

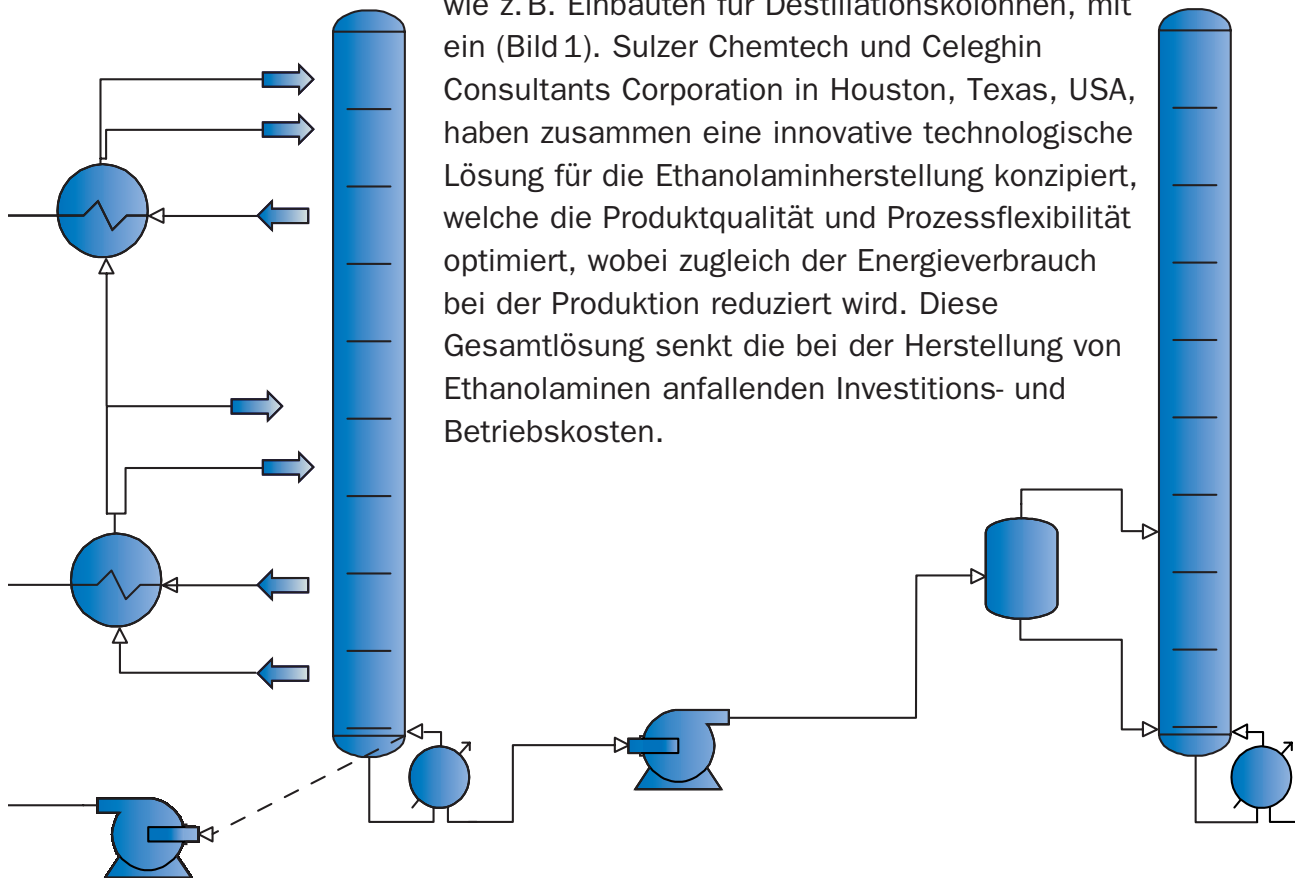
Ein neuer Ansatz für die Produktion eines etablierten Produkts

