

Innovative Ethanolherstellung auf kleinstem Raum

Energie aus Abfall

Erneuerbare Treibstoffe aus Non-Food-Biomasse oder Abfall zu gewinnen, ist ein fortschrittliches Konzept mit großem Potenzial. Doch Waste-to-Energy-Prozesse stellen Bioraffinerien vor neue Herausforderungen. Sulzer ist sehr aktiv auf diesem vielversprechenden neuen Gebiet und entwickelt komplette Prozesslösungen sowie Prozessanlagen, die entweder als vormontierte Module geliefert oder vor Ort aufgestellt werden. Vor Kurzem lieferte Sulzer eine modulare Bioethanol-Destillationsanlage für das finnische Unternehmen St1 Biofuels Oy. Dieses Projekt verdeutlicht, wie Sulzer innovative Verfahrenstechnik und modulare Montagekonzepte für die Bioethanolherstellung umsetzt.

«Nachhaltigkeit, Langlebigkeit und Energieeffizienz der gesamten Bioethanolanlage sind unsere Hauptprioritäten», sagt Mika Jokinen, Director of Operations bei St1. Die Geschäftseinheit Process Technology von Sulzer Chemtech arbeitet eng mit ihren Kunden zusammen und kennt daher diese Anforderungen sehr gut. Das Sulzer-Team hat umfassendes Applikations-Know-how in diesem Bereich und nutzt alle verfügbaren Informationen. Sulzer verwendet diverse Prozesssimulationstools, um unterschiedliche

Anlagenkonzepte zu untersuchen, und kann auf diese Weise optimierte Lösungen mit einer garantierten Prozessleistung für die verwendeten Rohstoffe finden – so auch bei dem finnischen Kunden.

Das finnische Energieunternehmen St1 Biofuels Oy produziert Bioethanol-treibstoffe aus Abfall und organischen Prozessrückständen und nutzt damit neue Methoden für ein effizientes Abfallmanagement. Die verwendeten organischen Rohstoffe stehen somit nicht in Konkurrenz zur Nahrungskette. Vor Kurzem erwarb St1 eine bestehende Fermentationsanlage in Finnland. Diese Anlage sollte in einem ersten Schritt mit neuen Prozessen nachgerüstet werden, um Bioethanol aus Rückständen der Getreideverarbeitung produzieren zu können. Das so hergestellte Bioethanol soll dann über das vorhandene Treibstoffnetz von St1 vertrieben werden. Für die Nachrüstung benötigte St1 eine Technologie zur Gewinnung des Bioethanols aus der Fermentationsbrühe und fand in Sulzer Process Technology einen starken und erfahrenen Partner. Sulzer ist ein führender Anbieter von Destillationskolonnen-

tationsanlage in Finnland. Diese Anlage sollte in einem ersten Schritt mit neuen Prozessen nachgerüstet werden, um Bioethanol aus Rückständen der Getreideverarbeitung produzieren zu können. Das so hergestellte Bioethanol soll dann über das vorhandene Treibstoffnetz von St1 vertrieben werden. Für die Nachrüstung benötigte St1 eine Technologie zur Gewinnung des Bioethanols aus der Fermentationsbrühe und fand in Sulzer Process Technology einen starken und erfahrenen Partner. Sulzer ist ein führender Anbieter von Destillationskolonnen-

Abfallprodukte, die nicht mit der Nahrungsmittelkette konkurrieren, haben großes Potenzial für die nachhaltige Produktion von Biokraftstoffen.



einbauen für Bioethanol-, Biobutanol- und Biodieselanlagen und ist in den USA Marktführer auf diesem Gebiet. Aufgrund umfangreicher Erfahrung mit stark verschmutzenden Anwendungen (Maischekolonnen) nimmt Sulzer speziell in der Bioethanol-Destillation eine herausragende Stellung ein. So hat Sulzer Process Technology bereits in viele Länder der Welt komplette verfahrenstechnische Anlagenlösungen für die Herstellung fortschrittlicher Biokraftstoffe geliefert (Systeme für Flüssig-Flüssig-Extraktion, Destillation/reaktive Destillation und Membrantrennung).

