

Formelzeichen

b	[m]	Spaltbreite
d	[m]	Partikeldurchmesser
h	[m]	Höhe
u, v, w	[m s ⁻¹]	radiale, azimutale, axiale Geschwindigkeit
\dot{V}	[m ³ s ⁻¹]	Volumenstrom
r	[m]	Radius
x, y, z	[m]	Koordinaten

griechische Buchstaben

α	[°]	Neigungswinkel der Teller
β	[°]	Öffnungswinkel der Teller
ω	[s ⁻¹]	Winkelgeschwindigkeit
ρ	[kg m ⁻³]	Dichte
μ	[Pa s]	dynamische Viskosität

Indices

a	Außenradius
e	Einlass
f	Flüssigkeit
i	Innenradius
krit	Kritisch
m	Ringraum, innen
p	Partikel
r	Ringraum, außen

Literatur

- [1] JANOSKE, U.; PIESCHE, M.
Chem.-Ing.-Tech. 71 (1999) S. 249/253.
- [2] JANOSKE, U.
VDI-Fortschrittbericht Reihe 3, Nr. 591 (1999).

Senkung des spezifischen Heizdampfbedarfes der Salpetersäurekonzentrierung durch energetische Optimierung*

FRANK DORSTEWITZ, MANFRED SASSENBERG, GOTTFRIED DICHTL UND THEO PILHOFER * *

Herrn Professor Dr.-Ing. JOHANN STICHLMAIR zum 60. Geburtstag

1 Problemstellung

Salpetersäure von höherer Konzentration als 98 Gew.-% HNO₃ wird in vielen organischen Umsetzungen, wie zum Beispiel in Nitrierungen, benötigt. Mit üblichen Herstellungsverfahren werden Salpetersäuren mit etwa 64 bis 67 Gew.-% HNO₃ erzielt. Daher ist ein zusätzlicher Prozess notwendig, um hochkonzentrierte Salpetersäure zu erhalten.

Das zweckmäßigste Verfahren, um Salpetersäure über den azeotropen Punkt hinaus auf mehr als 98 Gew.-% HNO₃ zu konzentrieren, ist die Extraktivrektifikation. Als Extraktionsmittel werden konzentrierte Schwefelsäure oder wässrige Magnesium-Nitrat-Lösungen verwendet, wobei überwiegend Schwefelsäure eingesetzt wird.

Das klassische Verfahren wird in Kolonnen durchgeführt, in die am Kopf konzentrierte Schwefelsäure und etwas darunter die verdünnte Salpetersäure eingespeist wird. Um den Energiebedarf des Verfahrens zu decken, wird am Fuß der Kolonne Direktampf eingeblasen. Neben seiner Funktion als Wärmeträger sorgt dieser dafür, dass Salpetersäure aus der ablaufenden Schwefelsäure praktisch restlos ausgestrippt wird. Eine Gesamtanlage zur Herstellung von hochkonzentrierter Salpetersäure besteht aus der Salpetersäure-Rektifikation, der Schwefelsäure-Rückkonzentrierung, dem Bleichen der Salpetersäure sowie einer NO_x-Absorption. Alle Anlagenteile müssen optimal aufeinander abgestimmt sein, um die geforderte Spezifikation bezüglich Produktqualität und Abwasserreinheit bei minimalem Verbrauch an Betriebsmitteln zu erfüllen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird dargelegt, mit welchen Maßnahmen es gelingt, den zur Konzentrierung von Salpetersäure mit Schwefelsäure erforderlichen Heizdampfbedarf zu minimieren und damit die Betriebskosten dieses Verfahrens zu senken.

2 Grundlagen

Das Stoffsystem HNO₃/H₂O weist für 1,013 bar bei ca. 68,2 Gew.-% HNO₃ ein Maximumazeotrop mit einer Siedetemperatur von 120 °C auf [1]. Daher ist es nicht möglich, überschüssiges Wasser aus einer verdünnten Salpetersäure durch einfaches Rektifizieren zu entfernen und so die Salpetersäure über den azeotropen Punkt hinaus zu konzentrieren. Zum Herstellen hochkonzentrierter Salpetersäure ist der Einsatz eines geeigneten Sonderverfahrens erforderlich.

