

# Technikumsanlage zur Absorption und Desorption von Sauer gasen

Jan Lubensky, Mark Read, Fritz Kittinger  
Montanuniversität Leoben, Institut für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes,  
A-8700 Leoben, Franz-Josef-Straße 18  
vtiu@unileoben.ac.at

## Kurzfassung

Bei der Absorption wird die unterschiedliche Löslichkeit von Gasen in einer Flüssigkeit (Absorbens) genutzt, um eine Trennung von Gasgemischen zu erreichen. Je nachdem, welche Komponente abgetrennt werden muss, wird ein dementsprechend selektives Lösungsmittel eingesetzt. Trotz vieler Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet, gibt es nicht für jedes Gas eine Flüssigkeit, in welcher die Absorption sowohl selektiv wie auch ausreichend schnell vonstatten geht, sodass abhängig von der Absorptionsgeschwindigkeit unterschiedliche Bauarten von Absorbern eingesetzt werden müssen.

Am Institut für Verfahrenstechnik in Leoben wird diese Problematik seit geraumer Zeit genauer untersucht. Seit 2010 verfügt das Institut über einen Sprühwäscher mit drei Düsenebenen, welchem zusätzlich eine Desorptionskolonne nachgeschaltet ist. Durch eine modulare Bauweise kann jener sowohl zu einer Füllkörperkolonne umgebaut, als auch um eine Blasensäule erweitert werden. In Zusammenarbeit mit Andritz Energy and Environment GmbH wurde die Anlage bereits für CO<sub>2</sub>-Abscheideversuche mit Monoethanolamin (MEA) und Rauchgasentschwefelungsversuche mit Seewasser (SeeREA) genutzt. Zudem sollen Vorversuche für die Inbetriebnahme einer weiteren vor kurzem in Zusammenarbeit mit RVT Process Equipment fertig gestellten Absorptionsanlage durchgeführt werden. Letztere befindet sich ebenfalls am Institut, weist aber im Gegensatz zum Sprühwäscher mit drei Ebenen einen Innendurchmesser des Absorbers von 0,6 [m] bei einer Anlagenhöhe von 7 [m] auf.

## Einleitung

Bei den Bauformen eines Absorbers wird aufgrund des unterschiedlichen Kontaktes zwischen Gas und Waschmittel folgendermaßen unterschieden:

- Füllkörper bzw. Packungskolonne: Hier bilden Gas und Waschmittel jeweils eine zusammenhängende Phase.
- Blasensäule: Das Gas wird im Waschmittel dispergiert, das Waschmittel bildet eine zusammenhängende Phase.
- Sprühwäscher: Das Gas bildet eine zusammenhängende Phase und das Waschmittel wird im Gas dispergiert.

In diesem Bericht wird auf die im Technikum für Verfahrenstechnik aufgebaute Absorptions- bzw. Desorptionsanlage eingegangen. Basierend auf dem Know-How eines ca. 2 [m] hohen Sprühwäschers mit einer Ebene, welcher bereits 2004 für ein Projekt zur Abgasentschwefelung aus Plexiglas gefertigt worden war, wurde, im Zuge der Übersiedlung des Instituts, ein Sprühwäscher mit drei Ebenen in Modulbauweise geplant. Dieser wurde im Jahr 2010 im Technikum des Instituts für Verfahrenstechnik in Leoben aufgebaut und in Betrieb genommen.

Die Anlage ist aus Edelstahl gefertigt und verfügt neben einem Absorber auch über einen Desorber, welche unabhängig voneinander betrieben werden können. In

Desorptionskolonne kann das beladene Lösungsmittel durch Erhitzen regeneriert werden. Zum jetzigen Stand (März 2012) wurden mit dieser Versuchsanlage neben Laborübungen für Studenten der Studienrichtung Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes auch CO<sub>2</sub>-Abscheide- und SeeREA-Versuche in Zusammenarbeit mit Andritz Energy and Environment GmbH durchgeführt, worüber auch eine Diplomarbeit „*Untersuchung eines Sprühwäschers für die CO<sub>2</sub>-Abtrennung aus Rauchgasen*“ verfasst wurde. Aufgrund der Erfahrungswerte mit dem einstufigen Sprühwäscher, ist diese Anlage auch für Rauchgasentschwefelung nach dem Kalkstein-Nassverfahren geeignet. [1]

### Aufbau der Versuchsanlage

Die Versuchsanlage, welche in Abbildung 1 dargestellt ist, verfügt über einen 4,5 [m] hohen Absorber mit einem Innendurchmesser von 150 [mm], welcher über drei Etagen zugänglich ist. Aufgebaut und geplant wurde die Anlage in Modulbauweise, wodurch Umbaumaßnahmen rasch durchgeführt und einzelne Edelstahlrohre z.B. durch Plexiglas ersetzt werden können, um für die jeweiligen Versuche wichtige Details sichtbar zu machen.