Einzigartige Wärmeintegration

Sulzer hat zahlreiche Lösungen für anspruchsvolle industrielle Trennaufgaben entwickelt und verfügt über eine breite Palette an thermischen Trenntechnologien. Aufbauend auf den gesammelten Erfahrungen konnte Sulzer für die Destillation und Trocknung von Biokraftstoffen eine Reihe von wärmeintegrierten Prozesslösungen realisieren. Das Wärmeintegrationskonzept von Sulzer ist einzigartig, da es Destillations- und Dampferpermeationstechnologien auf optimale Weise miteinander kombiniert. Bei dieser Hybridlösung werden beide Technologien mit höchster Effizienz betrieben, was den Gesamtenergieverbrauch senkt.

Nach einer Analyse der Anforderungen von St1 empfahl Sulzer ein komplett vormontiertes Anlagenmodul (Skid), das sich, ausgehend von der Kapazität der Anlage, am besten eignet. Darüber hinaus berücksichtigte Sulzer bei der Auslegung des wärmeintegrierten Bioethanol-Destillationsprozesses alle Anforderungen des Kunden im Hinblick auf Energieeffizienz, Lieferzeit, Skidgröße und Kosten. Das dezentralisierte Waste-to-Energy-Konzept von St1 erfordert eine äußerst wirtschaftliche Produktion. Niedrige Investitionskosten in Verbindung mit niedrigen Betriebskosten sind wesentliche Parameter. Das von St1 bestellte vormontierte Skid umfasst als Kernkomponente eine Maischekolonne, die direkt mit einer wärmeintegrierten Rektifikationskolonne verbunden ist.

Arten von Biokraftstoffen

Biokraftstoffe werden aus Biomasse auf der Basis pflanzlicher oder tierischer Stoffe gewonnen. Heute verbreitete Biokraftstoffe sind Bioethanol, Biodiesel und Biogas. Biokraftstoffe bieten eine Alternative zu knappen, nicht erneuerbaren Ressourcen wie Erdöl.

Biokraftstoffe der ersten Generation werden meist aus zucker- oder stärkehaltigen Pflanzen (Bioethanol) oder Ölsaaten (Biodiesel) gewonnen.

Biokraftstoffe der zweiten Generation werden aus zellulosehaltigen Non-Food-Ressourcen wie Holz und Rutenhirse, Abfällen aus der Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Papierherstellung oder Haushaltsabfällen gewonnen. Die Nutzung von Abfällen hat ein großes Potenzial in Bezug auf Nachhaltigkeit, Reduktion der Treibhausgasemissionen und Verbesserung der Ökobilanz.

Mehr Informationen über Sulzer-Lösungen für Biokraftstoffe finden Sie auf www.sulzer.com/Biokraftstoffe

Effizienter Destillationsprozess

Der Destillationsprozess von Sulzer basiert auf bewährten Prozessdesigns für Bioethanolanlagen der ersten und zweiten Generation und für zahlreiche andere Anwendungen. Dank des umfangreichen anwendungsspezifischen Know-hows auf dem Gebiet der thermischen Trennung konnte Sulzer für St1 eine Anlage mit einer garantierten Prozessleistung liefern.

Im Prozesskonzept von Sulzer wird das Bioethanol im Destillationsabschnitt nur bis 90 Gew.-% konzentriert, was den Energiebedarf in der Rektifikationskolonne gegenüber herkömmlichen Konzepten um 30 bis 50% reduziert.

In der Maische/Bier-Kolonne kommen Trennböden vom Typ VG AF™ zum Einsatz [1]. Diese Böden der Sulzer-VGPlus-Familie sind speziell für Anwendungen mit hoher Verschmutzungsneigung aus-

gelegt. In Verbindung mit den optimierten Prozessauslegungsparametern (angepasste Betriebstemperatur, hohe Turbulenz in den Verdampfern) verlängern sie die Reinigungsabstände und somit die Anlagenverfügbarkeit deutlich. Im