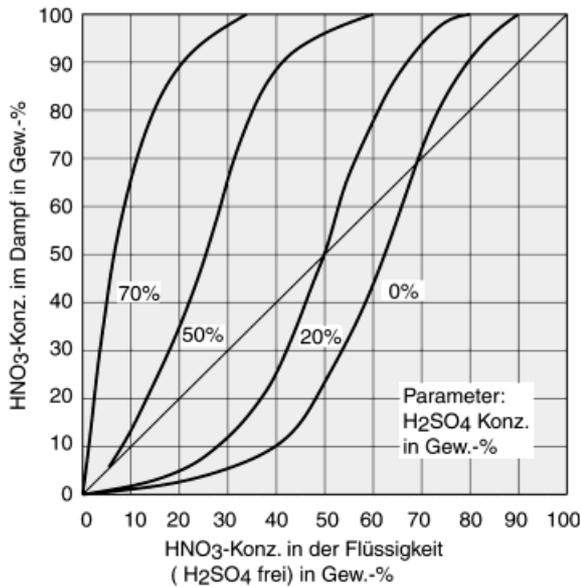
Eine seit langem in der Praxis eingesetzte Option besteht darin, durch den Zusatz von Schwefelsäure die relative Flüchtigkeit des Wassers zu reduzieren. In Abb. 1 sind für verschiedene H₂SO₄-Konzentrationen in der Flüssigkeit die entsprechenden Kurven für das Siedegleichgewicht dargestellt [2]. Ist die H₂SO₄-Konzentration in der Flüssigkeit größer als 50 Gew.-%, so wird die Bildung eines azeotropen Punktes unterdrückt und konzentrierte Salpetersäure kann durch Rektifikation gewonnen werden. Für einen effektiven Betrieb sind jedoch höhere H₂SO₄-Konzentrationen in der Flüssigkeit erforderlich.

Die Grundlagen für das klassische Verfahren zum Herstellen konzentrierter Salpetersäure mit Hilfe von Schwefelsäure sind von PAULING [3] erarbeitet worden. Dieses Verfahren wird in Kolonnen durchgeführt, in die am Kopf konzentrierte Schwefelsäure und etwas darunter die verdünnte Salpetersäure eingespeist wird [4]. Durch das Vermischen der Komponenten treten in der Kolonne Mischungs- und Kondensationswärmen auf, die jedoch nicht den gesamten erforderlichen Energiebedarf des Prozesses decken. Daher wird am Fuß der Kolonne Direktampf ein-

* Vortrag anlässlich der GVC-Jahrestagung, 29. Sept./1. Okt. 1999 in Leipzig.

** Dr.-Ing. F. DORSTEWITZ, Dipl.-Ing. M. SASSENBERG, Dipl.-Ing. G. DICHTL, Dr.-Ing. habil. TH. PILHOFER, QVF ENGINEERING GMBH, D-55023 Mainz.

Abbildung 1.
Dampf/Flüssigkeits-Gleichgewicht $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}$ mit unterschiedlichem Gehalt an H_2SO_4 in der Flüssigkeit.



geblasen. Neben seiner Funktion als Wärmeträger sorgt dieser dafür, dass Salpetersäure aus der ablaufenden Schwefelsäure praktisch restlos ausgestrippt wird.

Am Kopf der Kolonne liegen thermodynamische Bedingungen vor, die eine thermischen Zersetzung von Salpetersäure begünstigen, wobei bevorzugt NO_2 anfällt [5]. Die am Kopf der Kolonne entweichenden Brüden enthalten daher auch NO_2 , das im Kondensator gleichzeitig mit den HNO_3 -Brüden zu roter, rauchender Salpetersäure kondensiert wird. Um die kondensierte, hochkonzentrierte Salpetersäure farblos austreten zu lassen, werden die in der Säure enthaltenen nitrosen Gase in der nachgeschalteten Bleichkolonne im Gegenstrom mit Luft ausgestrippt, in eine nach geschaltete NO_x -Absorption geleitet und als etwa 50 gew.-%ige HNO_3 in den Prozess zurückgeführt.

