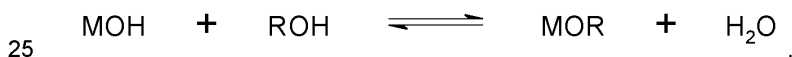


Verfahren zur energieeffizienten Herstellung von Alkalimetallalkoholaten

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Alkalimetallalkoholaten im Gegenstrom durch Reaktivrektifikation, wobei das Alkalimetall aus Natrium und Kalium ausgewählt ist. Das Verfahren erfolgt in mindestens einer Reaktionskolonne und mindestens einer Rektifikationskolonne. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass der zum Betrieb der Kolonnen und somit zur Durchführung des Verfahrens genutzte Heizdampf
10 kondensiert, und die Energie im erhaltenen Kondensat eingesetzt wird.

1. Hintergrund der Erfindung

- Die Herstellung von Alkalimetallalkoholaten ist ein wichtiger industrieller Prozess.
15 Alkalimetallalkoholate werden als starke Basen in der Synthese zahlreicher Chemikalien, z.B. bei der Herstellung von Pharma- oder Agrowirkstoffen, eingesetzt. Weiterhin finden Alkalimetallalkoholate Anwendung als Katalysatoren in Umesterungs- und Amidierungsreaktionen.
- 20 Alkalimetallalkoholate (MOR) werden mittels Reaktivdestillation in einer Gegenstromdestillationskolonne aus Alkalimetallhydroxiden (MOH) und Alkoholen (ROH) hergestellt, wobei das gemäß folgender Reaktion <1> entstehende Reaktionswasser mit dem Destillat entfernt wird.



- Ein solches Verfahrensprinzip ist beispielsweise in der US 2,877,274 A beschrieben, wobei wässrige Alkalimetallhydroxid-Lösung und gasförmiges Methanol im Gegenstrom in einer Rektifikationskolonne gefahren werden. In prinzipiell nicht veränderter Form wird dieses Verfahren
30 in der WO 01/42178 A1 erneut beschrieben.

- Ähnliche Verfahren, bei denen jedoch zusätzlich noch ein Schleppmittel, wie beispielsweise Benzol, eingesetzt wird, sind in der GB 377,631 A und der US 1,910,331 A beschrieben. Das Schleppmittel dient hierbei zur Trennung von Wasser und dem wasserlöslichen Alkohol, und das
35 Kondensat wird einer Phasentrennung unterzogen, um das Reaktionswasser abzutrennen.

Entsprechend beschreibt die DE 96 89 03 C ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von Alkalimetallalkoholaten in einer Reaktionskolonne, wobei das am Kopf entnommene Wasser-Alkohol-Gemisch kondensiert und anschließend einer Phasentrennung unterworfen wird. Die

wässrige Phase wird hierbei verworfen und die alkoholische Phase wird zusammen mit dem frischen Alkohol der Kolonne am Kopf zurückgegeben. Ein ähnliches Verfahren beschreibt die EP 0 299 577 A2, wobei die Wasserabtrennung im Kondensat mit Hilfe einer Membran erfolgt.

- 5 Die industriell wichtigsten Alkalimetallalkoholate sind jene des Natriums und Kaliums, und hierbei insbesondere die Methylate und Ethylate. Deren Synthese ist vielfach im Stand der Technik beschrieben, zum Beispiel in der EP 1 997 794 A1.

- Bei den im Stand der Technik beschriebenen Synthesen der Alkalimetallalkoholate durch
10 Reaktivrektifikation werden üblicherweise Brüden erhalten, welche den eingesetzten Alkohol und Wasser umfassen. Es ist aus wirtschaftlichen Gründen sinnvoll, den von den Brüden umfassten Alkohol wieder in der Reaktivdestillation als Edukt einzusetzen. Deshalb werden die Brüden üblicherweise einer Rektifikationskolonne zugeführt und der darin enthaltene Alkohol abgetrennt (beschrieben beispielsweise in der GB 737 453 A und der US 4,566,947 A). Der so
15 zurückgewonnene Alkohol wird dann beispielsweise als Edukt der Reaktivdestillation zugeführt. Alternativ oder zusätzlich kann ein Teil des Alkoholbrüden zur Beheizung der Rektifikationskolonne genutzt werden (beschrieben in WO 2010/097318 A1). Dazu muss der Brüden allerdings verdichtet werden, um das zur Beheizung der Rektifikationskolonne nötige Temperaturniveau zu erreichen.

- 20 Die zum Betrieb des Verfahrens nötige Energie wird normalerweise über Heizdampf in das erfindungsgemäße Verfahren eingetragen, zum Beispiel über Wärmeübertrager (alternativer Begriff „Wärmetauscher“) wie zum Beispiel Verdampfer am Sumpf der Kolonne oder zur Beheizung der Alkohol- oder Alkalimetallhydroxidlösung. Bei der Übertragung der Energie kondensiert der Heizdampf, und die erhaltene flüssige Phase, das Heizdampfkondensat, enthält häufig noch
25 beträchtliche Mengen an Restwärme. Daraus ergeben sich folgende Nachteile: Einerseits ist es energetisch unerwünscht, diese Energie ungenutzt dissipieren zu lassen. Daneben werden im industriellen Kontext (Chemieparks und Technologieparks) Kondensate üblicherweise in einem Kondensatnetz gesammelt. Wenn sich dieses aus verschiedenen Anlagen speist, unterscheiden sich die zugeführten Kondensate in Temperatur und Druck. Um Druckschläge im Kondensatnetz
30 zu verhindern, muss jede an das Netz angeschlossene Anlage deshalb das entsprechende Kondensat aktiv kühlen, was wiederum zusätzlichen Energieaufwand erfordert.

- Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung bestand demnach darin, ein Verfahren zur Herstellung von Alkalimetallalkoholaten zur Verfügung zu stellen, welches die vorgenannten Nachteile behebt
35 und insbesondere die effiziente Nutzung der Energie in den Heizdampfkondensaten erlaubt. Neben der vorteilhaften Energieeinsparung soll dies auch die leichte, energieeffiziente Einstellung des Kondensats auf bestimmte Druck- und Temperaturwerte erlauben.

Es wurde nun überraschenderweise ein Verfahren gefunden, welches diese Aufgabe löst.

2. Kurzzusammenfassung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft demnach ein Verfahren gemäß Anspruch 1.

3. Abbildungen

Abbildung 1 zeigt ein nicht erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung von Alkalimetallalkoholaten mit verschiedenen Wärmeübertragern.

- 10 Eine solche Anlage umfasst eine Reaktionskolonne $RR_A <1A>$. Am Kopf der Reaktionskolonne $RR_A <1A>$ wird eine wässrige NaOH-Lösung als Eduktstrom $S_{AE2} <1A2>$ zugegeben. Alternativ kann z.B. auch eine methanolische NaOH- oder KOH-Lösung als Eduktstrom $S_{AE2} <1A2>$ zugegeben werden, um dann das entsprechende Natrium- bzw. Kaliummethylat herzustellen. Dem Eduktstrom $S_{AE2} <1A2>$ kann gegebenenfalls über einen Wärmeübertrager $WT <WA5>$ Energie
- 15 zugeführt werden, z.B. um diesen vorzuwärmen. Oberhalb des Sumpfes der Reaktionskolonne $RR_A <1A>$ wird Methanol als Eduktstrom $S_{AE1} <1A1>$ dampfförmig zugegeben. Dem Eduktstrom $S_{AE1} <1A1>$ kann gegebenenfalls über einen Wärmeübertrager $WT <WA4>$ Energie zugeführt werden, z.B. um diesen vorzuwärmen. Durch die Umsetzung der beiden Eduktströme $S_{AE1} <1A1>$ und $S_{AE2} <1A2>$ wird in der Reaktionskolonne $RR_A <1A>$ ein Rohproduktgemisch $RP_A <1A3>$
- 20 erhalten, welches $NaOCH_3$, Wasser, CH_3OH , NaOH umfasst, wenn $S_{AE2} <1A2>$ NaOH umfasst. Wenn $S_{AE2} <1A2>$ KOH umfasst, wird ein Rohproduktgemisch $RP_A <1A3>$ erhalten, welches $KOCH_3$, Wasser, CH_3OH und KOH umfasst.

- Am Sumpf der Reaktionskolonne $RR_A <1A>$ wird der Produktstrom $S_{AS} <1A4>$, der
- 25 Natriummethanolat bzw. Kaliummethanolat gelöst in Methanol umfasst, erhalten. Mit dem optionalen Sumpfverdampfer $VS_{RRA} <WA1>$ am Sumpf der Kolonne $RR_A <1A>$ kann die Konzentration der Natrium- bzw. Kaliummethylatlösung $S_{AS} <1A4>$ auf den gewünschten Wert eingestellt werden. Durch den optionalen Sumpfverdampfer $VS_{RRA} <WA2>$ kann gegebenenfalls Energie auf einen Teil von $S_{AS} <1A4>$ übertragen werden, der in die Reaktionskolonne $RR_A <1A>$
- 30 rezykliert wird. $VS_{RRA} <WA2>$ dient dabei insbesondere auch zum Anfahren der Kolonne $RR_A <1A>$. Der optionale Zwischenverdampfer $VZ_{RRA} <WA3>$ eröffnet eine Möglichkeit, Energie auf das Rohproduktgemisch $RP_A <1A3>$ zu übertragen. Dieses wird der Kolonne $RR_A <1A>$ als Strom $S_{RRAZ} <1A7>$ entnommen, der Strom $S_{RRAZ} <1A7>$ im Zwischenverdampfer $VZ_{RRA} <WA3>$ erwärmt und dann in die Kolonne $RR_A <1A>$ zurückgeführt.

- 35 Am Kopf der Reaktionskolonne $RR_A <1A>$ wird ein Brüdenstrom $S_{AB} <1A5>$ entnommen. Ein Teil des Brüdenstroms $S_{AB} <1A5>$ kann am Kopf der Reaktionskolonne $RR_A <1A>$ in einem Kondensator K_{RRA} kondensiert und flüssig als Rücklauf auf den Kopf der Reaktionskolonne $RR_A <1A>$ aufgegeben werden. Diese nicht in Abbildung 1 gezeigte Ausführungsform, d.h. die
- 40 Einstellung des Rücklaufs am Kopf der Reaktionskolonne $RR_A <1A>$, ist jedoch optional.