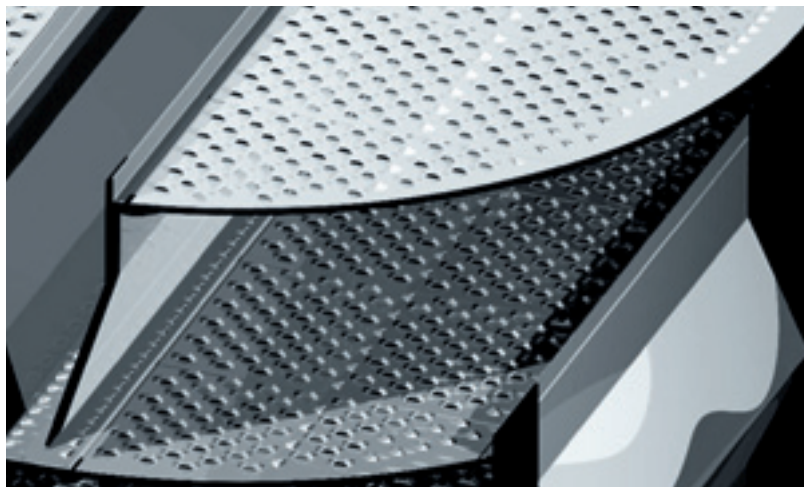
In der Bioethanoldestillation nimmt Sulzer eine herausragende Stellung ein.

Rektifikationsteil kommen Kühni-Schlitzböden zum Einsatz. In ähnlichen Anwendungen haben sich für die Prozessintensivierung auch strukturierte Packungen von Sulzer wie die Mellapak-Plus-Produkte bewährt.

Pumpen von anspruchsvollen Flüssigkeiten

In Bioraffinerien müssen anspruchsvolle Prozessströme mit einem erheblichen Feststoffanteil und Viskositäten bewältigt werden. Sulzer Pumps ist erfahren in Biokraftstoffanwendungen und bietet

[1] Der Trennboden vom Typ VG AF™ aus der VGPlus-Familie ist speziell für Anwendungen mit hoher Verschmutzungsneigung ausgelegt.



effiziente und zuverlässige Pumpen für fortschrittliche Bioraffinerieprozesse an. In Nordamerika ist Sulzer Pumps für Ethanolanlagen der führende Pumpenlieferant. Auch für das St1-Projekt lieferte Sulzer Pumps die Prozesspumpen.

Modulare Destillationsanlage

In den letzten 25 Jahren hat Sulzer über 250 modulare Prozessanlagen (Skids) geliefert und sich ein entsprechendes Fachwissen auf diesem Gebiet angeeignet. Ein großer Vorteil modularer Anlagen ist, dass sie den Arbeitsaufwand und Betriebsstörungen vor Ort minimieren. Es sind lediglich die Anschlüsse für die Verrohrung und die Verdrahtung der Feldinstrumente von den Anschlusskästen zur SPS (speicherprogrammierbare Steuerung) erforderlich.

Weitere entscheidende Faktoren für die Erteilung des Auftrags im Rahmen des St1-Projekts waren die Gesamtkosten, die hohe Fertigungsqualität, die sehr kurze Lieferzeit von weniger als acht Monaten sowie die sehr schnelle anschließende Installation und Inbetriebnahme vor Ort. Dem Kunden war es wichtig, dass die neue Destillationsanlage zu einem bestimmten vereinbarten Datum für die Verarbeitung von Getreideabfällen zur Verfügung steht.

Sulzer war für folgende Projektschritte verantwortlich:

- Prozessdesign



3 Aufgrund des modularen Fertigungs-konzepts erforderte die Installation des oberen und unteren Teils der Anlage in Finnland nur einen minimalen Aufwand.

- Grundlagenplanung (*Basic Engineering*)
- Funktionsbeschreibung für den Betrieb, die Steuerung und Reinigung der Anlage
- Fertigung und Beschaffung der erforderlichen Materialien einschließlich

Sulzer hat in den letzten 25 Jahren über 250 modulare Prozessanlagen (Skids) geliefert.