Um den Verbrauch an Betriebsmitteln zu minimieren, muss die erforderliche Heizenergie dem Prozess optimal zugeführt werden. Beim klassischen Verfahren erfolgt dies auf direktem Wege mit Stripddampf. Schon sehr früh ist versucht worden, Direkt Dampf einzusparen und damit den Bedarf an Schwefelsäure zu minimieren. Sinkt die Menge an Kreislauf-Schwefelsäure, wird in der integrierten Schwefelsäure-Rückkonzentrierung weniger Heizdampf benötigt.

3 Maßnahmen zur Minimierung des Heizdampfbedarfes

3.1 Indirekte Beheizung

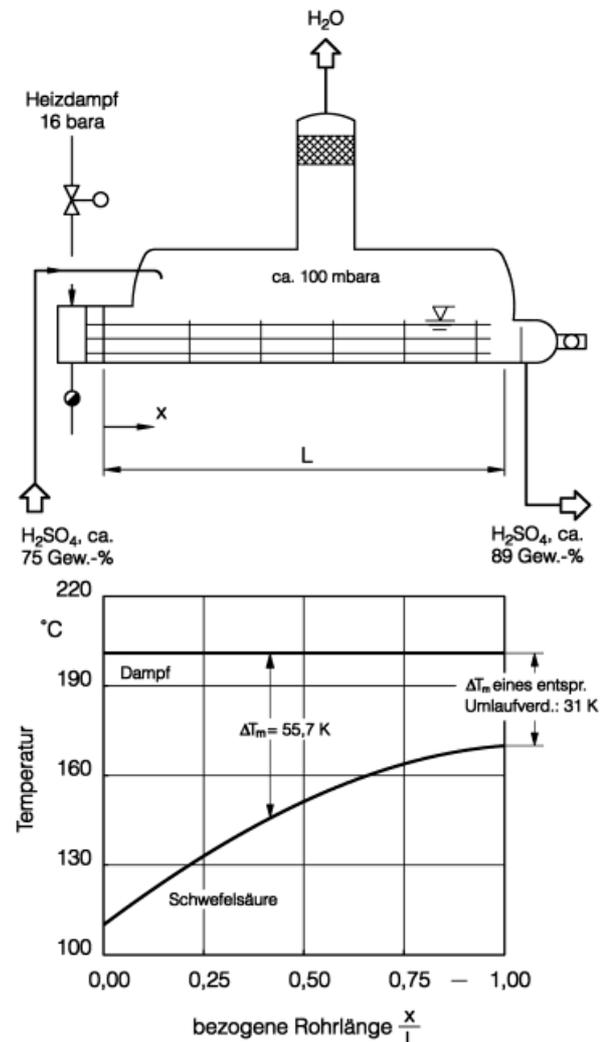
Seit etwa 1974 wurde von der Firma SCHOTT eine indirekte Beheizung der Konzentrations-Kolonne durch den sogenannten Mittelheizer erfolgreich in die Praxis umgesetzt [4]. Dabei werden Tantal-Wärmeübertrager verwendet, die im oberen Teil der Kolonne von dem Säuregemisch berieselt werden. Die Wärmeübertrager werden mit Satttdampf beheizt, so dass ein großer Teil der im Gemisch enthaltenen

Salpetersäure verdampft. Da die in der Kolonne herabrieselnde Säure gesammelt und gleichmäßig auf die Heizschlangen verteilt werden muss, ergibt sich eine relativ aufwendige Konstruktion.

Durch die Verwendung eines Mittelheizers wird ein Teil des Direktampfes eingespart und der Schwefelsäurebedarf der Extraktivrektifikation sinkt. Durch die geringere Menge an Kreislauf-Schwefelsäure wird in der Rückkonzentrierung weniger Heizdampf benötigt. Durch die Verwendung eines Mittelheizers statt ausschließlich Direkt Dampf kann der spezifische Energiebedarf des Gesamtverfahrens von ca. 1,9 kg Heizdampf je kg produzierter HNO_3 für das klassische Verfahren zur Konzentrierung einer 67 gew.-%igen HNO_3 auf 99 Gew.-% HNO_3 auf etwa 1,5 kg Heizdampf je kg produzierter HNO_3 gesenkt werden.