Der Brüdenstrom S_{AB} <1A5> wird, optional über einen Wärmeübertrager WT <WA6>, über einen Verdichter VD_{31} <11>, einer Rektifikationskolonne RD_A <2> zugeleitet. In der Rektifikationskolonne RD_A <2> wird ein Gemisch G_A <21> erhalten, welches Wasser und Methanol umfasst, welches in

5 RD_A <2> in einen Brüdenstrom S_{DAB} <24> umfassend Methanol und einen Sumpfstrom S_{DAS} <22> umfassend Wasser und ROH getrennt wird. Am Sumpf der Kolonne RD_A <2> wird der Sumpfstrom S_{DAS} <22> an einer Entnahmestelle E_{AK} <42> abgeführt und kann teilweise wieder über den optionalen Sumpfverdampfer VS_A <W7> oder den Sumpfverdampfer VS_A <W8> in die Kolonne RD_A <2> rückgeführt werden.

10

Am Kopf der Rektifikationskolonne RD_A <2> wird Methanolbrüden S_{DAB} <24> an einer Entnahmestelle E_{AK} <41> abgeführt. Dieser wird dann optional über den Verdichter <12> geleitet und zur Reaktionskolonne RR_A <1A> rezykliert, wo er als Eduktstrom S_{AE1} <1A1> eingesetzt wird. Der Verdichter <12> kann auch anstatt des Verdichters VD_{31} <11> eingesetzt werden.

15

Der Zwischenverdampfer VZ_A <W9> eröffnet eine Möglichkeit, Energie auf das Gemisch G_A <21> zu übertragen. Dieses wird der Kolonne RD_A <2> als Strom S_{AZ} <23> entnommen, der Strom S_{AZ} <23> im Zwischenverdampfer VZ_A <W9> erwärmt und dann in die Kolonne RD_A <2> zurückgeführt.

20 Ein Strom von Frischmethanol <25> kann dem System über die Rektifikationskolonne RD_A <2> zugeführt werden. Diesem kann über einen Wärmeübertrager WT <W10> Energie zugeführt werden. Das Frischmethanol kann dabei der Rektifikationskolonne RD_A <2> direkt zugegeben werden.

25 Durch den Sumpfverdampfer VS_A <W8> wird Energie auf einen Teil von S_{DAS} <22> übertragen werden, der in die Rektifikationskolonne RD_A <1A> rezykliert wird. Der Sumpfverdampfer VS_A <W8> dient dabei insbesondere auch zum Anfahren der Kolonne RD_A <2>. Abbildung 1 zeigt anhand des Sumpfverdampfers VS_A <W8> die Beheizung mit Heizdampf H_1 <84> anhand des Standes der Technik. Demnach wird über den Sumpfverdampfer VS_A <W8> Energie von

30 Heizdampf H_1 <84> auf rezykliertes S_{DAS} <22> übertragen und somit letztendlich für die destillative Trennung des Gemischs G_A <21> zur Verfügung gestellt.

Die Kondensationstemperatur des Heizdampfs H_1 <84> muss je nach benötigter Heizleistung der Destillation eingestellt werden. Da die Temperatur bzw. der Druck des in industriellen Anlagen zur

35 Verfügung stehenden Heizdampfs H_3 <83> üblicherweise von den im konkreten Fall gewünschten Werten abweicht, muss H_3 <83> zunächst zu H_1 <84> entspannt werden, was über ein Regelungsventil <85> erfolgt. Dies erfolgt unter Dissipation von Teilen der im Heizdampf H_3 <83> enthaltenen Energie.

Durch die Übertragung von Energie von H_1 <84> auf S_{DAS} <22> im Sumpfverdampfer VS_A <W8> kondensiert H_1 <84> mindestens teilweise zum Kondensat K_1 <81>, welches in einem Kondensatbehälter <86> gesammelt wird, wo gegebenenfalls Kondensaten <88> aus anderen Wärmeübertragern der Anlage nach Abbildung 1 oder sogar anderen Anlagen (z.B. bei

5 Verbundstandorten) gesammelt werden. Die gesammelten Kondensate müssen dann als Kondensatstrom <87> entsorgt werden oder können etwa in Chemieparcs ins Kondensatnetz eingespeist werden. Damit wird nicht nur ein Teil der in den Kondensaten vorhandenen Energie ungenutzt verworfen, es ist in vielen Fällen auch nötig, diese unter zusätzlichem Energieaufwand auf eine bestimmte Temperatur einzustellen, um Druckschläge im Kondensatnetz zu vermeiden.

10

Diese Problematik stellt sich nicht nur in dem Fall, in dem des Heizdampf H_1 <84> den Sumpfverdampfer VS_A <W8> beheizt. Bei Anlagen, die jener in Abbildung 1 entsprechen, in denen aber anstatt über oder zusätzlich zu dem Sumpfverdampfer VS_A <W8> über einen der anderen Wärmetauscher Energie von Heizdampf H_3 <83> eingetragen werden soll, stellt sich dasselbe

15 Problem.

Abbildung 2 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Anlage entspricht der in Abbildung 1 beschriebenen. Das charakteristische Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens wird anhand des Sumpfverdampfers VS_A <W8> erläutert. Die

20 entsprechende Führung des Heizdampfes H_1 ist aber alternativ oder zusätzlich auch an einem der anderen Wärmeübertrager WT <WA1> bis <WA6>, <W7>, <W9>, <W10> möglich.

Entsprechend dem Vorgehen im Stand der Technik wird auch hier über den Sumpfverdampfer VS_A <W8> Energie von Heizdampf H_1 <84> auf S_{DAS} <22> übertragen und somit letztendlich für die

25 destillative Trennung des Gemischs G_A <21> zur Verfügung gestellt. Dadurch wird ein Heizdampfkondensat K_1 <81> erhalten, welches im Kondensatbehälter <86>, gegebenenfalls mit anderen Kondensaten <88>, gesammelt und entspannt wird. Die Kondensate <88> können sich aus der Beheizung über einen der anderen Wärmeübertrager WT <WA1> bis <WA6>, <W7>, <W9>, <W10>, wenn die Anlage einen solchen aufweist, ergeben, oder, wenn das

30 erfindungsgemäße Verfahren in der Nähe zu einer anderen Anlage durchgeführt wird, in der Heizdampfkondensat anfällt, von einer solchen Anlagen in den Kondensatbehälter <86> geleitet werden. Der entscheidende Unterschied zu den Verfahren des Standes der Technik besteht darin, dass mindestens ein Teil des Heizdampfkondensats K_1 <81> entspannt wird, und dadurch ein Heizdampf H_2 <82>, dessen Druck p_2 geringer als der Druck p_1 von H_1 <84> ist, erhalten wird. Der

35 dadurch erhaltene Heizdampf H_2 <82> wird dann mit frischem Heizdampf H_3 <83>, dessen Druck $p_3 > p_2$ und in der Ausführungsform gemäß Abbildung 2 auch $p_3 > p_1$ ist, vermischt. Dadurch wird der Heizdampf/Kondensat/Heizdampf-Kreislauf aus H_1 <84> / K_1 <81> / H_2 <82> vervollständigt, und es wird neuer Heizdampf H_4 erhalten, der gleich ist wie der Heizdampf H_1 <84> mit gewünschtem Druck (und somit gewünschter Temperatur) und in der neuen Runde als Heizdampf

40 H_1 <84> wieder zur Beheizung des Sumpfverdampfers VS_A <W8> eingesetzt werden kann.

Im Gegensatz zu den Verfahren des Standes der Technik ergeben sich dadurch die folgenden Vorteile:

- 5 - Ein höherer Anteil der Energie im Kondensat K_1 wird in das Verfahren integriert.
 - Dadurch, dass die Energie im Kondensat K_1 genutzt wird, muss das Kondensat K_1 weniger gekühlt werden, bevor es ins Kondensatnetz eingespeist wird, um die Wahrscheinlichkeit von Druckschlägen im Kondensatnetz zu verringern. Dadurch wird zusätzlich Kühlenergie eingespart.
- 10 **Abbildung 3** zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese entspricht der in **Abbildung 2** beschriebenen Ausführungsform bis darauf, dass an der Rektifikationskolonne RD_A <2> im Zwischenverdampfer VZ_A <W9> Energie von H_1 <84> auf das Gemisch G_A <21> übertragen wird. Außerdem wird der Kondensatbehälter <86> auch mit Heizdampfkondensat <71> gespeist, welches durch Kondensation von Heizdampf <74> beim
- 15 Betrieb des Sumpfverdampfers VS_A <W8> erhalten wird.

Abbildung 4 zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese weist die in **Abbildung 3** beschriebene Reaktionskolonne RR_A <1A> sowie die Rektifikationskolonne RD_A <2> auf. Zusätzlich weist die Ausführungsform gemäß **Abbildung 4** die folgenden Merkmale auf:

- 20 Neben der Reaktionskolonne RR_A <1A> umfasst die im Verfahren verwendete Anlage eine weitere Reaktionskolonne RR_B <1B>, in welcher als Eduktstrom S_{BE2} <1B2> eine wässrige KOH-Lösung zugegeben wird. Es kann sich auch um die wässrige oder alkoholische Lösung von NaOH handeln, vorteilhafterweise wird S_{BE2} <1B2> jedoch so gewählt, dass das von diesem Strom umfasste
- 25 Alkalimetall sich von dem in S_{AE2} <1A2> unterscheidet. Dem Eduktstrom S_{BE2} <1B2> kann gegebenenfalls über einen Wärmeübertrager WT <WB5> Energie zugeführt werden, z.B. um diesen vorzuwärmen. Wenn S_{BE2} <1B2> NaOH umfasst, wird S_{BE2} <1B2> in RR_B <1B> mit einem gegebenenfalls über den Wärmeübertrager WT <WB4> vorgewärmten Strom S_{BE1} <1B1> umfassend CH_3OH zu einem Rohproduktgemisch RP_B <1B3> umfassend $NaOCH_3$, Wasser,
- 30 CH_3OH , NaOH umgesetzt. Wenn S_{BE2} <1B2> KOH umfasst, wird ein Rohproduktgemisch RP_B <1B3> erhalten, welches $KOCH_3$, Wasser, CH_3OH und KOH umfasst. In dieser Ausführungsform ist ROH somit Methanol.

- Am Sumpf der Reaktionskolonne RR_B <1B> wird der Produktstrom S_{BS} <1B4>, der
- 35 Natriummethanolat bzw. Kaliummethanolat gelöst in Methanol umfasst, erhalten. Mit dem optionalen Sumpfverdampfer VS_{RRB} <WB1> am Sumpf der Kolonne RR_B <1B> kann die Konzentration der Natrium- bzw. Kaliummethylatlösung S_{BS} <1A4> auf den gewünschten Wert eingestellt werden. Durch den optionalen Sumpfverdampfer VS_{RRB} <WB2> kann gegebenenfalls Energie auf einen Teil von S_{BS} <1B4> übertragen werden, der in die Reaktionskolonne RR_B <1B>
- 40 rezykliert wird. VS_{RRB} <WB2> dient dabei insbesondere auch zum Anfahren der Kolonne RR_B

<1B>. Der optionale Zwischenverdampfer VZ_{RRB} <WB3> eröffnet eine Möglichkeit, Energie auf das Rohproduktgemisch RP_B <1B3> zu übertragen. Dieses wird der Kolonne RR_B <1B> als Strom S_{RRBZ} <1B7> entnommen, letzterer im optionale Zwischenverdampfer VZ_{RRB} <WB3> erwärmt und dann in die Kolonne RR_B <1B> zurückgeführt.