# Kosteneffiziente Herstellung von Ethanolaminen



**PETER FÄSSLER**  
**SULZER CHEMTECH**  
**AUREO CELEGHIN†**  
**CELEGHIN**

Sulzer Chemtech verfügt über mehr als 30 Jahre Erfahrung im Bereich der Ethanolamintechnologie. Das Fachwissen des Unternehmens schliesst auch die Bereitstellung umfassender Engineering-Dienstleistungen für die Modernisierung bestehender Anlagen und die Herstellung von Schlüsselkomponenten für Produktionsanlagen, wie z. B. Einbauten für Destillationskolonnen, mit ein (Bild 1). Sulzer Chemtech und Celeghin Consultants Corporation in Houston, Texas, USA, haben zusammen eine innovative technologische Lösung für die Ethanolaminherstellung konzipiert, welche die Produktqualität und Prozessflexibilität optimiert, wobei zugleich der Energieverbrauch bei der Produktion reduziert wird. Diese Gesamtlösung senkt die bei der Herstellung von Ethanolaminen anfallenden Investitions- und Betriebskosten.



▶ Ethanolamine sind brennbare, korrosive, farblose, viskose Flüssigkeiten, die bei der Reaktion von Ammoniak (NH<sub>3</sub>) mit Ethylenoxid (EO) entstehen. Die seit Jahren bekannten Ethanolamine sind Schlüsselkomponenten verschiedener wichtiger Produkte z.B. in den Bereichen Kosmetik und Körperpflege, Agrarprodukte, Holzkonservierung, Seifen, Reinigungsmittel und Gasbehandlung. Sie lassen sich auch bei der Herstellung von nichtionischen Reinigungsmitteln, Emulgatoren und Seifen sowie in Emulsionsfarben, Polituren und Cleansern einsetzen.

### **Flexible Technologie zur Ethanolaminherstellung**

Man unterscheidet drei Arten von Ethanolaminen: Monoethanolamine (MEA), Diethanolamine (DEA) und Triethanolamine (TEA). Die Bildung von MEA, DEA oder TEA hängt davon ab, ob ein Ammoniakmolekül mit 1, 2 oder 3 Ethylenoxidmolekülen reagiert (Bild 2). Während die konventionelle Ethanolamin-Produktionstechnologie oft durch Einschränkungen hinsichtlich des möglichen Verhältnisses von Ammoniak zu Ethanolamin limitiert ist, ermöglicht die flexible Lösung von Sulzer Chemtech, die Mengen des produzierten Endprodukts zu verändern. Die Zusammensetzung der daraus resultierenden Mischung wird durch das Verhältnis der Ausgangsstoffe bestimmt, das sich entsprechend den Erfordernissen anpassen lässt. Je höher der Ammoniakanteil, desto mehr Monoethanolamin wird gebildet (Bild 3). Der Prozess von Sulzer Chemtech kann Ammoniak/Ethanolamin-Verhältnisse von bis zu 6:1 (oder

mehr) verarbeiten und bietet dem Kunden eine hohe MEA- oder DEA-Verteilung, während der TEA-Ausstoß minimiert wird (vgl. Bild 4).

### **Niedrigere Kosten**

Die Menge des in der Ethanolaminproduktion verwendeten Wassers kann variieren: Wenn der Wassergehalt während des Prozesses gering bleibt, muss die Reaktion unter hohem Druck durchgeführt werden, was zu hohen Investitionskosten führt. Diese Reaktionen verbrauchen wenig Energie. Um die Investitionskosten zu senken, kann der Prozess mit einem hohen Wassergehalt bei niedrigem Druck durchgeführt werden, was aber einen entsprechend höheren Energieverbrauch zur Folge hat. Die neue Ethanolamintechnologie von Sulzer Chemtech kombiniert die Vorteile eines Ammoniakprozesses unter hohem Druck mit denen eines Prozesses bei niedrigem Druck. Sie erlaubt eine Reaktion unter vergleichsweise niedrigem Druck und umfasst die ausgesprochen innovative Integration des Wärmestroms, was Kosteneinsparungen auf breiter Front ermöglicht. Das Wasserrückführungssystem