Ein etwas geringerer spezifischer Heizdampfbedarf ergibt sich bei Verwendung eines Sumpfheizers, wobei bevorzugt ein liegender Verdampfer nach QVF-Design eingesetzt wird. Im unteren Teil des liegenden Verdampfers sind quer zur Längsrichtung Wehre angeordnet, die in Strömungsrichtung der Säure eine Art Kammersystem bilden. Dadurch baut sich im Inneren des Verdampfers in Strömungsrichtung der Säure ein Konzentrationsprofil und da-

Abbildung 2.
Temperaturprofil im liegenden Verdampfer.



mit ein Temperaturprofil auf (s. Abb. 2). Durch dieses Temperaturprofil erhöht sich das mittlere treibende Temperaturgefälle gegenüber einem vergleichbaren Umlaufverdampfer, so dass die erforderliche Heizfläche geringer als bei einem Umlaufverdampfer ist.

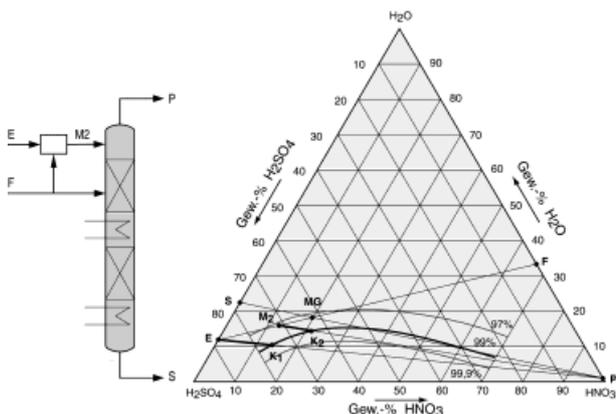
Durch das Kammersystem entsteht eine Kaskade von einzelnen Destillationsblasen, wodurch sich eine gewisse Trennwirkung des liegenden Verdampfers ergibt. Diese Trennwirkung wird dadurch verbessert, dass eine geringe Menge Dampf am Ende des liegenden Verdampfers direkt eingeblasen werden kann. Durch die konstruktive Anordnung der Heizerrohre aus Tantal im unteren Teil des Emailgehäuses herrscht in diesem Bereich eine hohe Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes. Belegungen der Heizerrohre werden so sicher vermieden und ein hoher Wärmedurchgangskoeffizient sichergestellt. Der Wärmedurchgangskoeffizient nimmt dabei mit steigender Schwefelsäure-Konzentration ab, mit steigender mittlerer Temperaturdifferenz zu und steigt ebenfalls für den Betrieb bei geringeren Systemdrücken (Vakuum) [6].

Bei Verwendung eines Sumpfheizers kann Direkt Dampf nahezu vollständig eingespart werden. Für Anfahr- und Regelvorgänge sollte jedoch auf das Einblasen einer sehr geringen Menge Direktampfes nicht verzichtet werden. Bei Verwendung eines Sumpfheizers statt Direkt Dampf kann der spezifische Heizdampfbedarf für das Gesamtverfahren zur Konzentrierung einer 67 gew.-%igen HNO_3 auf 99 Gew.-% HNO_3 auf ca. 1,4 kg Heizdampf je kg produzierter HNO_3 gesenkt werden. Als Sumpfheizer wird wegen der angeführten Vorteile bevorzugt ein liegender Verdampfer gewählt.

3.2 Abmischen der Schwefelsäure mit Feedsäure

In Abb. 3 ist das Siedegleichgewicht des Stoffsystems $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}$ dargestellt. Die eingezeichnete Kurvenschar gibt die Zusammensetzung der mit der Flüssigkeit im Gleichgewicht stehenden Dampfphase an. Eingezeichnet sind weiterhin die Punkte für die Feedsäure F, der 67

Abbildung 3. Abmischung von Schwefelsäure mit Feedsäure, dargestellt im Dreiecksdiagramm für das Siedegleichgewicht des Stoffsystems $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}$ bei 1013 mbar.



gew.-%igen HNO_3 , für das Zielprodukt P, der 99 gew.-%igen HNO_3 , für das Extraktionsmittel E, der 88 – 89 gew.-%igen H_2SO_4 , sowie für die mit etwa 75 – 76 Gew.-% H_2SO_4 ablaufende verdünnte Schwefelsäure S.

