

Kohlendioxid-Abscheidung in Biogasanlagen durch Verflüssigung von Offgas

Entwicklung, Dimensionierung und Simulation verschiedener Gasverflüssigungskonzepte

Student



Jan Hüppi

Ausgangslage: Rohbiogas einer Biogasanlage besteht aus rund 60 % Methan CH_4 , 40 % Kohlendioxid CO_2 und Feuchtigkeit. Bei der Aufbereitung von Rohbiogas zu Biogas muss CO_2 und Feuchtigkeit dem Gasstrom entnommen werden, damit das Produktgas einen hohen Anteil an CH_4 enthält. Bei diesem Aufbereitungsprozess entsteht Offgas, welches typischerweise an die Atmosphäre abgegeben wird. Die dadurch entstehenden CH_4 -Emissionen werden als Restmethan bezeichnet. Der vorgeschriebene Grenzwert für den Ausstoss an Restmethan wird immer restriktiver und kann insbesondere mit kleinen Aufbereitungsanlagen kaum mehr erreicht werden. Im Auftrag der Apex AG soll anhand einer Referenzanlage untersucht werden, wie sich die Restmethanemissionen durch die Verflüssigung von Offgas am besten reduzieren lassen und wie zugleich das verflüssigte CO_2 separiert werden kann.

Vorgehen: Die Projektarbeit beginnt mit der Erfassung der Anlagentechnik und der Rahmenbedingungen der Referenzanlage. Darauf aufbauend werden mögliche Konzeptvarianten zur Realisierung der Projektidee ausgearbeitet und bewertet. In Zusammenarbeit mit der Apex AG wird dann das vielversprechendste Konzept zur weiteren Analyse ausgewählt und eine Vordimensionierung durchgeführt. Anschliessend werden die Anlagen- und Verfahrenstechnik detailliert ausgearbeitet, alle benötigten Komponenten dimensioniert und Simulationen in der Software Aspen Plus durchgeführt. Nach Beendigung der technischen Ausarbeitung werden die Investitions- und Betriebskosten des Konzepts berechnet und die Wirtschaftlichkeit bewertet. Die Arbeit schliesst mit einer Konzeptempfehlung und einem Vorschlag für das weitere Vorgehen.

Ergebnis: Im Rahmen der Arbeit werden die Konzepte 1: Teilkondensator, 2: Teilverdampfer und 3: Rektifikation untersucht. Die Konzepte haben gemeinsam, dass die Separation der Offgasbestandteile durch Ausnutzen von Dampf-Flüssigkeits-Gleichgewichten erfolgt. Die Resultate der thermodynamischen Analyse ergeben, dass das Konzept 3: Rektifikation aufgrund der guten Prozessstabilität sowie der zu erwartenden hohen CO_2 -Reinheit am vielversprechendsten ist. Beim Konzept 3 wird das Offgas auf einen Druck von 50 bara verdichtet und in eine Rektifikationskolonne geführt, in welcher die Verflüssigung und Separation des Gemischs stattfindet. Am Kolonnenkopf tritt ein Offgasstrom mit leicht erhöhtem CH_4 -Anteil aus, welcher wieder der Biogasaufbereitungsanlage (BGAA) zugeführt werden kann. Am Boden der Kolonne kann ein CO_2 -reicher Stoffstrom entnommen und in geeignete Lagerbehälter abgefüllt werden. Die dimensionierte Kolonne hat eine Packungshöhe von 1.2 m und einen Durchmesser von 65 mm. Der auf

die Masse an eingelagertem CO_2 bezogene Energiebedarf der gesamten Verflüssigungsanlage beträgt 0.27 kWh/kg CO_2 . Die Investitionskosten des Konzepts betragen 151'000 CHF und es werden Betriebskosten in der Höhe von 34'300 CHF/a erwartet. Unter Berücksichtigung der Einnahmen aus dem Verkauf von CO_2 und des zusätzlich eingespeisten Biogases resultiert in der Basisrechnung ein Kapitalwert von -74'600 CHF. Ein wirtschaftlicher Betrieb könnte erreicht werden, wenn zum Beispiel die Investitions- und Betriebskosten um 10 % reduziert werden oder wenn der CO_2 -Verkaufspreis von 0.075 CHF/kg auf 0.085 CHF/kg ansteigt.

Abb. 1: Vereinfachtes Verfahrensfließbild des Konzepts 3: Rektifikation
Eigene Darstellung

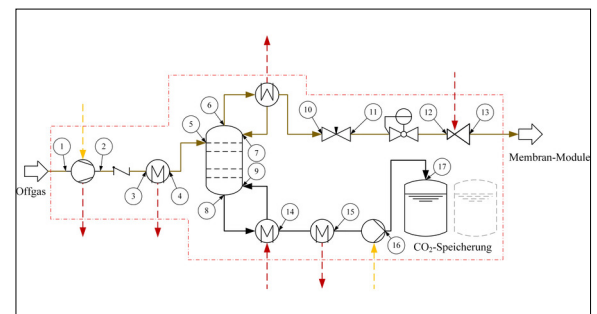


Abb. 2: Parameterstudie zur Prozessstabilität bei variierenden Offgaseigenschaften & einem konstanten Druck von 50 bara.
Eigene Darstellung

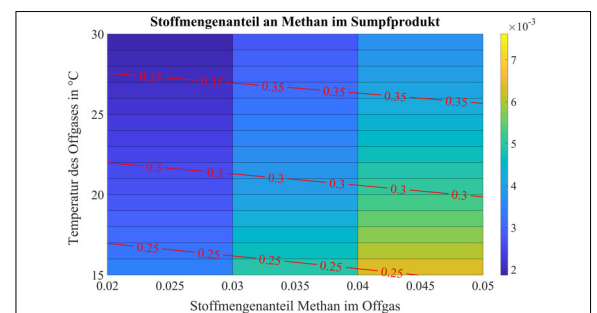


Abb. 3: Sensitivitätsanalyse - Kapitalwert in Funktion des Stromtarifs und des CO_2 -Verkaufspreises
Eigene Darstellung

Kapitalwert in CHF	
0.115	367500 328100 287900 249500 210100 172600 133200 95600 52700
0.105	296700 257000 215800 178300 138900 101400 62000 24500 -18500
0.095	225100 185800 144700 107100 67700 30200 -9200 -46700 -89600
0.085	154000 114600 73500 35900 -3400 -41000 -80700 -117900 -160900
0.075	82800 43400 2300 -35300 -74600 -112200 -151500 -189100 -232000
0.065	11900 -27800 -68900 -106400 -145800 -183700 -222700 -260700 -303200
0.055	-59600 -98900 -140100 -177600 -217000 -254500 -293900 -331400 -374400
0.045	-130800 -170100 -211200 -248800 -288100 -325700 -365100 -402600 -445900
0.035	-201900 -241300 -282400 -320000 -359300 -396900 -436200 -473800 -516700
	0.14 0.16 0.18 0.20 0.22 0.24 0.26 0.28 0.30
	Verkaufspreis von Kohlendioxid in CHF/kg
	Stromtarif in CHF/kWh

Referent

Prof. Dr. Markus Friedl

Themengebiet
Energy and
Environment

Projektpartner
Apex AG, Däniken,
Solothurn