5

Am Kopf der Reaktionskolonne RR_B <1B> wird ein Brüdenstrom S_{BB} <1B5> entnommen. Ein Teil des Brüdenstroms S_{AB} <1B5> kann am Kopf der Reaktionskolonne RR_B <1B> in einem Kondensator kondensiert und flüssig als Rücklauf auf den Kopf der Reaktionskolonne RR_B <1B> aufgegeben werden. Diese nicht in Abbildung 4 gezeigte Ausführungsform, d.h. die Einstellung des Rücklaufs am Kopf der Reaktionskolonne RR_B <1B>, ist jedoch optional.

Der Brüdenstrom S_{BB} <1B5> wird optional über einen Wärmeübertrager WT <WB6> geleitet. S_{BB} <1B5> wird mit dem Strom S_{AB} <1A5> vereinigt und dann, nachdem der vereinigte Strom über einen Verdichter VD_{31} <11> geführt wurde, einer Rektifikationskolonne RD_A <2> zugeleitet. Die beiden Ströme S_{AB} <1A5> und S_{BB} <1B5> können auch getrennt in die Rektifikationskolonne RD_A <2> geleitet werden und sich erst in dieser vereinigen.

In der Rektifikationskolonne RD_A <2> findet die destillative Trennung des Gemisches G_A <21> in einen Brüdenstrom S_{DAB} <24> umfassend ROH und einen Sumpfstrom S_{DAS} <22> umfassend Wasser und ROH statt. Der Sumpfstrom S_{DAS} <22> wird an einer Entnahmestelle E_{AK} <42> am Sumpf der Kolonne RD_A <2> abgeführt und kann teilweise über den optionalen Sumpfverdampfer VS_A <W7> oder den Sumpfverdampfer VS_A <W8> am Sumpf der Kolonne RD_A <2> wieder in die Kolonne RD_A <2> rückgeführt werden. Der Sumpfverdampfer VS_A <W8> dient dabei insbesondere auch zum Anfahren der Kolonne RD_A <2>.

25

Am Kopf der Rektifikationskolonne RD_A <2> wird Methanolbrüden S_{DAB} <24> an einer Entnahmestelle E_{AK} <41> abgeführt. Dieser wird dann optional über den Verdichter <12> geleitet und zur Reaktionskolonne RR_A <1A> rezykliert, wo er als Eduktstrom S_{AE1} <1A1> bzw. S_{BE1} <1B1> eingesetzt wird. Der Verdichter <12> kann auch anstatt des Verdichters VD_{31} <11> eingesetzt werden.

Der Zwischenverdampfer VZ_A <W9> eröffnet eine Möglichkeit, Energie auf das Gemisch G_A <21> zu übertragen. Dieses wird der Kolonne RD_A <2> als Strom S_{AZ} <23> entnommen, der Strom S_{AZ} <23> im Zwischenverdampfer VZ_A <W9> erwärmt und dann in die Kolonne RD_A <2> zurückgeführt.

35

Ein Strom von Frischmethanol <25> kann dem System über die Rektifikationskolonne RD_A <2> zugeführt werden. Diesem kann über einen Wärmeübertrager WT <W10> Energie zugeführt werden. Das Frischmethanol <25> kann dabei der Rektifikationskolonne RD_A <2> direkt zugegeben werden.

40

S_{DAS} <22> wird optional über einen Wärmeübertrager WT <W15> einer Rektifikationskolonne RD_x <3> zugeleitet. In RD_x <3> ergibt sich dadurch ein Gemisch G_x <31> umfassend Wasser und Methanol.

5

In der Rektifikationskolonne RD_x <3> findet die destillative Trennung des Gemisches G_x <31> in einen Brüdenstrom S_{XB} <34> umfassend ROH und einen Sumpfstrom S_{XS} <32> umfassend Wasser und ROH statt. Der Sumpfstrom S_{XS} <32> wird an der Entnahmestelle E_{XS} <52> entnommen und abgeführt. Am Sumpf der Kolonne RD_x <3> kann der Sumpfstrom S_{XS} <32> teilweise wieder über den optionalen Sumpfverdampfer VS_x <W11> oder den optionalen Sumpfverdampfer VS_x <W12> in die Kolonne RD_x <3> rückgeführt werden. Durch den optionalen Sumpfverdampfer VS_x <WA2> kann gegebenenfalls Energie auf einen Teil von S_{XS} <32> übertragen werden, der in RD_x <3> rezykliert wird. VZ_x <W12> dient dabei insbesondere auch zum Anfahren der Kolonne RD_x <3>.

15

Am Kopf der Rektifikationskolonne RD_x <3> wird Methanolbrüden S_{XB} <34> an einer Entnahmestelle E_{XK} <51> entnommen und abgeführt. Dieser wird dann optional über den Verdichter <13> geleitet und gemischt mit S_{DAB} <24> zu den Reaktionskolonnen RR_A <1A> und RR_B <1B> rezykliert und als Eduktstrom S_{AE1} <1A1> bzw. S_{BE1} <1B1> eingesetzt.

20

Der Zwischenverdampfer VZ_x <W13> eröffnet eine Möglichkeit, Energie auf das Gemisch G_x <31> zu übertragen. Dieses wird der Kolonne RD_x <3> als Strom S_{XZ} <33> entnommen, letzterer in VZ_x <W13> erwärmt und dann in die Kolonne RD_x <3> zurückgeführt.

25 Ein Strom von Frischmethanol <35> kann dem System über die Rektifikationskolonne RD_x <3> zugeführt werden. Diesem kann über einen Wärmeübertrager WT <W14> Energie zugeführt werden. Das Frischmethanol <35> kann dabei der Rektifikationskolonne RD_x <3> direkt zugegeben werden.

30 Über den Zwischenverdampfer VZ_x <W13> wird Energie von Heizdampf H_1 <84> auf S_{XS} <32> übertragen und somit letztendlich für die destillative Trennung des Gemisches G_x <31> zur Verfügung gestellt. Dadurch wird ein Heizdampfkondensat K_1 <81> erhalten, welches in einem Kondensatbehälter <86>, gegebenenfalls mit anderen Kondensaten <88>, gesammelt werden kann. Die Kondensate <88> können sich aus der Beheizung über einen der anderen

35 Wärmeübertrager <WA1> bis <WA6>, <W7>, <W9>, <W10>, wenn die Anlage einen solchen aufweist, ergeben, oder, wenn das erfindungsgemäße Verfahren in der Nähe zu einer entsprechenden Anlage durchgeführt wird, in der Heizdampfkondensat anfällt, von einer solchen Anlagen in den Kondensatbehälter <86> geleitet werden (Strom <88>). In Abbildung 4 wird ein Kondensat <71>, welches sich aus der Beheizung des Sumpfverdampfers VS_x <W12> mit

40 Heizdampf <74> ergibt, ebenfalls im Kondensatbehälter <86> gesammelt.

Mindestens ein Teil des Kondensats im Sammelbehälter <86> wird zu weiterem Heizdampf H_2 <82>, dessen Druck p_2 geringer als der Druck p_1 von H_1 <84> ist, entspannt und verdampft. Der dadurch erhaltene Heizdampf H_2 <82> wird dann mit frischem Heizdampf H_3 <83>, dessen Druck $p_3 > p_1$ und somit auch $p_3 > p_2$ ist, vermischt. Dadurch wird der Heizdampf/Kondensat/Heizdampf-Kreislauf aus H_1 <84> / K_1 <81> / H_2 <82> vervollständigt, und es wird neuer Heizdampf H_4 erhalten, der gleich ist wie der Heizdampf H_1 <84> mit gewünschtem Druck (und somit gewünschter Temperatur) und in der neuen Runde als Heizdampf H_1 <84> wieder zur Beheizung des Zwischenverdampfers VZ_x <W13> eingesetzt werden kann.

10

Abbildung 5 zeigt den schematischen Aufbau eines Dampfstrahlers DS <89>. Der Treibdampf H_3 <83> ist hier der Heizdampf, insbesondere der Mitteldruckdampf aus dem Dampfnetz. Der Saugdampf H_2 <82> ist insbesondere der Niederdruckdampf aus dem Kondensatbehälter <86>. Beide werden über die Regeleinheit <90> vermischt und über den Ausgang als Mischdampf H_4 <84> zum entsprechenden Wärmeübertrager WT , z.B. <W8>, <W9>, <W13> geführt. Über die Regeleinheit <90> können die Mengen von Treibdampf und Saugdampf eingestellt werden, wodurch Druck und damit die Kondensationstemperatur des Mischdampfes H_4 <84> eingestellt werden können.

20

4. Detaillierte Beschreibung der Erfindung

4.1 Schritt (a1) des erfindungsgemäßen Verfahrens

Im Schritt (a1) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Eduktstrom S_{AE1} umfassend ROH mit einem Eduktstrom S_{AE2} umfassend M_{AOH} im Gegenstrom in einer Reaktivrektifikationskolonne RR_A zu einem Rohproduktgemisch RP_A umfassend M_{AOR} , Wasser, ROH, M_{AOH} umgesetzt.

Als „Reaktivrektifikationskolonne“ wird erfindungsgemäß eine Rektifikationskolonne definiert, in der zumindest in einigen Teilen die Umsetzung nach Schritt (a1) oder Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens ablaufen. Sie kann auch als „Reaktionskolonne“ abgekürzt werden.

In Schritt (a1) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird am unteren Ende von RR_A ein Sumpfproduktstrom S_{AS} umfassend ROH und M_{AOR} entnommen. Am oberen Ende von RR_A wird ein Brüdenstrom S_{AB} umfassend Wasser und ROH entnommen.

„Brüdenstrom“ bedeutet, dass es sich bei dem jeweiligen Strom um einen gasförmigen Strom handelt.

40

- R ist im erfindungsgemäßen Verfahren ein C₁ bis C₆-Kohlenwasserstoffrest, bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Methyl, Ethyl, *n*-Propyl, *iso*-Propyl, *n*-Butyl, *sec*-Butyl, *iso*-Butyl, *tert*-Butyl, Isomeren des Pentyls, wie beispielsweise *n*-Pentyl, bevorzugter ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Methyl, Ethyl, *n*-Propyl, *iso*-Propyl, noch bevorzugter ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Methyl, Ethyl. Besonders bevorzugt ist R Methyl und ROH demnach Methanol.