Beim klassischen Verfahren muss der konzentrierten Schwefelsäure E durch internen oder externen Rücklauf auf dem obersten Boden soviel HNO_3 zugemischt werden, bis der im Gleichgewicht stehende Dampf im Punkt K1 die geforderte HNO_3 -Konzentration von mehr als 99 Gew.-% aufweist. Die auftretenden Kondensations- und Mischungswärmen können auf dem obersten Boden nicht ausgenutzt werden. Diese Energie wird dadurch abgeführt, dass die Schwefelsäure vor Eintritt in die Kolonne abgekühlt wird.

Ein anderer Weg der Gleichgewichtseinstellung besteht darin, bereits vor der Einspeisung der Schwefelsäure eine bestimmte Menge an Feedsäure F bis zum Mischungspunkt M_2 zuzugeben. Somit verringert sich zunächst entlang der Mischungsgeraden der Abstand zur Gleichgewichtslinie. Aufgrund der Hebelverhältnisse nimmt für den Mischungspunkt M_2 auch die Menge an HNO_3 ab, die auf dem obersten Boden aus den Brüden in die Flüssigkeit kondensiert werden muss, um den Punkt K_2 zu erreichen. Dadurch ist es im Gegensatz zum klassischen Verfahren nicht mehr notwendig, die Schwefelsäure so stark abzukühlen. Zusätzlich wird es dann möglich, die Enthalpie der Schwefelsäure nahezu vollständig im Prozess zu behalten und so den Bedarf an Heizdampf für die Kolonne zu senken.

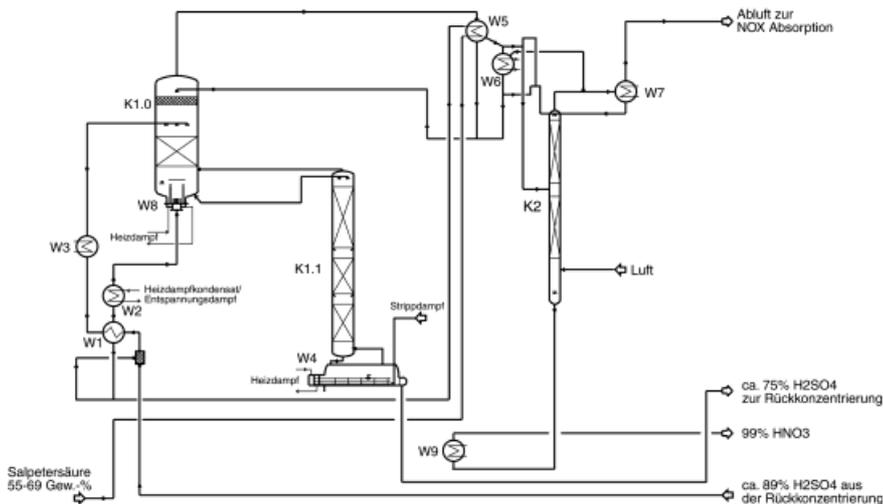
Durch die Lage der Gleichgewichtslinie und durch die sich ergebenden Hebelverhältnisse nimmt die Menge an HNO_3 , die auf dem obersten Boden in die Schwefelsäure kondensiert werden muss, nach Durchschreiten eines optimalen Mischungspunktes entlang der Mischungsgeraden wieder zu. Für eine optimal gewählte Abmischung kann die Menge an HNO_3 , die am Kolonnenkopf in die Schwefelsäure kondensiert werden muss, um bis zu ca. 15 % gesenkt werden.

3.3 Teilverdampfung und Wärmeintegration

Durch die Zugabe einer optimalen Menge an Feedsäure vor der Einspeisung der Schwefelsäure wird es möglich, einen größeren Teil der Enthalpie der Schwefelsäure im Prozess zu behalten und neben anderen Maßnahmen zum energetischen Optimieren des Prozesses zu nutzen. Die weiteren Maßnahmen sollen anhand der Abb. 4, in der das Fließbild des QVF-Verfahrens zur Salpetersäurekonzentrierung dargestellt ist, näher erläutert werden.