von Sulzer Chemtech, das auf dem Konzept der energetischen Integration beruht, verbindet den Wasserverdampfer thermisch mit der Ammoniak-Stripping-Kolonne und minimiert die Grösse der Trocknungskolonne. Dadurch kann die Anlage selbst bei Ammoniak/Ethylenoxid-Verhältnissen von 6:1 oder mehr wirtschaftlich betrieben werden. Darüber hinaus gewährleistet die Präsenz von Wasser als Katalysator in der Synthese von Ethanolamin eine rationale und wirtschaftliche Reaktorstruktur. Der Einsatz von Wasser ist zudem der Hauptfaktor für die Regelung des Temperaturanstiegs im Reaktorsystem und ermöglicht eine Reduktion des Reaktorvolumens. Die durchschnittliche Reaktortemperatur kann gesenkt und so angepasst werden, dass Nebenreaktionen, welche die Qualität des resultierenden Ethanolamins beeinträchtigen könnten, minimiert werden.

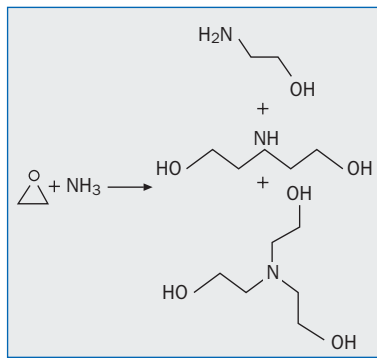
### **Ammoniakrückführung**

Der Schlüssel für Energieeinsparungen bei der Ethanolaminherstellung liegt in der Konzeption und im Betriebsdruck des Ammoniak-Hauptabsorbers. Der Ammoniak-Stripper ist direkt in



**1** Ethanolaminproduktionsanlage in Jilin, China.

2 Mono-, Di- und Triethanolamine sind das Produkt einer Reaktion zwischen Ethylenoxid und Ammoniak.



den Absorber integriert, indem der am Kopf der Stripping-Kolonne austretende Dampf unten in den Ammoniakabsorber eingespeist wird. Es besteht also eine direkte Verbindung zwischen den beiden Kolonnen. Zudem wird der oben aus den Haupt-Wasserdestillationskolonnen austretende Dampf als Wärmequelle für den Verdampfer des Ammoniak-Strippers verwendet.

Der Druck am Kopf der Haupt-Wasserverdampfungskolonne ist durch die zulässige Höchsttempe-

ratur am Sumpf der Kolonne beschränkt. Damit sind die Grenzbetriebsbedingungen des Ammoniakabsorbers, des Ammoniak-Strippers und der Haupt-Wasserverdampfungskolonne im Prinzip vorgegeben. Eine gewisse konzeptionelle Flexibilität bietet damit einzig die Wahl der Betriebsbedingungen in der Kolonne, der Kolonneneinbauten und des Wärmetauschers.

Sulzer Chemtech hat die Wärme- und Energieströme in den Ammoniakabsorber, den Ammoniak-Stripper und die Wasserdestillationskolonne integriert. Als direktes Ergebnis dieses Aufbaus ist der Energieverbrauch des verbesserten Prozesses mit dem eines Prozesses unter Hochdruck vergleichbar (Bild 5).

Die Erhöhung der Ammoniakkonzentration im Absorber ist eine direkte Folge der Integration der Prozesswärme und wirkt sich substantiell auf den Gesamtenergieverbrauch aus. Je höher der Betriebsdruck im Ammoniakabsorber, desto höher die Ammoniakkonzentration. Je höher der Ammoniakgehalt, desto weniger Wasser muss dem System zugeführt werden. Da das Wasser mittels Verdampfung wieder in das System zurückgeführt werden muss, führt jede Erhöhung der Ammoniakkonzentration um einen Prozentpunkt zu einer entsprechenden Energieeinsparung von rund 1,5 bis 2,0%, was in absoluten Zahlen einer erheblichen Senkung entspricht.