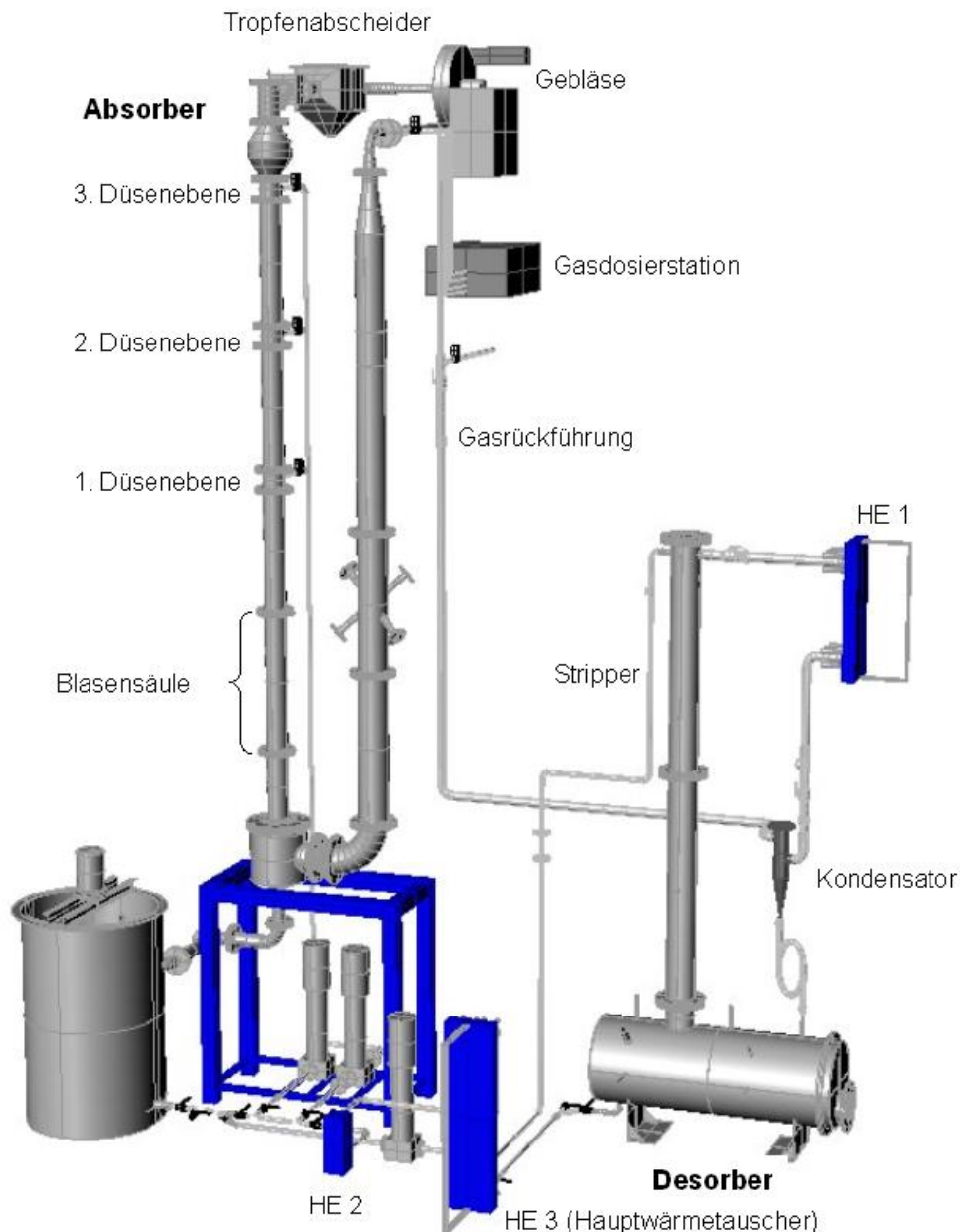
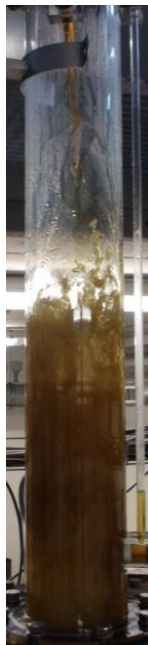