Neben der Menge an HNO_3 , die am Kopf in die Schwefelsäure kondensiert werden muss, entsteht ein zusätzlicher interner Rücklauf auch dadurch, dass die als Feedsäure eingesetzte verdünnte Salpetersäure üblicherweise unterkühlt aufgegeben wird. Diese Unterkühlung hilft bei höheren Wassergehalten der Feedsäure, die gewünschte HNO_3 -Konzentration am Kopf zu erreichen. In dem vorliegenden Fall einer azeotropen Feedsäure ist es zweckmäßiger, die zur Verfügung stehenden Wärmemengen zu nutzen

Abbildung 4.
Fließschema für das QVF-Verfahren zur Salpetersäurekonzentrierung.

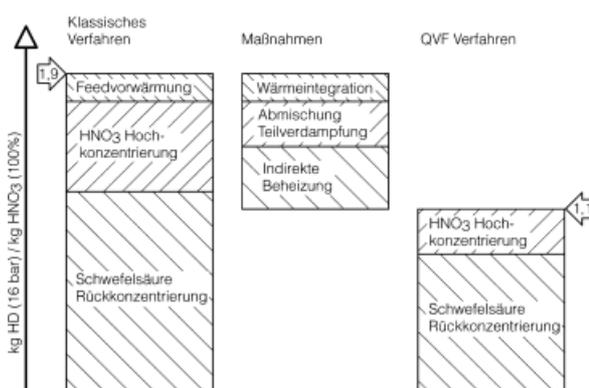


und die HNO_3 bereits vor der Einspeisestelle teilweise zu verdampfen.

Die Salpetersäure-Rektifikation selbst wird in einer geteilten Kolonne durchgeführt, wobei die obere Kolonne K1.0 der Rektifikation der aufzukonzentrierenden Salpetersäure und die untere Kolonne K1.1 der Abtrennung von HNO_3 aus der Schwefelsäure dient. Durch die Gestaltung der Einspeisestelle für eine geteilte Kolonne wird nur noch ein kleiner, einfach zu gestaltender Mittelheizer W8 benötigt. Die Kolonne K1.1 wird indirekt mit dem liegenden Verdampfer W4 beheizt. Die Feedsäure wird im Kondensator W5 gegen die HNO_3 -Brüden aus der HNO_3 -Rektifikation vorgewärmt. Ein bestimmter Teilstrom der Feedsäure wird der heißen Schwefelsäure aus der Rückkonzentrierung zugegeben.

Die Hauptmenge der Feedsäure wird im Rekuperator W1 gegen die heiße Schwefelsäure vorgewärmt. Schließlich wird ein Teil der HNO_3 (W2) verdampft, ehe die Feedsäure im Mittelheizer W8 der geteilten Kolonne mit der herabrieselnden Säure vermischt wird. Der Mittel-

Abbildung 5.
Spezifischer Heizdampfverbrauch des QVF-Verfahrens zur Konzentrierung einer 67 gew.-%igen Salpetersäure auf 99 Gew.-% HNO_3 im Vergleich zum klassischen Verfahren mit Direktampf.



heizer im Sumpf des oberen Kolonnen-teils K1.0 ist so ausgeführt, dass eine ausreichende Sumpfumwälzung entsteht. So erfolgt eine effektive Vermischung der Salpetersäure mit der herabrieselnden Schwefelsäure. Der Wärmeübertrager W2 zur teilweisen Verdampfung der Salpetersäure wird mit Heizdampf beheizt, der aus dem Kondensat des höher gespannten Heizdampfes gewonnen wird.

Die Wärmeintegration mittels des Rekuperators W1 und des Kondensators W5 stellt besondere Anforderungen, da beide Apparate beidseitig mit heißen, hochkorrosiven Medien beaufschlagt werden. Diesen Anforderungen wird man kostengünstig durch den Einsatz moderner Werkstoffe wie z. B. Siliciumcarbid gerecht.