Die Ammoniakkonzentration kann darüber hinaus so gesteuert werden, dass eine effiziente und wirtschaftliche Rückgewinnung des verbleibenden Ammoniaks aus dem Reaktionskreislauf möglich

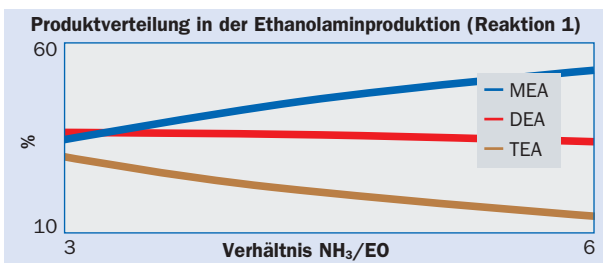
ist. Diese Rückgewinnung erfolgt unter ausreichend niedrigen Druckverhältnissen, um sicherzustellen, dass der Ammoniakabtrieb bei tiefen Temperaturen durchgeführt werden kann, wodurch die Wahrscheinlichkeit einer Zersetzung des Produkts sinkt und die Korrosionsgefahr in der Anlage minimiert wird.

Dank der hohen Ammoniakkonzentration, die der Prozess von Sulzer Chemtech ermöglicht, kann zudem die Grösse des Ammoniak-Strippers und -waschers reduziert werden, während ein zusätzlicher unterstützender Verdampfer, der eine externe Hitzequelle erfordern würde, entfällt. Diese Eigenschaften bewirken eine deutliche Senkung der Investitionskosten.

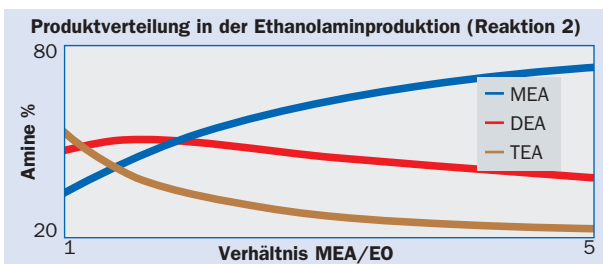
### Klare Vorteile

Ethanolamine sind wärmeempfindlich und tendieren deshalb zur Zersetzung, weshalb sie mit grosser Sorgfalt getrennt werden müssen. Je höher die Temperatur (bzw. der Druck), desto farbiger werden die Ethanolamine. Die Farbe ist jedoch die ausschlaggebende Determinante für Qualität und Wert: Je farbloser die Substanz, desto höher ihr Marktwert. Die Verwendung hocheffizienter Packungen von Sulzer Chemtech und das rationale Konzept des Destillationsvorgangs minimieren das Packungsvolumen und ermöglichen folglich einen Betrieb der Kolonne bei tieferen Temperaturen, engerer Verweilzeitverteilung und minimaler permanenter Produktmenge. Die Trennung der Ethanolamine bei diesen genauestens beibehaltenen Bedingungen verbessert die Produktfärbung und reduziert die Korrosion am Sumpf der Kolonne.

3 Die Ausgangsstoffmengen beeinflussen das Verhältnis der MEA-, DEA- und TEA-Bildung.



4 Die zweite Reaktion ist erforderlich, um einen höheren DEA-Ausstoss zu erhalten.

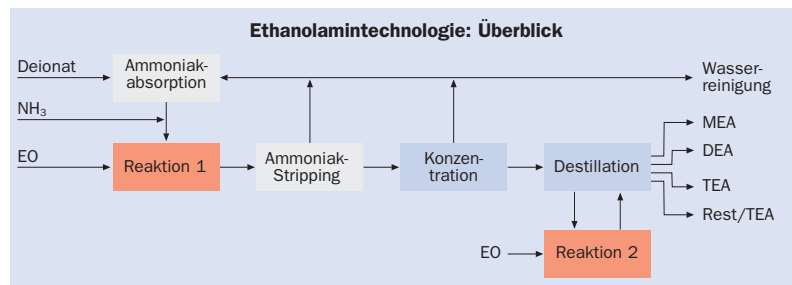


## Beschleunigte Produktion ohne Ethanolaminrückführung

Die produzierten Ethanolamine werden oft wieder in das Hauptreaktorsystem zurückgeführt, um das gewünschte MEA/DEA/TEA-Verhältnis zu erhalten. Wenn die Reaktion im Primärreaktor durchgeführt wird, verbraucht diese Rückführung nicht nur mehr Energie und erfordert eine längere Verweilzeit, sondern kann sich auch negativ auf die Produktqualität auswirken (stärkere Färbung und Zunahme der Korrosion). Das Konzept von Sulzer Chemtech vermeidet die Probleme im Zusammenhang mit der Rückspesung, indem es eine Wiederholung der Prozessschritte eliminiert. Dadurch verkürzt sich unter dem Strich die Verweilzeit in der Anlage, und der Energieverbrauch sinkt.