M_A ist ausgewählt aus Natrium, Kalium, und bevorzugt Natrium.

- 10 Der Eduktstrom **S_{AE1}** umfasst ROH. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt der Massenanteil von ROH in **S_{AE1}**, bezogen auf die gesamte Masse des Eduktstroms **S_{AE1}**, bei ≥ 95 Gew.-%, noch bevorzugter bei ≥ 99 Gew.-%, wobei **S_{AE1}** ansonsten insbesondere Wasser aufweist.

- Der in Schritt (a1) des erfindungsgemäßen Verfahrens als Eduktstrom **S_{AE1}** eingesetzte Alkohol ROH kann auch handelsüblicher Alkohol mit einem Alkoholmassenanteil, bezogen auf die gesamte Masse des Eduktstroms **S_{AE1}**, von mehr als 99.8 Gew.-% und einem Massenanteil an Wasser, bezogen auf die gesamte Masse des Eduktstroms **S_{AE1}**, von bis zu 0.2 Gew.-% sein.

Der Eduktstrom **S_{AE1}** wird bevorzugt dampfförmig zugegeben.

20

Der Eduktstrom **S_{AE2}** umfasst M_AOH, bevorzugt in einem Massenanteil von 10 bis 75 Gew.-%, bevorzugter 20 bis 55 Gew.-%, bevorzugter 48.5 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse des Stromes **S_{AE2}**. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst **S_{AE2}** neben M_AOH mindestens eine weitere Verbindung ausgewählt aus Wasser, ROH. Noch bevorzugter umfasst **S_{AE2}** neben

- 25 M_AOH auch Wasser, dann handelt es sich bei **S_{AE2}** um eine wässrige Lösung von M_AOH.

Schritt (a1) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in einer Reaktivrektifikationskolonne **RR_A** durchgeführt. Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in einer Reaktivrektifikationskolonne **RR_B** durchgeführt.

30

Bevorzugt enthält die Reaktionskolonne **RR_A** bzw. **RR_B** Einbauten. Geeignete Einbauten sind zum Beispiel Böden, strukturierte Packungen oder unstrukturierte Packungen (Füllkörper). Wenn die Reaktionskolonne **RR_A** bzw. **RR_B** Böden enthält, so sind Glockenböden, Ventilböden, Tunnelböden, Thormann-Böden, Kreuzschlitzglockenböden oder Siebböden geeignet. Wenn die Reaktionskolonne **RR_A** bzw. **RR_B** Böden enthält, so werden vorzugsweise solche Böden gewählt, bei denen maximal 5 Gew.-%, bevorzugt weniger als 1 Gew.-% der Flüssigkeit durch die jeweiligen Böden durchregnen. Die zur Minimierung des Durchregnens der Flüssigkeit erforderlichen konstruktiven Maßnahmen sind dem Fachmann geläufig. Bei Ventilböden werden zum Beispiel besonders dicht schließende Ventilbauarten gewählt. Durch Verringerung der Zahl der Ventile lässt sich zudem die Dampfgeschwindigkeit in den Bodenöffnungen auf das Doppelte des Wertes, der

40

üblicherweise eingestellt wird, erhöhen. Bei Einsatz von Siebböden ist es besonders günstig, die Durchmesser der Bodenöffnungen zu verringern und die Zahl der Öffnungen beizubehalten.

- Bei Einsatz von strukturierten oder unstrukturierten Packungen sind strukturierte Packungen im
- 5 Hinblick auf die gleichmäßige Verteilung der Flüssigkeit bevorzugt.

- Bei Kolonnen mit unstrukturierten Packungen, insbesondere mit Füllkörpern, und bei Kolonnen mit strukturierten Packungen kann die gewünschte Charakteristik der Flüssigkeitsverteilung dadurch erzielt werden, dass in dem dem Kolonnenmantel benachbarten Randbereich des
- 10 Kolonnenquerschnitts, der etwa 2 bis 5 % des gesamten Kolonnenquerschnitts entspricht, die Flüssigkeitsberieselungsdichte gegenüber den übrigen Querschnittsbereichen um bis zu 100 %, bevorzugt um 5 bis 15 %, verringert wird. Dies lässt sich zum Beispiel durch die gezielte Verteilung der Abtropfstellen der Flüssigkeitsverteiler oder deren Bohrungen mit einfachen Mitteln erreichen.

- 15 Um Tropfenmitriss zu vermeiden, können die Kolonnen außerdem entsprechende dem Fachmann bekannte Einbauten umfassen, zum Beispiel Drahtgestrick-Tropfenabscheider. Beispiele für solche Tropfenabscheider, wie jene unter dem Namen „KnitMesh V-MISTER™- Technologie“ von der Firma Sulzer vertriebene, sind in der Broschüre „Gas/Liquid Separation Technology“ E10508 en 4.2018, Copyright © Sulzer Ltd 2018 beschrieben, abrufbar online unter:

- 20 https://www.sulzer.com/-/media/files/products/separation-technology/feed-inlet-devices/gas_liquid_separation_technology.ashx?la=en.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich erfolgen. Bevorzugt erfolgt es kontinuierlich.

- 25 „Umsetzung eines Eduktstroms S_{AE1} umfassend ROH mit einem Eduktstrom S_{AE2} umfassend $MAOH$ im Gegenstrom“ wird erfindungsgemäß insbesondere dadurch gewährleistet, dass der Zugabepunkt mindestens eines Teils des Eduktstroms S_{AE1} umfassend ROH in Schritt (a1) an der Reaktionskolonne RR_A unterhalb des Zugabepunktes des Eduktstroms S_{AE2} umfassend $MAOH$
- 30 liegt.

Die Reaktionskolonne RR_A umfasst vorzugsweise mindestens 2, insbesondere 15 bis 40 theoretische Böden zwischen dem Zugabepunkt des Eduktstroms S_{AE1} und dem Zugabepunkt des Eduktstroms S_{AE2} .

- 35 Insbesondere wird im unteren Bereich der Reaktionskolonne RR_A dampfförmig der Eduktstrom S_{AE1} umfassend ROH zugeführt. Schritt (a1) des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst auch den Fall, dass ein Teil des Eduktstroms S_{AE1} umfassend ROH zwar unterhalb des Zugabepunktes des Eduktstroms S_{AE2} umfassend Alkalilauge $MAOH$, aber dennoch am oberen Ende oder im Bereich
- 40 des oberen Endes der Reaktionskolonne RR_A dampfförmig zugegeben wird. Dadurch können die

Abmessungen im unteren Bereich der Reaktionskolonne RR_A verringert werden. Wenn ein Teil des Eduktstroms S_{AE1} umfassend ROH, insbesondere Methanol, am oberen Ende oder im Bereich des oberen Endes der Reaktionskolonne RR_A insbesondere dampfförmig zugegeben wird, so wird nur eine Teilmenge von 10 bis 70 Gew.-%, bevorzugt von 30 bis 50 Gew.-% [jeweils bezogen auf die

5 Gesamtmenge des in Schritt (a1) eingesetzten Alkohols ROH] am unteren Ende der Reaktionskolonne RR_A eingespeist und die restliche Teilmenge in einem Einzelstrom oder auf mehrere Teilströme verteilt, bevorzugt 1 bis 10 theoretische Böden, besonders bevorzugt 1 bis 3 theoretische Böden unterhalb des Zugabepunktes des Eduktstroms S_{AE2} umfassend $MAOH$ dampfförmig zugegeben.

10

In der Reaktionskolonne RR_A setzt sich dann der Eduktstrom S_{AE1} umfassend ROH mit dem Eduktstrom S_{AE2} umfassend $MAOH$ gemäß der vorstehend beschriebenen Reaktion $\langle 1 \rangle$ zu $MAOR$ und H_2O um, wobei, da es sich um eine Gleichgewichtsreaktion handelt, diese Produkte in Mischung mit den Edukten ROH und $MAOH$ vorliegen. Demnach wird in Schritt (a1) des

15 erfindungsgemäßen Verfahrens in der Reaktionskolonne RR_A ein Rohproduktgemisch RP_A erhalten, welches neben den Produkten $MAOR$ und Wasser auch noch ROH und $MAOH$ umfasst.

20

Am unteren Ende von RR_A wird dann der Sumpfproduktstrom S_{AS} („ S_{AS} “ kann auch als „ S_{AP} “ bezeichnet werden) umfassend ROH und $MAOR$ entnommen.

Am oberen Ende von RR_A wird dann der noch Wasser enthaltenden Alkoholstrom, vorstehend als „Brüdenstrom S_{AB} umfassend Wasser und ROH“ bezeichnet, entnommen.

Die Menge des vom Eduktstrom S_{AE1} umfassten Alkohols ROH wird vorzugsweise so gewählt,

25 dass dieser gleichzeitig als Lösungsmittel für das im Sumpfproduktstrom S_{AS} erhaltene Alkalialkoholat $MAOR$ dient.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, und insbesondere in den Fällen, in denen S_{AE2} neben $MAOH$ auch Wasser umfasst, beträgt das Verhältnis aus dem

30 Gesamtgewicht (Massen; Einheit: kg) an in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} eingesetztem Alkohol ROH zum Gesamtgewicht (Massen; Einheit: kg) an in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE2} eingesetzten $MAOH$ 2 : 1 bis 50 : 1, bevorzugter 5 : 1 bis 48 : 1, noch bevorzugter 10 : 1 bis 35 : 1, noch mehr bevorzugter 13 : 1 bis 30 : 1.

35 Die Reaktionskolonne RR_A wird mit oder ohne, vorzugsweise ohne, Rücklauf betrieben.

„Ohne Rücklauf“ bedeutet, dass der am oberen Ende von RR_A entnommene Brüdenstrom S_{AB} umfassend Wasser und ROH bzw. der der im optionalen Schritt (a2) am oberen Ende von RR_B entnommene Brüdenstrom S_{BB} umfassend Wasser und ROH der Rektifikationskolonne RD_A

40 gemäß Schritt (b) vollständig zugeführt wird. Der Brüdenstrom S_{AB} bzw. der im optionalen Schritt

(a2) entnommene Brüdenstrom S_{AB} wird der ersten Rektifikationskolonne RD_A dabei vorzugsweise dampfförmig zugeführt.