Durch die Wärmeintegration, die indirekte Beheizung der Salpetersäurerektifikation mit Mittel- und Sumpfheizer, das Abmischen der Schwefelsäure mit Feedsäure und das teilweise Vorverdampfen der Salpetersäure unter Ausnutzung des höher gespannten Heizdampfbedarfs wird der spezifische Heizdampfbedarf zur Herstellung einer 99 gew.-%igen Salpetersäure aus einer Feedsäure mit 67 Gew.-% HNO_3 auf unter ca. 1,1 kg Heizdampf je kg produzierter HNO_3 minimiert.

In Abb. 5 ist dargestellt, welchen Einfluss die vorgestellten Maßnahmen auf die spezifische Heizdampfersparnis gegenüber dem klassischen Verfahren mit ausschließlich direkter Beheizung besitzen. Dabei entfallen ca. 46 % der Ersparnis auf die indirekte Beheizung und weitere 21 % auf die Wärmeintegration. Unter den restlichen 33 % des eingesparten spezifischen Heizdampfes sind die Abmischung der Schwefelsäure mit Feedsäure und die Teilverdampfung der Salpetersäure unter Ausnutzung des höher gespannten Heizdampfbedarfs zusammengefasst.

4 Fazit

In neueren, von QVF ENGINEERING projektierten Verfahren zur Herstellung einer 99 gew.-%igen Salpetersäure aus einer Feedsäure mit 64 – 67 Gew.-% HNO_3 wird der spezifische Heizdampfbedarf auf bis zu 1,1 kg Heizdampf je kg produzierter HNO_3 minimiert. Der Investitionsaufwand bleibt dabei mit dem konventioneller Anlagen zur Konzentrierung von Salpetersäure vergleichbar. Die Minimierung des Heizdampfbedarfes gelingt im wesentlichen durch folgende Maßnahmen.

Die Salpetersäure-Rektifikation wird fast ausschließlich indirekt beheizt. Dazu dienen Mittelheizer und als Sumpfheizer der liegende Verdampfer. Der am Kopf der Extraktivrektifikation aufgegebenen konzentrierten Schwefelsäure wird bereits eine bestimmte Menge Feedsäure zugegeben. Durch Wärmeintegration werden die zur Verfügung stehenden Wärmemengen ausgenutzt und die Salpetersäure vor Eintritt in die Kolonne bereits teilweise ver-

dampft. Das Kondensat des höher gespannten Heizdampfes wird ausgenutzt, um die Salpetersäure teilweise zu verdampfen.

Eingegangen am 21. Januar 2000 [K 2689]

Literatur

- [1] GMEHLING, J.; MENKE, J.; KRAFICYK, J.; FISCHER, K. Azeotropic Data, Part II, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 1994.
- [2] ELLIS, S. R. M.; THWAITES, J. M. Vapour-Liquid Equilibria of Nitric Acid-Water-Sulfuric Acid Mixtures, J. Appl. Chem. 7 (1957) April, S. 152/160.
- [3] PAULING, H. DRP 305553 (1919).
- [4] GERICKE, D. Konzentrieren von Salpetersäure mit Schwefelsäure, Chem.-Ing.-Tech. 46 (1974) 21, S. 894/899.
- [5] HORN, E.-M.; KEISER, H.; SCHOELLER, K. Zur thermischen Zersetzung der hochkonzentrierten Salpetersäure, Monatshefte für Chemie 118 (1987) S. 1205/1218.
- [6] WEHDE, K.-H.; STICHLMAIR, J. Wärmeübertragung bei der Konzentrierung verunreinigter Schwefelsäuren, Chem.-Ing.-Tech. 57 (1985) 2, S. 172/173.

Konvektive Dünnschichttrocknung: Trocknungsmechanismen bei der Dispersionslackierung*

JOHANNES MINTZLAFF UND FRANZ MAYINGER * *

1 Problemstellung

Die Papierveredelung dient der Verbesserung der optischen, mechanischen, physikalischen oder chemischen Eigenschaften von Papier und Kartonagen in bedruckter oder unbedruckter Form. Dies geschieht durch das Aufbringen einer Beschichtung mittels Lackierung oder Kaschierung. Bei der Lackierung ersetzen in letzter Zeit wässrige Dispersionslacke die bislang vornehmlich eingesetzten Lacke auf Basis organischer Lösemittel.