Abbildung 1: Versuchsanlage

Ab einer Höhe von 2,5 [m] über dem Absorberboden befinden sich drei Düsenebenen, welche in einem Abstand von 1 [m] angeordnet sind und unabhängig voneinander betrieben werden können. Das Gas wird im Gegenstrom zum Waschmittel über ein Gebläse in den Absorber gebracht. Weiters kann der Sprühwäscher zu einer Füllkörper bzw. Packungskolonnen umgebaut werden. Dabei kann die Füllkörperhöhe durch die Flexibilität bei der Düsenwahl frei gewählt und variiert werden.

Zusätzlich kann der Sprühwäscher noch um eine Blasensäule erweitert werden (siehe Abbildung 2). Hierfür wird am unteren Ende des Absorbers ein 1 [m] hohes Plexiglasrohr eingebaut, mit welchem die „Clear Liquid High“ gemessen und die Blasensäule sichtbar gemacht werden kann. Die Blasensäule kann entweder in Kombination mit den Düsen oder auch alleine, mit einer separaten Lösungsmittelzufuhr, betrieben werden.

Aus zwei Hauptgründen wurde anstelle von Plexiglas Edelstahl für die Ausführung gewählt. Einerseits traten mit dem Sprühwäscher mit einer Ebene Schwierigkeiten mit der Dichtheit der Anlage auf, andererseits sind nun absorberseitig Temperaturen von bis zu 75 °C und desorberseitig bis zu 150 °C realisierbar (mit Plexiglas lediglich 50 °C). Die Anlage verfügt über zwei Heizungen, eine befindet sich im Absorbersumpf mit einer Leistung von 6 [kW] und die Zweite, mit einer Leistung von 90 [kW], ist im Desorbersumpf eingebaut. Diese beiden Vorteile der Edelstahlbauweise überwiegen gegenüber einem vollständigen Aufbau aus Plexiglas, vor allem da einzelne Anlagenkomponenten durch Plexiglas ersetzt werden können und so auch direkte, visuelle Beobachtungen während eines Versuchs erlauben (vgl. Abbildung 2).



*Abbildung 2: Blasensäule*

### **Mögliche Betriebsweisen der Anlage**

Für die Versuchsdurchführung können je nach Anforderung unterschiedliche Betriebsweisen gewählt werden:

- 8-ter Loop: hier werden Absorber und Desorber parallel betrieben, d.h. das im Absorber eingesetzte und dadurch beladene Lösungsmittel wird anschließend im Desorber regeneriert und wieder dem Absorber zugeführt. Das ausgetriebene Gas kann über eine Rückführung wieder dem eintretenden Gas beigemischt

- werden.
- nur Absorberloop
    - o Closed Loop: Für diese Betriebsweise wird vor dem Versuch eine bestimmte Menge an Lösungsmittel (ca. 500 [l]) in den Absorbersumpf gepumpt, welche dann im Kreislauf gefahren und nicht regeneriert wird. Durch diese Fahrweise ändert sich unter anderem die Beladung des eingesetzten Lösungsmittels mit zunehmender Versuchsdauer.
    - o Open Loop: Dabei wird das eingesetzte Lösungsmittel aus einem separaten Tank in den Absorber eingebracht und anschließend im Sumpf gesammelt. Vorteil dieser Fahrweise ist, dass während des Versuchs unterschiedliche Parameter, wie z.B. das Liquid/Gas-Verhältnis, verändert werden können. Somit können mit einem Versuch unterschiedliche Parameter bei selben Lösungsmittelleingangskonzentrationen untersucht werden.

Bei der Verwendung kritischer Rauchgaskomponenten wie z.B. SO<sub>2</sub> wird aus Emissionsgründen eine geschlossene Kreislaufführung des Gasstroms gewählt. CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> können dem Gasstrom über die Gasdosierung beigemischt werden, wobei durch kleine Umbauarbeiten auch andere Gase eingesetzt werden können.

Es können Gasvolumenströme von 30 bis 250 [m<sup>3</sup>/h] realisiert werden, dies entspricht Gasgeschwindigkeiten von 0,5 bis 4 [m/s] im Absorberquerschnitt. Beim Lösungsmittelleinsatz hängt der Durchsatz stark von den verwendeten Düsen ab, wobei mit den bei den bisherigen Versuchen eingesetzten Düsen Fulljet 1530 der Firma Spraying Systems Durchflüsse von 0,3 bis 0,8 [m<sup>3</sup>/h] pro Düse erreicht werden können. Geringere Durchflüsse sind durch das nicht voll ausgebildete Sprühbild der Düse kritisch.

