

Ammoniakstripping zur Rückgewinnung von Stickstoff aus Prozesswasser

Diplomand



Sandro Mathys

Ausgangslage: Stickstoff (N) ist ein essenzieller Nährstoff in der Lebensmittelproduktion und wird für die Synthese von Ammoniak verwendet. Die Ammoniaksynthese wird heute ausschliesslich über das energieintensive Haber-Bosch-Verfahren sichergestellt. Am Ende des N-Lebenszyklus wird dieser mit hohem Energieaufwand aus dem Abwasser entfernt und in die Atmosphäre abgegeben. Aus Sicht der Kreislaufwirtschaft ist dieses Vorgehen weder ökologisch noch ökonomisch zufriedenstellend. Das Schweizer Startup TreaTech betreibt eine Pilotanlage zur katalytischen hydrothermalen Vergasung (HTV), bei der unter anderem ammoniumreiches Prozesswasser anfällt, wenn die behandelten Abfallströme N enthalten, der während der Aufbereitung in Ammonium umgewandelt wird. Da das N in hoher Konzentration und in einer günstigen Form vorliegt, bietet sich die Möglichkeit, die Behandlung mit einer N-Rückgewinnung zu verbinden und den Schadstoff so wieder in eine Ressource umzuwandeln.

Vorgehen: In dieser Arbeit wurde das Ammoniakstripping als Verfahren zur Stickstoffrückgewinnung untersucht. Dazu wurden in einer Reihe von Laborversuchen die optimalen Prozessparameter für den Batchbetrieb hinsichtlich pH-Wert, Strippingtemperatur und Luftvolumenstrom evaluiert. Die Erfolgskontrolle erfolgte über die photometrische Messung der TAN-Konzentration (total ammoniacal nitrogen). Die Versuche wurden zunächst an einem Modellwasser aus Ammoniumcarbonat durchgeführt und anschliessend am realen Prozesswasser der HTV validiert. Ein Base Case Versuch bei Raumtemperatur, pH-Wert 8.9 und einem Luftvolumenstrom von 2000 ml/min diente als Referenz. Die Laborversuche wurden durch eine ökonomische Machbarkeitsanalyse für eine Referenzanlage ergänzt.

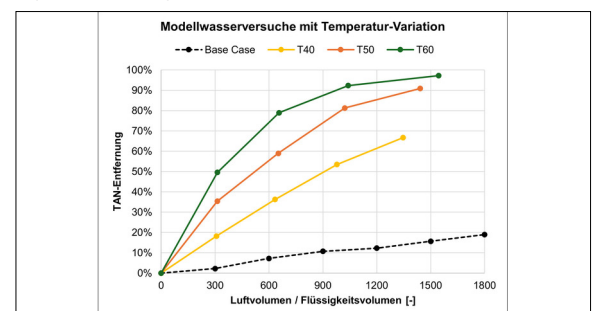
Ergebnis: Der Base Case bei Raumtemperatur erreichte nur eine geringe TAN-Entfernung (< 20 %) und bestätigte damit die Notwendigkeit einer Anpassung der Prozessparameter. Die Anhebung des pH-Werts auf 10, 11, 12 bzw. 12 mit kontinuierlicher Nachregelung steigerte die Entfernung deutlich. Noch höher war die TAN-Entfernung bei Erhöhung der Strippingtemperatur. Bei 60 °C konnte nahezu das gesamte TAN entfernt werden, ohne dass eine pH-Anpassung erforderlich war. Die TAN-Entfernung veränderte sich nicht signifikant durch die Variation des Luftvolumenstroms bei vergleichbarem Luft-zu-Flüssigkeitsverhältnis. Die Modellwasserergebnisse konnten am Prozesswasser bei 60 °C nahezu identisch reproduziert werden. Durch eine zusätzliche Anhebung des pH-Werts auf 9.8 wurde eine praktisch vollständige TAN-Entfernung (99 %) erreicht. Aus den Versuchen ergibt sich somit eine klare Rangfolge der Prozessparameter: Am wirksamsten war die Temperatur, gefolgt vom pH-Wert. Der Luftvolumenstrom hatte im untersuchten Bereich keinen relevanten Einfluss auf die TAN-Entfernung. Die ökonomische

Machbarkeitsanalyse für eine Referenzanlage mit einer Stickstofffracht von 53'280 kg N/a ergab Betriebskosten von 3.58 CHF/kg N (ohne pH-Anpassung) bzw. 10.53 CHF/kg N (mit pH-Anpassung). Der Umsatz aus dem Verkauf von Ammoniumsulfat als Düngemittel beträgt 1.18 CHF/kg N. Im Vergleich zur biologischen Stickstoffelimination ist das Ammoniakstripping dennoch wirtschaftlich und ökologisch attraktiver, da der Stickstoff zurückgewonnen und der Stickstoffkreislauf grösstenteils geschlossen wird. Empfohlen wird die Verfahrensvariante ohne pH-Anpassung bei 60 °C. Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit der Ammoniakstripping-Anlage ist die Nutzung der bereits vorhandenen Prozesswärme der HTV-Anlage.

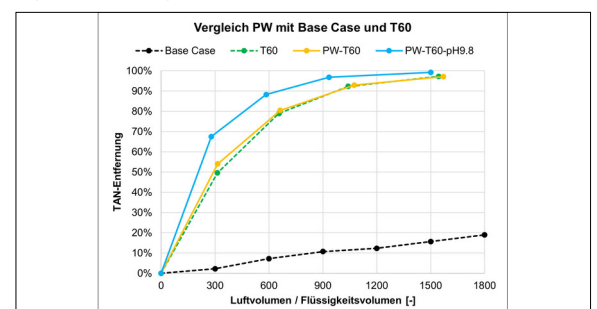
Versuchsaufbau für das Ammoniakstripping bei erhöhter Temperatur
Eigene Darstellung



Einfluss der Stripping-Temperatur auf die TAN-Entfernung (T=Temperatur in °C)
Eigene Darstellung



Vergleich der Prozesswasserversuche PW-T60 und PW-T60-pH9.8 (mit pH-Anpassung) mit Base Case und T60
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Jean-Marc Stoll

Korreferent

Eidg. dipl. Ing. Fabian Keller, Carlo Bernasconi AG

Themengebiet
Wasseraufbereitung

Projektpartner

TreaTech, Lonay, Waadt