- „Mit Rücklauf“ bedeutet, dass der am oberen Ende der jeweiligen Kolonne, in Schritt (a1) der
- 5 Reaktionskolonne RR_A , entnommene Brüdenstrom S_{AB} umfassend Wasser und ROH und im optionalen Schritt (a2) der Reaktionskolonne RR_B , entnommene Brüdenstrom S_{BB} umfassend Wasser und ROH nicht vollständig von RR_A bzw. RR_B abgeführt wird, also nicht vollständig in die Rektifikationskolonne RD_A geleitet wird, sondern teilweise wieder als Rücklauf der jeweiligen Kolonne, in Schritt (a1) S_{AB} also der Reaktionskolonne RR_A , im optionalen Schritt (a2) S_{BB} also der
- 10 Reaktionskolonne RR_B , zugeführt wird. In den Fällen, in denen ein solcher Rücklauf eingestellt wird, beträgt das Rücklaufverhältnis dabei bevorzugt 0.005 bis 0.99, bevorzugter 0.01 bis 0.9, noch bevorzugter 0.02 bis 0.34, besonders bevorzugt 0.025 bis 0.27 und ganz besonders bevorzugt 0.03 bis 0.24. Ein Rücklauf kann dadurch eingestellt werden, dass am Kopf der jeweiligen Kolonne, in Schritt (a1) der Reaktionskolonne RR_A ein Kondensator K_{RRA} und im optionalen Schritt (a2) der
- 15 Reaktionskolonne RR_B ein Kondensator K_{RRB} , angebracht wird, in welchem der Brüdenstrom S_{AB} bzw. S_{BB} mindestens teilweise kondensiert wird und der jeweiligen Kolonne RR_A bzw. RR_B wieder zugeführt wird. Unter einem Rücklaufverhältnis wird allgemein und im Sinne dieser Erfindung das Verhältnis des Massenstroms (kg/h) verstanden, der der jeweiligen Kolonne in flüssiger Form zurückgeführt wird (Rücklauf) zu dem Massenstrom (kg/h), der in flüssiger Form (Destillat) oder
- 20 gasförmiger Form (Brüden) von der jeweiligen Kolonne abgeführt wird.

- In der Ausführungsform, in der an der Reaktionskolonne RR_A ein Rücklauf eingestellt wird, kann das in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE2} eingesetzte Alkalihydroxid $MAOH$ auch mindestens teilweise mit dem Rücklaufstrom vermischt werden und die resultierende Mischung so dem Schritt (a1)
- 25 zugeführt werden.

- Der Schritt (a1) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird insbesondere bei einer Temperatur T_{RRA} im Bereich von 45 °C bis 190 °C, bevorzugt 47 °C bis 170 °C, bevorzugter 60 °C bis 150 °C durchgeführt und insbesondere bei einem Druck p_{RRA} von 0.5 bar bis 40 bar, bevorzugt im Bereich
- 30 von 0.75 bar bis 20 bar, bevorzugter im Bereich von 0.9 bar bis 10 bar, bevorzugter im Bereich von 1 bar bis 7 bar, noch bevorzugter bei 1 bar bis 5 bar, durchgeführt.

- Die Reaktionskolonne RR_A umfasst in einer bevorzugten Ausführungsform mindestens einen Verdampfer, der insbesondere aus Zwischenverdampfern VZ_{RRA} und Sumpfverdampfern VS_{RRA}
- 35 ausgewählt ist, noch bevorzugter mindestens einen Sumpfverdampfer VS_{RRA} .

- Als „Zwischenverdampfer“ VZ_{RRA} bzw. VZ_{RRB} werden erfindungsgemäß Verdampfer bezeichnet, die sich oberhalb des Sumpfs der jeweiligen Kolonne, insbesondere oberhalb des Sumpfs der Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B , befinden. In ihnen wird insbesondere Rohproduktgemisch RP_A
- 40 bzw. RP_B verdampft.

Als „Sumpfverdampfer“ **VS_{RR_A}** und **VS_{RR_B}** werden erfindungsgemäß Verdampfer bezeichnet, die den Sumpf der jeweiligen Kolonne, insbesondere den Sumpf der Reaktionskolonne **RR_A** bzw. **RR_B**, beheizen. In ihnen wird Sumpfproduktstrom **S_{AS}** bzw. **S_{BS}** („**S_{BS}**“ kann auch als „**S_{BP}**“ bezeichnet werden) mindestens teilweise verdampft.

Ein Verdampfer ist üblicherweise außerhalb der jeweiligen Reaktionskolonne oder Rektifikationskolonne angeordnet. Über einen Abzug oder „Entnahmestelle“ aus der Kolonne wird das im Verdampfer zu verdampfende Gemisch abgezogen und dem mindestens einen Verdampfer zugeführt.

Im Falle der Reaktionskolonne **RR_A** bzw. **RR_B** wird, bei der Zwischenverdampfung des Rohproduktgemischs **RP_A** bzw. **RP_B**, dieses als Strom **S_{RR_{AZ}}** bzw. **S_{RR_{BZ}}** abgezogen und dem mindestens einen Zwischenverdampfer **VZ_{RR_A}** bzw. **VZ_{RR_B}** zugeführt. Über einen Zulauf oder „Zugabestelle“ wird das verdampfte Gemisch, gegebenenfalls mit einem Restanteil Flüssigkeit, wieder in die jeweilige Kolonne **RR_A** bzw. **RR_B** zurückgeführt. Wenn der Verdampfer ein Zwischenverdampfer ist, es sich also insbesondere um einen Zwischenverdampfer **VZ_{RR_A}** bzw. **VZ_{RR_B}** handelt, ist der Abzug, über den das jeweilige Gemisch abgezogen und dem Verdampfer zugeführt wird, ein Seitenabzug und der Zulauf, über den das verdampfte jeweilige Gemisch der Kolonne wieder zugeführt wird, ein Seitenzulauf. Wenn der Verdampfer ein Sumpfverdampfer ist, also den Kolonnensumpf beheizt, es sich also insbesondere um einen Sumpfverdampfer **VS_{RR_A}** bzw. **VS_{RR_B}** handelt, so wird zumindest ein Teil des Sumpfzugsstroms, insbesondere **S_{AS}** bzw. **S_{BS}**, dem entsprechenden Sumpfverdampfer zugeführt, verdampft und im Bereich des Sumpfs wieder in die jeweilige Kolonne zurückgeführt.

Alternativ ist es jedoch auch möglich, zum Beispiel auf einem geeigneten Boden bei Einsatz eines Zwischenverdampfers oder im Sumpf der jeweiligen Kolonne Rohre auszubilden, die von dem entsprechenden Wärmedium, wie zum Beispiel **H₁** oder **H₄**, durchströmt werden. In diesem Fall erfolgt die Verdampfung auf dem Boden bzw. im Sumpf der Kolonne. Bevorzugt ist es jedoch, den Verdampfer außerhalb der jeweiligen Kolonne anzuordnen.

Geeignete Verdampfer **VD**, die als Zwischenverdampfer **VZ** und Sumpfverdampfer **VS** eingesetzt werden können, sind zum Beispiel Naturumlaufverdampfer, Zwangsumlaufverdampfer, Zwangsumlaufverdampfer mit Entspannung, Kesselverdampfer, Fallfilmverdampfer oder Dünnschichtverdampfer. Als wärmeübertragendes Bauteil für den Verdampfer wird bei Naturumlaufverdampfern und Zwangsumlaufverdampfern üblicherweise ein Rohrbündel oder Plattenapparat eingesetzt. Bei Einsatz eines Rohrbündelüberträgers kann das Wärmedium, wie zum Beispiel **H₁** oder **H₄**, entweder durch die Rohre strömen und das zu verdampfende Gemisch die Rohre umströmen oder aber das Wärmedium umströmt die Rohre und das zu verdampfende Gemisch durchströmt die Rohre. Bei einem Fallfilmverdampfer wird das zu verdampfende Gemisch üblicherweise als dünner Film auf der Innenseite eines Rohres zugegeben und das Rohr wird von außen beheizt. Im Unterschied zu einem Fallfilmverdampfer ist in einem

Dünnschichtverdampfer zusätzlich ein Rotor mit Wischern vorgesehen, der die zu verdampfende Flüssigkeit auf der Innenwand des Rohres zu einem dünnen Film verteilt.

Neben den genannten kann aber auch jede beliebige andere, dem Fachmann bekannte

- 5 Verdampferbauart, die sich zum Einsatz an einer Rektifikationskolonne bzw. Reaktionskolonne eignet, eingesetzt werden.

- Wenn die Reaktionskolonne RR_A bzw. Reaktionskolonne RR_B einen Zwischenverdampfer VZ_{RRA} bzw. VZ_{RRB} aufweist, ist es bevorzugt, wenn der jeweilige Zwischenverdampfer im Falle der
- 10 Reaktionskolonne RR_A im Bereich der Zulaufstelle des Eduktstroms S_{AE1} bzw. im Falle der Reaktionskolonne RR_B im Bereich der Zulaufstelle des Eduktstroms S_{BE1} angeordnet ist. Dadurch kann ein überwiegender Teil der Heizenergie durch den Zwischenverdampfer VZ_{RRA} bzw. VZ_{RRB} eingebracht werden. So ist es zum Beispiel möglich, über 80% der Energie über den
- 15 VZ_{RRB} vorzugsweise so angeordnet und/oder gestaltet, dass mit diesem mehr als 50 %, insbesondere mehr als 75 % der für die Reaktivrektifikation benötigten Gesamtenergie eingebracht werden.

- Wenn die Reaktionskolonne RR_A bzw. Reaktionskolonne RR_B einen Zwischenverdampfer VZ_{RRA} bzw. VZ_{RRB} aufweist, ist es außerdem vorteilhaft, wenn der Zwischenverdampfer so angeordnet ist,
- 20 dass die Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B unterhalb des Zwischenverdampfers 1 bis 50, bevorzugt 1 bis 40, theoretische Böden aufweist und oberhalb des Zwischenverdampfers 1 bis 200, bevorzugt 1 bis 40, theoretische Böden aufweist. Insbesondere ist es bevorzugt, wenn die Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B dann unterhalb des Zwischenverdampfers 2 bis 10 theoretische
- 25 Böden aufweist und oberhalb des Zwischenverdampfers 20 bis 50 theoretische Böden aufweist.