Wässrige Dispersionslacke sind Mehrphasensysteme, die in erster Linie zur Hälfte aus Wasser und zur Hälfte aus thermoplastischen Polymeren bestehen. Der Kunststoff liegt teils im Wasser dispergiert, teils darin gelöst [1] vor. Das Trocknungsverhalten unterscheidet sich von dem der bisher eingesetzten Lacke. So hat man es mit einer

rein physikalischen Trocknung zu tun ohne chemische Umsetzungen in der Beschichtungsmasse [2, 3]. Des Weiteren ist die Flüchtigkeit des Lösemittels Wassers geringer und die Verdunstungsenthalpie höher.

Die Trocknung gerade der wässrigen Dispersionslacke ist ein sehr energieintensiver Verfahrensschritt. Die Optimierung des Trocknungsabschnittes von Lackieranlagen unter Verwendung der Konvektions- und Strahlungstrocknung vermindert jedoch nicht nur den Energieverbrauch einer derartigen Lackieranlage. Sie führt zu einer Verkürzung der Trocknungsstrecke, was einen geringeren Anlagenpreis und über die Verringerung der Aufstellfläche die Senkung der Gebäudeinvestitionen zur Folge hat [4].

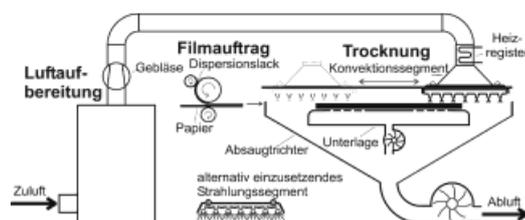
2 Versuchsanlage

In einer industriellen Lackieranlage passieren Papierbögen im kontinuierlichen Durchlauf Lackierwerk und Trocknungsabschnitt, bevor sie im Stapel ausgelegt werden. Demgegenüber wurde in der Laborversuchsanlage die Relativbewegung zwischen Papierbogen und Trocknungssegment umgedreht, s. Abb. 1: Die Trocknungshaube bewegt sich über den ruhenden Papierbogen hinweg. Sie befindet sich zunächst auf der dem Lackauftragswerk und der Einzugsrichtung abgewandten Seite des Verfahrensbereichs. Zu Beginn des Versuchs wird ein Bogen Papier durch das Auftragswerk gezogen, dabei mit einem Wasserbasislack beschichtet und weiter bis auf die auf 25 °C temperierte Trocknungsunterlage gefördert. Sobald sich der frisch lackierte Bogen hier befindet, beginnt die eigentliche Trocknung: Die Trocknungshaube fährt über das Trocknungsgut und verfährt dann wechselseitig über dem lackierten Papier, bis der Lack getrocknet ist. Die Trocknung wurde durchgeführt, bis der Feuchtegehalt, den der Papierbogen vor der Lackierung hatte, 12,5 g/m², wieder erreicht war. [1]

Als Versuchsmaterialien dienen Papierbögen mit den Abmessungen 900 mm × 195 mm und einem Flächen-gewicht von 180 g/m² sowie ein Wasserbasislack, der zu 42 % aus Thermoplasten, vornehmlich Polyacrylate, teils gelöst, teils dispergiert, besteht.

Während der Trocknung wird die Feuchte des Verbundes über ein Reflexionsphotometer und seine Oberflächentemperatur durch ein Pyrometer gemessen. Neben einem Konvektions- kann auch ein Strahlungssegment eingebaut werden. Dieser Artikel beschränkt sich auf eine Behandlung der konvektiven Trocknung.

Abbildung 1. Schema der Versuchsanlage.



* Vortrag gehalten anlässlich der GVC-Jahrestagung, 30. Sept./2. Okt. 1998 in Freiburg.
* * Dr.-Ing. J. MINTZLAFF, BMW AG, D-80788 München, johannes.mintzlauff@bmw.de; Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. f. MAYINGER, Lehrstuhl A f. Thermodynamik, TU München, D-85747 Garching, may@thermo-a.mw.tum.de