Unter diesen Rahmenbedingungen können sowohl beim Sprühwäscher als auch bei Füllkörperversuchen Liquid/Gas-Verhältnisse von 3 – 24 [l/m<sup>3</sup>] hergestellt werden. Der modulare Wäscheraufbau erlaubt es, je nach Lage des Widerstandes beim Stoffübergang gas/flüssig die richtigen Versuchsbedingungen zu schaffen. So ist z.B. bei der Absorption eines gut löslichen Gases der Sprühwäscher der Packungskolonnen vorzuziehen.

## **Mess- und Regeltechnik**

Die Gaszusammensetzung wird sowohl auf der Roh- als auch auf der Reingasseite kontinuierlich gemessen. Dabei können SO<sub>2</sub> in einem Messbereich von 0 bis 30.000 ppm und CO<sub>2</sub> von 0 bis 100 Vol% über eine Infrarotmessung sowie O<sub>2</sub> elektrochemisch von 0 bis 25 Vol% gemessen werden.

Weiters ist die gesamte Anlage mit ca. 20 Temperatursensoren ausgestattet, welche ebenfalls kontinuierlich aufgezeichnet werden. Über den Absorber wird zusätzlich der Druckverlust gemessen, welcher ein wichtiges Kriterium für den Energieverbrauch eines Absorbers darstellt und die Gebläseleistung bestimmt. Alle Daten werden an einer zentralen Warte gesammelt und aufgezeichnet. Von dort aus ist auch die Steuerung und Überwachung der gesamten Anlage während eines Versuches möglich. Als Steuerungssystem dient Fieldpoint National Instruments, dies ist mit Lookout für die Visualisierung und Steuerung gekoppelt.

## **Durchgeführte Versuche**

Für die durchgeführten SeeREA Untersuchungen wurden unter anderem RVT-Füllkörper Hiflow-Rings 25-7 Plastic herangezogen. Dafür wurde der Absorber mit den Füllkörpern befüllt, welche durch einen Lochboden im Absorber gehalten wurden. Die Füllkörperhöhe ist variabel, da diese mit der ersten, zweiten oder dritten Düsenebene mit

Absorptionsmittel beschickt werden können. Idealerweise sollte der Vollkegel der Düse 20 [cm] oberhalb der Füllkörper voll ausgebildet sein, wodurch sich Füllkörperhöhen von 1,8, 2,8 und 3,8 [m] ergeben (bei Fulljet Düsen 1530). Bei den gewählten Parametern wurde eine nahezu vollständige Abscheidung erreicht. Zusätzlich wurden die Füllkörper im Absorber hydraulisch vermessen und die dabei erhaltenen Ergebnisse liegen dicht an den Herstellerangaben.

Für die Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus Rauchgasen wurde der Sprühwäscher mit drei Ebenen eingesetzt, um die Abscheideleistung mit einer Monoethanolaminlösung als Absorptionsmittel bei Variation der unterschiedlichen Einflussfaktoren wie die Temperatur im Absorber, das L/G-Verhältnis und der Beladung des Lösungsmittels zu überprüfen. Weiters wurde hier der Absorber um eine Blasensäule erweitert, um eine Aussagekraft zu bekommen, wie viel Höhe dadurch beim Sprühwäscher eingespart werden kann. Mit diesen Versuchen konnten die Literaturdaten bestätigt werden.

## **Zusammenfassung**

Ein Großteil der Forschung am Institut für Verfahrenstechnik in Leoben beschäftigt sich zur Zeit mit der Absorption von Abgaskomponenten wie SO<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>. Mit dem hier vorgestellten Sprühwäscher, welcher modular aufgebaut ist und einfach zu einer Füllkörperkolonne umgebaut bzw. mit einer Blasensäule erweitert werden kann, können nahezu alle Gas/Flüssigkeitskombinationen bei unterschiedlichsten Parametern wie Temperatur, L/G-Verhältnis, Gasbeladung, usw. untersucht werden.

## **Literatur**

- [1] LUBENSKY, J.: Untersuchung eines Sprühwäschers für die CO<sub>2</sub>-Abtrennung aus Rauchgasen, Diplomarbeit, 2011.