- Wenn die Reaktionskolonne RR_A bzw. Reaktionskolonne RR_B einen Zwischenverdampfer VZ_{RRA} bzw. VZ_{RRB} aufweist, ist es außerdem vorteilhaft, wenn der Seitenabzug (also die „Entnahmestelle E_{RRA} “ an der Reaktionskolonne RR_A bzw. die „Entnahmestelle E_{RRB} “ an der Reaktionskolonne
- 30 RR_B), über den das Rohproduktgemisch RP_A bzw. RP_B dem Zwischenverdampfer VZ_{RRA} bzw. VZ_{RRB} zugeführt wird, und der Seitenzulauf (also die „Zugabestelle Z_{RRA} “ an der Reaktionskolonne RR_A bzw. die „Zugabestelle Z_{RRB} “ an der Reaktionskolonne RR_B), über den das verdampfte Rohproduktgemisch RP_A bzw. RP_B aus dem Zwischenverdampfer VZ_{RRA} bzw. VZ_{RRB} wieder der jeweiligen Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B zugeführt wird, höchstens 2 Böden voneinander
- 35 entfernt sind, bevorzugt zwischen den gleichen Böden der Reaktionskolonne RR_A bzw. Reaktionskolonne RR_B positioniert ist. Es ist jedoch auch möglich, dass Seitenabzug und Seitenzulauf auf unterschiedlicher Höhe liegen.

- Es ist weiterhin vorteilhaft, dass, wenn die Reaktionskolonne RR_A bzw. die Reaktionskolonne RR_B
- 40 einen Zwischenverdampfer VZ_{RRA} bzw. VZ_{RRB} aufweist, dass die „Entnahmestelle E_{RRA} “ an der

Reaktionskolonne RR_A bzw. die „Entnahmestelle E_{RRB} “ an der Reaktionskolonne RR_B , und die „Zugabestelle Z_{RRA} “ an der Reaktionskolonne RR_A bzw. die „Zugabestelle Z_{RRB} “ an der Reaktionskolonne RR_B , unterhalb der Zugabestellen von S_{AE2} bzw. S_{BE2} liegen.

- 5 In einer bevorzugten Ausführungsform ist bei Einsatz eines Zwischenverdampfers VZ_{RRA} bzw. VZ_{RRB} in RR_A bzw. RR_B der Durchmesser der Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B oberhalb des Zwischenverdampfers RR_A bzw. RR_B größer als der Durchmesser der Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B unterhalb des Zwischenverdampfers VZ_{RRA} bzw. VZ_{RRB} . Dies hat den Vorteil, dass Investitionskosten gespart werden können.

10

In einem solchen Zwischenverdampfer VZ_{RRA} bzw. VZ_{RRB} kann in der Reaktionskolonne RR_A befindliches, flüssiges Rohproduktgemisch RP_A umfassend M_AOR , Wasser, ROH, M_AOH bzw. in der Reaktionskolonne RR_B befindliches, flüssiges Rohproduktgemisch RP_B umfassend M_BOR , Wasser, ROH, M_BOH in den gasförmigen Zustand überführt werden.

15

Durch die Anordnung von einem oder mehreren Zwischenverdampfern VZ_{RRA} im oberen Bereich der Reaktionskolonne RR_A bzw. von einem oder mehreren Zwischenverdampfern VZ_{RRB} im oberen Bereich der Reaktionskolonne RR_B können die Abmessungen im unteren Bereich der Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B verringert werden. Bei der Ausführungsform mit mindestens

- 20 einem, bevorzugt mehreren Zwischenverdampfern VZ_{RRA} bzw. VZ_{RRB} ist es auch möglich, Teilstrome des ROH in flüssiger Form im oberen Bereich der Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B zuzuführen.

In Schritt (a1) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird am unteren Ende der Reaktionskolonne

- 25 RR_A ein Sumpfproduktstrom S_{AS} umfassend ROH und M_AOR entnommen.

Es ist bevorzugt, dass die Reaktionskolonne RR_A mindestens einen Sumpfverdampfer VS_{RRA} aufweist, über den Sumpfproduktstrom S_{AS} dann mindestens teilweise geleitet wird

- 30 Sumpfverdampfer sind erfindungsgemäß am Sumpf der Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B angeordnet und werden dann als „ VS_{RRA} “ bzw. „ VS_{RRB} “ bezeichnet. In einem solchen Sumpfverdampfer kann in der Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B befindlicher Sumpfproduktstrom S_{AS} bzw. S_{BS} geleitet und ROH mindestens teilweise daraus entfernt werden, wodurch der Massenanteil an M_AOR bzw. M_BOR im jeweiligen Sumpfstrom gezielt eingestellt werden kann.

35

Bevorzugt weist der in Schritt (a1) entnommene Sumpfproduktstrom S_{AS} einen Massenanteil von M_AOR in ROH im Bereich 1 bis 50 Gew.-%, bevorzugt 5 bis 32 Gew.-%, bevorzugter 10 bis 32 Gew.-%, noch bevorzugter 15 bis 32 Gew.-% auf, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse von S_{AS} .

Der Massenanteil an Restwasser in S_{AS} liegt dabei bevorzugt bei < 1 Gew.-%, bevorzugt < 0.5 Gew.-%, bevorzugter < 0.2 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse von S_{AS} .

- Der Massenanteil an Edukt M_{AOH} in S_{AS} liegt dabei bevorzugt bei < 1 Gew.-%, bevorzugt < 0.5 Gew.-%, bevorzugter < 0.2 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse von S_{AS} .
- 5

4.2 Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens (optional)

- Schritt (a2) wird erfindungsgemäß optional durchgeführt. Im optionalen Schritt (a2), der gleichzeitig mit und räumlich getrennt von Schritt (a1) des erfindungsgemäßen Verfahrens abläuft, wird ein Eduktstrom S_{BE1} umfassend ROH mit einem Eduktstrom S_{BE2} umfassend M_{BOH} im Gegenstrom in einer Reaktivrektifikationskolonne RR_B zu einem Rohproduktgemisch RP_B umfassend M_{BOR} , Wasser, ROH, M_{BOH} umgesetzt.
- 10

- Im optionalen Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird am unteren Ende von RR_B ein Sumpfproduktstrom S_{BS} umfassend ROH und M_{BOR} entnommen. Am oberen Ende von RR_B wird ein Brüdenstrom S_{BB} umfassend Wasser und ROH entnommen.
- 15

M_B ist ausgewählt aus Natrium, Kalium, und bevorzugt Kalium.

20

Der Eduktstrom S_{BE1} umfasst ROH. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt der Massenanteil von ROH in S_{BE1} , bezogen auf die gesamte Masse des Eduktstroms S_{BE1} , bei ≥ 95 Gew.-%, noch bevorzugter bei ≥ 99 Gew.-%, wobei S_{BE1} ansonsten insbesondere Wasser aufweist.

- Der im optionalen Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzte Alkohol ROH kann auch handelsüblicher Alkohol mit einem Alkoholmassenanteil, bezogen auf die gesamte Masse des Eduktstroms S_{BE1} , von mehr als 99.8 Gew.-% und einem Massenanteil an Wasser, bezogen auf die gesamte Masse des Eduktstroms S_{BE1} , von bis zu 0.2 Gew.-% sein.
- 25

- Der Eduktstrom S_{BE1} wird bevorzugt dampfförmig zugegeben.
- 30

Der Eduktstrom S_{BE2} umfasst M_{BOH} , bevorzugt in einem Massenanteil von 10 bis 75 Gew.-%, bevorzugter 20 bis 55 Gew.-%, bevorzugter 48 bis 52 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse des Stromes S_{BE2} . In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst S_{BE2} neben M_{BOH} mindestens eine weitere Verbindung ausgewählt aus Wasser, ROH. Noch bevorzugter umfasst S_{BE2} neben M_{BOH} Wasser, dann handelt es sich bei S_{BE2} um eine wässrige Lösung von M_{BOH} .

35

Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in einer Reaktivrektifikationskolonne (oder „Reaktionskolonne“) **RR_B** durchgeführt. Bevorzugte Ausführungsformen der Reaktionskolonne **RR_B** sind im Abschnitt 4.1 beschrieben.

- 5 „Umsetzung eines Eduktstroms **S_{BE1}** umfassend ROH mit einem Eduktstrom **S_{BE2}** umfassend M_BOH im Gegenstrom“ wird erfindungsgemäß insbesondere dadurch gewährleistet, dass der Zugabepunkt mindestens eines Teils des Eduktstroms **S_{BE1}** umfassend ROH im optionalen Schritt (a2) an der Reaktionskolonne **RR_B** unterhalb des Zugabepunktes des Eduktstroms **S_{BE2}** umfassend M_BOH liegt.
- 10 Die Reaktionskolonne **RR_B** umfasst vorzugsweise mindestens 2, insbesondere 15 bis 40 theoretische Böden zwischen dem Zugabepunkt des Eduktstroms **S_{BE1}** und dem Zugabepunkt des Eduktstroms **S_{BE2}**.
- 15 Insbesondere wird im unteren Bereich der Reaktionskolonne **RR_B** dampfförmig der Eduktstrom **S_{BE1}** umfassend ROH zugeführt. Der optionale Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst auch den Fall, dass ein Teil des Eduktstroms **S_{BE1}** umfassend ROH zwar unterhalb des Zugabepunktes des Eduktstroms **S_{BE2}** umfassend Alkalilauge M_BOH, aber dennoch am oberen Ende oder im Bereich des oberen Endes der Reaktionskolonne **RR_B** dampfförmig zugegeben wird.
- 20 Dadurch können die Abmessungen im unteren Bereich der Reaktionskolonne **RR_B** verringert werden. Wenn ein Teil des Eduktstroms **S_{BE1}** umfassend ROH, insbesondere Methanol, am oberen Ende oder im Bereich des oberen Endes der Reaktionskolonne **RR_B** insbesondere dampfförmig zugegeben wird, so wird nur eine Teilmenge von 10 bis 70 Gew.-%, bevorzugt von 30 bis 50 Gew.-% [jeweils bezogen auf die Gesamtmenge des im optionalen Schritt (a2) eingesetzten
- 25 Alkohols ROH] am unteren Ende der Reaktionskolonne **RR_B** eingespeist und die restliche Teilmenge in einem Einzelstrom oder auf mehrere Teilströme verteilt, bevorzugt 1 bis 10 theoretische Böden, besonders bevorzugt 1 bis 3 theoretische Böden unterhalb des Zugabepunktes des Eduktstroms **S_{BE2}** umfassend M_BOH dampfförmig zugegeben.
- 30 In der Reaktionskolonne **RR_B** setzt sich dann der Eduktstrom **S_{BE1}** umfassend ROH mit dem Eduktstrom **S_{BE2}** umfassend M_BOH gemäß der vorstehend beschriebenen Reaktion <1> zu M_BOR und H₂O um, wobei, da es sich um eine Gleichgewichtsreaktion handelt, diese Produkte in Mischung mit den Edukten ROH und M_BOH vorliegen. Demnach wird im optionalen Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Reaktionskolonne **RR_B** ein Rohproduktgemisch **RP_B**
- 35 erhalten, welches neben den Produkten M_BOR und Wasser auch noch ROH und M_BOH umfasst.

