommen.

Zu Beginn der Arbeit wurde hauptsächlich an der Optimierung des Feed-Stroms und des Regeneratstroms gearbeitet. Die Trennwirkung des Molekularsiebes hat sich jedoch über die Zeit verschlechtert. Ein Zeolith-Wechsel wurde geprüft und umgesetzt. Zusätzlich wurde der vollständige Zyklus im Prozessleitsystem automatisiert. Um die Sicherheit zu erhöhen, wurde ermöglicht, dass das Vakuum mit Stickstoff statt mit Luft gebrochen wird. Experimente wurden durchgeführt, um den Satttdampfdruck zu erhöhen und den Regenerationsdruck zu vermindern. Die Messungen haben gezeigt, dass das Molekularsieb im Verlauf der Versuchstage an Leistungsfähigkeit verliert. Die Zielreinheit von 99.8 wt% wurde nicht erreicht. Die maximal erreichte Reinheit von 99.5 wt% konnte nicht über längere Zeit gehalten werden. Der wirtschaftliche Vergleich wurde deshalb mit einer Reinheit von 99.5 wt% durchgeführt. Dabei resultierte, dass die PSA trotz höherer Anlagenkosten nach 1.7 Millionen produzierten Litern wasserfreiem Ethanol günstiger wird. Für weitere Untersuchungen sollte die Anlage für längere Messzeiten am Stück gefahren werden. Eine Erniedrigung des Regenerierdruckes und eine Erhöhung der Adsorbentemperatur sind anzustreben.



Diplomierende
Adrian Epprecht
Peter Näf

Dozierende
Thomas Spielmann
Thomas Martin Zähringer



Verwendete Adsorber der Pressure-Swing-Adsorptions-Pilotanlage.