## Vermeidung von Produktbeanspruchung

Als Produktbeanspruchung wird die Tendenz des Produkts zur Zersetzung und Karbonisierung am Sumpf der Kolonne bezeichnet. Die Produktbeanspruchung lässt sich durch eine gewissenhafte Überwachung des Temperaturprofils und der Konfiguration am Kolonnensumpf minimieren, so dass sich der Qualitätsverlust des Produkts reduziert. Nebenreaktionen, wie z. B. Verfärbungen, lassen sich bis zu einem gewissen Grad vermeiden, wenn der Prozess nahtlos und bei den tiefstmöglichen Temperaturen durchgeführt wird. Das Ausmass der Produktbeanspruchung hängt direkt von der Verweilzeit des erwärmten Produkts ab und korreliert exponentiell mit der Temperatur des er-



wärmten Produkts (siehe Box). Der Ethanolamin-Herstellungsprozess von Sulzer Chemtech nutzt das Produktbeanspruchungskonzept effizient und gewährleistet so die bestmögliche Behandlung des erwärmten Produkts am Sumpf der Kolonne.

## Reinigung

Die Synthese und Reinigung von Ethanolaminen ist ein relativ komplexer Prozess, da die Qualität des Endprodukts durch die Präsenz selbst kleinerer Unreinheiten bei der Beschickung sowie durch interne Rückführungsströme, die Integration thermischer Prozesse und die Reaktion individueller Komponenten (einschliesslich Nebenreaktionen) bestimmt wird.

## Integrierter Ansatz

Ein vollumfänglich integrierter Ansatz über die gesamte Anlage hinweg ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Konzeption. Sulzer Chemtech und Celegin setzen deshalb für die gesamte Prozesssimulation auf einen einzigen Block. Das entsprechende Modul wurde systematisch verbessert, und zwar nicht nur über die Integration des gesammelten Knowhows, sondern auch durch Berücksichtigung realer Anlagebetriebsdaten und Performance-Merkmale. Eine derart umfassende Simulation ist komplex genug, um eine befriedigende Beschreibung der Anlage-

details vermitteln zu können, und dient als leistungsfähiges Instrument für die Analyse möglicher Prozessverbesserungen, der Wärmeintegration und neuer Anlagekonzepte. Eventuell notwendige Anpassungen, z. B. hinsichtlich der Produktkapazität oder der Produktverteilung, können relativ schnell und mit einem hohen Grad an Zuverlässigkeit umgesetzt werden.

Darüber hinaus lassen sich Ansammlungen unerwünschter Nebenprodukte oder von der Beschickung herrührende, im Prozesskreislauf feststehende Unreinheiten feststellen und durch Reinigung spezifischer Bereiche eliminieren.

Da derart komplexe Konzeptansätze äusserst zeitaufwändig sind, lassen sie sich nur für ausgewählte Prozessschritte in der Ethanolaminproduktion rechtfertigen. Gerade in diesem Bereich verfügt Sulzer Chemtech über umfassende Erfahrung und stützt sich auf ein breites Spektrum an im Markt eingeführten Anwendungen. ◀

## Kontakt

Sulzer Chemtech AG  
Peter Fässler  
Sulzer-Allee 48  
8404 Winterthur  
Schweiz  
Telefon +41 52 262 37 29  
Fax +41 52 262 00 64  
peter.faessler@sulzer.com

5 Sulzer Chemtech bietet eine umfassende und flexible Lösung für die Ethanolaminproduktion an.

## Produktbeanspruchung $\sim A \times (\text{Verweilzeit})^T$

- wobei:
- ▶ Verweilzeit = durchschnittliche Zeit in Minuten, während der ein Produktmolekül am Sumpf der Kolonne verweilt.
  - ▶ T = absolute Temperatur des Wärmestroms am Kolonnensumpf.
  - ▶ A = ein Proportionalitätsfaktor.