Am unteren Ende von **RR_B** erhält und entnimmt man dann den Sumpfproduktstrom **S_{BS}** („**S_{BS}**“ kann auch als „**S_{BP}**“ bezeichnet werden) umfassend ROH und M_BOR.

Am oberen Ende von RR_B wird dann der noch Wasser enthaltende Alkoholstrom, vorstehend als „Brüdenstrom S_{BB} umfassend Wasser und ROH“ bezeichnet, entnommen.

- Die Menge des vom Eduktstrom S_{BE1} umfassten Alkohols ROH wird vorzugsweise so gewählt,
5 dass dieser gleichzeitig als Lösungsmittel für das im Sumpfproduktstrom S_{BP} erhaltene Alkalialkoholat M_BOR dient.

- In einer bevorzugten Ausführungsform des optionalen Schritts (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens, und insbesondere in den Fällen, in denen S_{BE2} neben M_BOH auch Wasser umfasst,
10 beträgt das Verhältnis aus dem Gesamtgewicht (Massen; Einheit: kg) an in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetztem Alkohol ROH zum Gesamtgewicht (Massen; Einheit: kg) an in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE2} eingesetzten M_BOH 2 : 1 bis 50 : 1, bevorzugter 5 : 1 bis 48 : 1, noch bevorzugter 10 : 1 bis 35 : 1, noch mehr bevorzugter 13 : 1 bis 30 : 1.
- 15 Dieser Brüdenstrom S_{BB} umfassend Wasser und ROH wird dem Schritt (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens zugeführt. Dabei wird er, bevor er dem Schritt (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens zugeführt wird, mit S_{AB} vermischt oder getrennt von S_{AB} dem Schritt (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens zugeführt. Bevorzugt wird Brüdenstrom S_{BB} mit S_{AB} vermischt und dann der erhaltene Mischbrüdenstrom dem Schritt (b) des erfindungsgemäßen
20 Verfahrens zugeführt.

Die Reaktionskolonne RR_B wird mit oder ohne, vorzugsweise ohne Rücklauf betrieben.

- In der Ausführungsform, in der an der Reaktionskolonne RR_B ein Rücklauf eingestellt wird, kann
25 das im optionalen Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE2} eingesetzte Alkalihydroxid M_BOH auch mindestens teilweise mit dem Rücklaufstrom vermischt werden und die resultierende Mischung so dem optionalen Schritt (a2) zugeführt werden.

- Der optionale Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird insbesondere bei einer
30 Temperatur T_{RRB} im Bereich von 45 °C bis 190 °C, bevorzugt 47 °C bis 170 °C, bevorzugter 60 °C bis 150 °C durchgeführt und insbesondere bei einem Druck p_{RRB} von 0.5 bar bis 40 bar, bevorzugt im Bereich von 0.75 bar bis 20 bar, bevorzugter im Bereich von 0.9 bar bis 10 bar, bevorzugter im Bereich von 1 bar bis 7 bar, noch bevorzugter bei 1 bar bis 5 bar, durchgeführt.

- 35 Die Reaktionskolonne RR_B umfasst in einer bevorzugten Ausführungsform mindestens einen Verdampfer, der insbesondere aus Zwischenverdampfern VZ_{RRB} und Sumpfverdampfern VS_{RRB} ausgewählt ist. Die Reaktionskolonne RR_B umfasst besonders bevorzugt mindestens einen Sumpfverdampfer VS_{RRB} .

Im optionalen Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird am unteren Ende der Reaktionskolonne **RR_B** ein Sumpfproduktstrom **S_{BS}** umfassend ROH und M_BOR entnommen.

Es ist bevorzugt, dass die Reaktionskolonne **RR_B** mindestens einen Sumpfverdampfer **VS_{RRB}** aufweist, über den Sumpfproduktstrom **S_{BS}** dann mindestens teilweise geleitet wird.

Bevorzugt weist der in Schritt (a2) entnommene Sumpfproduktstrom **S_{BS}** einen Massenanteil von M_BOR in ROH Bereich 1 bis 50 Gew.-%, bevorzugt 5 bis 32 Gew.-%, bevorzugter 10 bis 32 Gew.-%, noch bevorzugter 15 bis 32 Gew.-% auf, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse von **S_{BS}**.

10

Der Massenanteil an Restwasser in **S_{BS}** liegt dabei bevorzugt bei < 1 Gew.-%, bevorzugt < 0.5 Gew.-%, bevorzugter < 0.2 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse von **S_{BS}**.

Der Massenanteil an Edukt M_BOH in **S_{BS}** liegt dabei bevorzugt bei < 1 Gew.-%, bevorzugt < 0.5 Gew.-%, bevorzugter < 0.2 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse von **S_{BS}**.

15

In einer bevorzugten Ausführungsform des vorliegenden Verfahrens wird Schritt (a2) durchgeführt.

Dies hat den Vorteil, dass zwei verschiedene Alkalimetallalkoholate hergestellt werden können, ohne eine Querkontamination des einen Alkalimetallalkoholats mit dem anderen zu verursachen oder Produktverluste beim Umstellen des Eduktes M_AOH auf M_BOH zu erleiden.

20

Der optionale Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird gleichzeitig mit und räumlich getrennt von Schritt (a1) durchgeführt. Die räumliche Trennung wird durch die Durchführung der Schritte (a1) und (a2) in den beiden Reaktionskolonnen **RR_A** und **RR_B** gewährleistet.

25

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Reaktionskolonnen **RR_A** und **RR_B** in einem Kolonnenmantel untergebracht, wobei die Kolonne mindestens teilweise durch mindestens eine Trennwand unterteilt ist. Eine solche mindestens eine Trennwand aufweisende Kolonne wird erfindungsgemäß als „**TRD**“ bezeichnet. Solche Trennwandkolonnen sind dem Fachmann bekannt und beispielsweise beschrieben in US 2,295,256, EP 0 122 367 A2, EP 0 126 288 A2, WO 2010/097318 A1 sowie von I. Dejanović, Lj. Matijašević, Ž. Olujić, *Chemical Engineering and Processing* **2010**, 49, 559-580. In den für das erfindungsgemäße Verfahren in Frage kommenden Trennwandkolonnen sind die Trennwände bevorzugt bis zum Boden durchgezogen und durchspannen insbesondere bevorzugt mindestens ein Viertel, bevorzugter mindestens ein Drittel, noch bevorzugter mindestens die Hälfte, noch bevorzugter mindestens zwei Drittel, noch mehr bevorzugter mindestens drei Viertel der Kolonne der Länge nach. Sie teilen die Kolonne in mindestens zwei Reaktionsräume, in denen räumlich getrennte Reaktionen stattfinden können. Die durch die mindestens eine Trennwand geschaffenen Reaktionsräume können gleich oder unterschiedlich groß sein.

30

35

40

In dem jeweils von der Trennwand getrennten Bereichen können in dieser Ausführungsform die Sumpfproduktströme S_{AS} und S_{BS} getrennt entnommen werden und bevorzugt über den für jeden durch die mindestens eine Reaktionswand gebildeten Reaktionsraum angebrachten

- 5 Sumpfverdampfer VS_{RRA} bzw. VS_{RRB} geleitet werden, in dem durch Entfernung von ROH aus S_{AS} bzw. S_{BS} eine gewünschte Konzentration von M_{AOR} oder M_{BOR} eingestellt werden kann.

4.3 Schritt (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens

- 10 Im Schritt (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Brüdenstrom S_{AB} , und, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, der Brüdenstrom S_{BB} , vermischt mit S_{AB} oder getrennt von S_{AB} , in eine Rektifikationskolonne RD_A geleitet, so dass in der Rektifikationskolonne RD_A ein Gemisch G_A umfassend Wasser und ROH vorliegt.
- 15 In der optionalen Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, in der Schritt (a2) durchgeführt wird, wird der Brüdenstrom S_{BB} dabei bevorzugt vermischt mit S_{AB} und dann der erhaltene Mischbrüden in die Rektifikationskolonne RD_A geleitet.

- 20 Der Brüdenstrom S_{AB} und, in den Fällen, in denen der optionale Schritt (a2) durchgeführt wird, der Brüdenstrom S_{BB} , können in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verdichtet werden, bevor sie in die Rektifikationskolonne RD_A geleitet werden. Dies kann über einen Verdichter VD_{31} geschehen.

- 25 Der Fachmann kann gemäß seinem Fachwissen zwischen den Kolonnen einen oder mehrere Verdichter vorsehen. Insbesondere ist bei gasförmigen Strömen, die zwei oder mehrere Kolonnen verbinden, immer dann ein Verdichter/Verdichtungsschritt vorzusehen, wenn der Druck in der Kolonne in den ein gasförmiger Strom geführt wird, höher ist als der Druck in der Kolonne, aus der der betreffende Strom austritt.

- 30 Es versteht sich von selbst, dass auch in den Ausführungsformen, in denen der optionale Schritt (a2) durchgeführt wird, und S_{BB} getrennt von S_{AB} in die Rektifikationskolonne RD_A geleitet wird, sich S_{AB} und S_{BB} in der Rektifikationskolonne RD_A vermischen, so dass in jedem Fall nach Durchführung von Schritt (b) ein Gemisch G_A umfassend Wasser und ROH in der
- 35 Rektifikationskolonne RD_A erhalten wird.

- 40 Als Rektifikationskolonne RD_A in Schritt (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens können dem Fachmann bekannte Rektifikationskolonnen eingesetzt werden. Bevorzugt enthält die Rektifikationskolonne RD_A Einbauten. Geeignete Einbauten sind zum Beispiel Böden, unstrukturierte Packungen oder strukturierte Packungen. Als Böden werden üblicherweise

Glockenböden, Siebböden, Ventilböden, Tunnelböden oder Schlitzböden eingesetzt.

Unstrukturierte Packungen sind im Allgemeinen Füllkörperschüttungen. Als Füllkörper werden üblicherweise Raschigringe, Pallringe, Berl-Sättel oder Intalox®-Sättel verwendet. Strukturierte Packungen werden zum Beispiel unter dem Handelsnamen Mellapack® der Firma Sulzer

- 5 vertrieben. Neben den genannten Einbauten weitere geeignete Einbauten sind dem Fachmann bekannt und können ebenfalls verwendet werden.

Bevorzugte Einbauten weisen einen geringen spezifischen Druckverlust pro theoretischer Trennstufe auf. Strukturierte Packungen und Füllkörper haben zum Beispiel einen deutlich

- 10 kleineren Druckverlust pro theoretischer Trennstufe als Böden. Dies hat den Vorteil, dass der Druckverlust in der Rektifikationskolonne möglichst gering bleibt und somit die mechanische Leistung des Verdichters und die Temperatur des zu verdampfenden Alkohol/Wasser-Gemischs G_A gering bleibt.