- Prozessausrüstung, Instrumentierung, Ventile und Rohrleitungen
- Montage des Skids in der speziell dafür eingerichteten Werkstatt von Sulzer
- Werksabnahmeprüfungen
- Transport des Skids zum Standort 2
- Überwachung der Installation
- Unterstützung der Inbetriebnahme, Abnahme vor Ort und Schulung des Bedienpersonals



Die endgültige Größe des kompletten Skids betrug 4 x 4,5 x 22 m. Der Transport erfolgte in zwei Teilen. Die Aufstellungs- und Installationsarbeiten vor Ort einschließlich der Inbetriebnahme dauerten weniger als drei Wochen 3. In dieser Zeit konnte der Kunde auch die Stahlkonstruktion vollständig verkleiden. Nachdem die Ingenieure von Sulzer die mechanischen und elektrischen Verbindungen hergestellt hatten, begannen sie mit der Inbetriebnahme der Anlage. Diese umfasste Wassertests, gefolgt von der ersten Maischeverarbeitung. Die garantierten Anlagenspezifikationen wurden zur Zufriedenheit von St1 erreicht. Die Anlage ist mittlerweile seit Frühjahr 2011 in Betrieb. Während des anfänglichen Betriebs unterstützte Sulzer das Anlagenpersonal von St1 bei der Optimierung der Betriebsbedingungen.

2 Die Bioethanol-Destillationsanlage wurde von der Sulzer-Werkstatt in Allschwil (Schweiz) zu St1 nach Finnland geliefert.



Vorteile modularer Prozessanlagen

Der Hauptvorteil einer modularen Anlage ist, dass die Anlagenfertigung und Projektverantwortung in einer Hand liegen. Das kommt vielen Kunden entgegen, die nicht über ausreichende Kapazitäten verfügen, um Projekte mittlerer Größe vollständig selbst planen und durchführen zu können. Auch sind die Kosten niedriger und die Lieferzeiten kürzer als bei einem herkömmlichen Anlagenbau. Hinzu kommt, dass das Team aus hochqualifizierten und erfahrenen Ingenieuren von Sulzer, die intern eng zusammenarbeiten und in regel-

mäßigem Kontakt mit dem Kunden stehen, eine effiziente Projektrealisierung und ein optimales und integriertes Design sicherstellen.

Weitere Vorteile der modularen Prozessanlagen von Sulzer sind:

- Geringer Platzbedarf durch kompaktes Design
- Hochwertige Fertigung und Installation unter Werkstattbedingungen mit modernsten Fertigungs- und Prüfverfahren
- Kostengünstige Montage der Skids in den eigenen Werkstätten von Sulzer oder an Standorten in der Nähe des Kunden unter der Leitung von Sulzer
- Durchführung von Prüfungen (Factory Acceptance Test, FAT) in der Werkstatt vor der Installation der Anlage
- Geringer Installationsaufwand vor Ort, geringer Produktionsausfall vorhandener Anlagen und geringere Sicherheitsmaßnahmen vor Ort
- Höhere strategische Flexibilität für den Kunden durch die einfache Verlegung und Wiederverwendung von modularen Anlagen an anderen Standorten

Anforderungen des modularen Anlagenbaus

Trotz der Vorteile von modularen Anlagenkonzepten müssen dabei einige Anforderungen berücksichtigt werden. Unter folgenden Voraussetzungen können Anlagen als modulare Lösung ausgeführt werden:

- Die erforderliche Ausrüstung passt in ein Skid
- Das resultierende Layout ist kompakt, und die Skidgröße erlaubt einen Transport auf der Straße
- Das Projekt ist klar definiert, und Veränderungen am Prozess während der Ausführung werden vermieden (kein Design-on-the-go)
- Die Zugänglichkeit ist trotz des kompakten Designs gewährleistet
- Die Anschlusspunkte vor Ort sind genau festgelegt und vor Beginn der Konstruktion vereinbart
- Die Be- und Entladeanforderungen sind berücksichtigt

Innovative Trocknung von Bioethanol

Im Falle der beschriebenen Anlage von St1 wird das vorkonzentrierte Ethanol/Wasser-Gemisch zu einer zentralen Dehydrationsanlage transportiert, wo es auf 99,8 Gew.-% entwässert wird. Die Dehydration erfolgt in einer vollständig wärmeintegrierten Dampfpermeationsanlage mit Zeolithmembranen [4]. Die Membranen stammen von Mitsui Zosen Machinery (MZM), einem Unternehmen, mit dem Sulzer seit vielen Jahren erfolgreich zusammenarbeitet. Die Dehydrationsanlage ist die weltweit größte Anlage dieser Art mit Zeolithmembranen. Sie wurde von Sulzer in enger Zusammenarbeit mit St1 und anderen Partnerunternehmen realisiert und ist seit 2008/2009 erfolgreich in Betrieb.

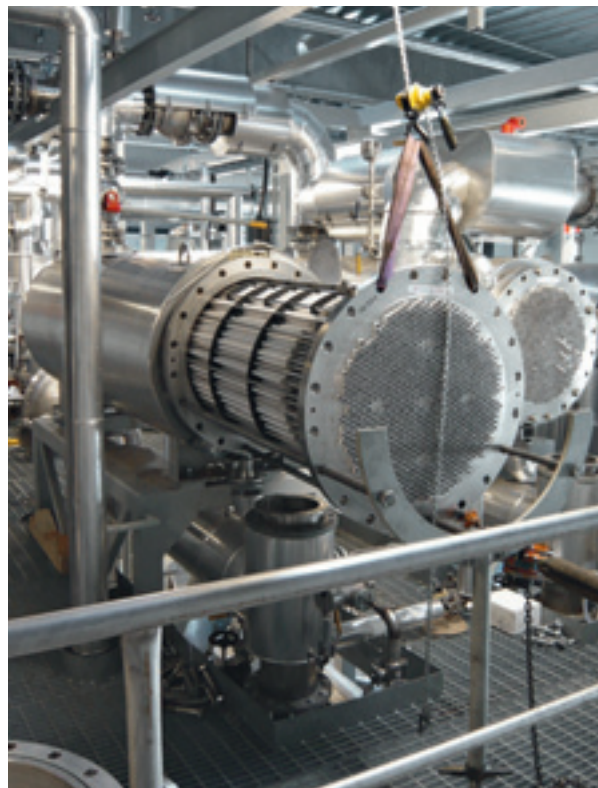
Aufgrund des kompakten Anlagendesigns ist der Platzbedarf gering.

Das Bioethanol-Endprodukt wird mit fossilem Benzin gemischt und ist als E85 an ausgewählten Tankstellen in Finnland erhältlich.

Im Gegensatz zu den klassischen Verfahren zur Bioethanol-Herstellung, die auf einer Kombination aus Destillation und Dehydration mit Molekularsieben basieren, zeichnet sich dieser innovative Destillations- und Dampfpermeationsprozess durch seine hervorragende Energieeffizienz aus. In Fällen, in denen die Destillations- und Dehydrationsanlagen am selben Standort betrieben werden, was bei Anlagen im industriellen Maßstab normalerweise der Fall ist, bietet die vollständig wärmeintegrierte Hybridlösung von Sulzer einen beispiellos reduzierten Energiebedarf für den Downstream-Abschnitt von etwa 1 kg Dampf pro produzierten Liter Ethanol.

Neues Konzept zur Modernisierung vorhandener Anlagen

Eine Modernisierung vorhandener Anlagen durch die Integration eines zusätzlichen Membrantrocknungsabschnitts senkt den Energieverbrauch, steigert den Durchsatz und erhöht so die Gesamttrentabilität der Anlage. Eine



[4] Die innovative Dampfpermeationsanlage von Sulzer nutzt Zeolithmembranen zur energieeffizienten Dehydration von Bioethanol.

solche Verbesserung ist besonders in Zeiten steigender Rohstoffpreise und Energiekosten von immenser Bedeutung.

Zurzeit analysiert Sulzer mit ausgewählten Betreibern von Bioethanolanlagen die Machbarkeit dieses Konzepts. Um die komplexe Wärmeintegration sowie die Realisierbarkeit verschiedener Recyclingströme in bestehenden Anlagen sicherzustellen, arbeitet Sulzer in der Entwicklungsphase eng mit den Kunden zusammen. Auf diese Weise kann Sulzer gegenüber seinen Kunden gewährleisten, dass alle Möglichkeiten und Einschränkungen berücksichtigt werden.

Thomas Raiser
Sulzer Chemtech Ltd
Gewerbestraße 28
4123 Allschwil
Schweiz
Telefon +41 61 486 37 33
thomas.raiser@sulzer.com