- 15 Wenn in der Rektifikationskolonne RD_A strukturierte Packungen oder unstrukturierte Packungen enthalten sind, so können diese geteilt sein oder es kann eine durchgehende Packung vorliegen. Üblicherweise sind jedoch mindestens zwei Packungssektionen vorgesehen, eine Packungssektion oberhalb der Zulaufstelle des zu trennenden Brüdenstroms (dies ist S_{AB} oder, gemischt oder getrennt voneinander, S_{AB} und S_{BB}) und eine Packungssektion unterhalb der

- 20 Zulaufstelle des zu trennenden Brüdenstroms. Wenn eine Packung eingesetzt wird, beispielsweise eine Füllkörperpackung, so liegen die Füllkörper üblicherweise auf einem geeigneten Trägersystem auf. Bevorzugt ist eine Ausführungsform, in der oberhalb des Zulaufs Packungen und unterhalb des Zulaufs Böden in der Rektifikationskolonne RD_A angebracht sind.

- 25 Die Rektifikationskolonne RD_A kann auch Einbauten zur Verhinderung des Tropfenmitrisses umfassen, wie sie für die Reaktionskolonne RR_A beschrieben sind.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Reaktionskolonne RR_A gemäß Schritt (a1), bzw. Reaktionskolonnen RR_A und RR_B in der vorbeschriebenen bevorzugten

- 30 Ausführungsform, in der Schritt (a2) durchgeführt wird, und die Rektifikationskolonne RD_A gemäß Schritt (b) zur Auftrennung des Gemischs G_A in einem Kolonnenmantel untergebracht, wobei die Kolonne mindestens teilweise durch mindestens eine Trennwand, bzw. in der vorbeschriebenen bevorzugten Ausführungsform, in der Schritt (a2) durchgeführt wird, durch mindestens zwei Trennwände, unterteilt ist, wobei die mindestens eine Trennwand bzw. die mindestens zwei
- 35 Trennwände bis zum Boden der Kolonne durchgezogen sind. Wie unter Punkt 4.2 beschrieben, handelt es sich dann wieder um eine Trennwandkolonne.

In diesem Fall wird in einem Teil der TRD die Reaktion zum Rohproduktgemisch RP_A gemäß Schritt (a1) bzw. den Rohproduktgemischen RP_A und RP_B gemäß Schritten (a1) und (a2)

- 40 durchgeführt, wobei der Eduktstrom S_{AE2} und gegebenenfalls der Eduktstrom S_{BE2} zwar unterhalb,

aber in etwa auf der Höhe des oberen Endes der Trennwand zugegeben wird und der Eduktstrom S_{AE1} und gegebenenfalls der Eduktstrom S_{BE1} dampfförmig am unteren Ende aufgegeben wird. Das oberhalb der Zugabestelle des Eduktstroms entstehende Alkohol/Wasser-Gemisch verteilt sich dann oberhalb der Trennwand über den gesamten Kolonnenbereich, der als Verstärkungsteil der Rektifikationskolonne RD_A dient. Der zweite, durch die Trennwand abgetrennte untere Teil der Kolonne ist der Abtriebsteil der Rektifikationskolonne RD_A . Die für die Destillation notwendige Energie wird dann über einen Verdampfer am unteren Ende des zweiten durch die Trennwand abgetrennten Teils der Kolonne zugeführt, wobei dieser Verdampfer konventionell beheizt werden kann oder mit Heizdampf, zum Beispiel H_1 oder H_4 , beheizt werden kann. Wenn der Verdampfer konventionell beheizt wird, so kann zusätzlich ein Zwischenverdampfer vorgesehen werden, der mit Heizdampf, zum Beispiel H_1 oder H_4 , beheizt werden kann.

Am Ende des Schrittes (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird schließlich ein Gemisch G_A umfassend Wasser und ROH in der Rektifikationskolonne RD_A erhalten. Die Zusammensetzung des Gemisches G_A ergibt sich insbesondere aus der Zusammensetzung des Brüdenstroms S_{AB} bzw., wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, insbesondere anteilig aus der Zusammensetzung der beiden Brüdenströme S_{AB} und S_{BB} .

4.4 Schritt (c) des erfindungsgemäßen Verfahrens

Im Schritt (c) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Gemisch G_A umfassend Wasser und ROH in RD_A in einen ROH umfassenden Brüdenstrom S_{DAB} am oberen Ende von RD_A und einen Sumpfstrom S_{DAS} umfassend Wasser und ROH am unteren Ende von RD_A aufgetrennt.

Der Druck p_A in RD_A kann vom Fachmann gemäß seinem Fachwissen eingestellt werden. Er liegt bevorzugt im Bereich zwischen 1 bar und 20 bar, bevorzugt 1 bar und 15 bar, bevorzugter 1 bis 10 bar.

Die Temperatur T_A in RD_A kann vom Fachmann gemäß seinem Fachwissen eingestellt werden. Die liegt bevorzugt im Bereich von 40 °C bis 220 °C, bevorzugt 60 °C bis 190 °C.

Bei der Auftrennung gemäß Schritt (c) des erfindungsgemäßen Verfahrens handelt es sich um eine dem Fachmann bekannte destillative Auftrennung des Alkohol-Wasser-Gemischs G_A .

Am Sumpf (anderes Wort für „Sumpf“ ist „am unteren Ende“) der Rektifikationskolonne RD_A wird ein Strom S_{DAS} erhalten, der Alkohol aufweist.

Am Kopf (anderes Wort für „Kopf“ ist „am oberen Ende“) der Rektifikationskolonne RD_A wird außerdem der Brüdenstrom S_{DAB} umfassend ROH erhalten. Der bevorzugte Massenanteil von ROH in diesem Brüdenstrom S_{DAB} ist ≥ 99 Gew.-%, bevorzugt ≥ 99.6 Gew.-%, bevorzugter ≥ 99.9

Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse von S_{DAB} , wobei der Rest insbesondere Wasser ist.

- Der Sumpfstrom S_{DAS} wird an einer Entnahmestelle E_{AS} am unteren Ende von RD_A aus RD_A geleitet und der Brüdenstrom S_{DAB} an einer Entnahmestelle E_{AK} am oberen Ende von RD_A aus RD_A geleitet.
- „Entnahmestelle E_{AK} am oberen Ende von RD_A “ bedeutet im Rahmen der vorliegenden Erfindung, dass E_{AK} so an der Kolonne angebracht ist, dass der Brüdenstrom S_{DAB} als Kopfstrom oder als Seitenabzug oberhalb der Einbauten in der Rektifikationskolonne RD_A entnommen wird.
- „Entnahmestelle E_{AS} am unteren Ende von RD_A “ bedeutet im Rahmen der vorliegenden Erfindung, dass E_{AS} so an der Kolonne angebracht ist, dass der Sumpfstrom S_{DAS} als Sumpfstrom oder als Seitenabzug unterhalb der Einbauten in der Rektifikationskolonne RD_A entnommen wird.
- In einer optionalen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird an der einen Rektifikationskolonne RD_A an einer Entnahmestelle E_{AZ} mindestens ein weiterer, von S_{DAS} und S_{DAB} verschiedener Strom S_{AZ} umfassend ROH und Wasser aus RD_A geleitet, auf diesen Energie übertragen, und in RD_A rückgeleitet, wobei sich die Position der Entnahmestelle E_{AZ} an RD_A zwischen den beiden Entnahmestellen E_{AS} und E_{AK} befindet. Der Strom S_{AZ} umfasst dabei das Gemisch G_A .
- In dieser optionalen Ausführungsform des Schrittes (c) des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, dem Gemisch G_A Energie zuzuführen. In einer bevorzugten Ausführungsform geschieht dies dergestalt, dass das Gemisch G_A als Strom S_{AZ} abgezogen und über einen Zwischenverdampfer VZ_A geleitet wird, in welchem Energie von einem Wärmemedium, insbesondere von Heizdampf H_1 oder H_4 oder einem davon verschiedenen Wärmemedium W_1 , auf S_{AZ} bzw. G_A übertragen wird. Diese Energieübertragung kann vorteilhafterweise vorgenommen werden, in dem das Gemisch G_A als Strom S_{AZ} und W_1 oder das Gemisch G_A als Strom S_{AZ} und der Heizdampf H_1 oder H_4 über einen Zwischenverdampfer VZ_A geleitet werden.
- Mindestens ein Teil des bei der Destillation gewonnenen Alkohols ROH im Brüdenstrom S_{DAB} wird bevorzugt der Reaktionskolonne RR_A mindestens als Teil des Eduktstroms S_{AE1} und, in den Fällen, in denen im erfindungsgemäßen Verfahren Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich der Reaktionskolonne RR_B mindestens als Teil des Eduktstroms S_{BE1} zugeführt.
- In Schritt (c) erfolgt die destillative Trennung des in Schritt (a1) bzw. Schritt (a1) und (a2) erhaltenen Brüden S_{AB} bzw. S_{AB} und S_{BB} . Diese umfassen im Wesentlichen den Alkohol ROH und Wasser. Insbesondere handelt es sich bei S_{AB} bzw. S_{AB} und S_{BB} um eine Wasser-Alkohol-Mischung, in dem der Massenanteil von ROH bevorzugt im Bereich > 80 Gew.-%, bevorzugter > 85 , noch bevorzugter > 90 Gew.-% (bezogen auf die Gesamtmasse von S_{AB} bzw. S_{AB} und S_{BB})

liegt. Somit ist insbesondere auch G_A ein Alkohol-Wasser-Gemisch, in dem der Massenanteil von ROH bevorzugt im Bereich > 80 Gew.-%, bevorzugter > 95 Gew.-%, noch bevorzugter > 90 Gew.-% (bezogen auf die Gesamtmasse von G_A) liegt.

- 5 Der in Schritt (c) entnommene Sumpfstrom S_{DAS} umfasst ROH in einem Massenanteil von insbesondere 0.005 bis 95 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse von S_{DAS} . Bevorzugt sind 25 bis 95 Gew.-% in den Fällen, in denen Schritt (d) durchgeführt wird, und 0.005 bis 3 Gew.-% in den Fällen, in denen Schritt (d) nicht durchgeführt wird, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse von S_{DAS} . Bevorzugt umfasst S_{DAS} neben dem Alkohol ROH im Wesentlichen Wasser.

10

Im erfindungsgemäßen Verfahren wird der Alkohol ROH verbraucht, und insbesondere bei kontinuierlicher Verfahrensführung muss dieser deshalb mit frischem Alkohol ROH ersetzt werden.

- 15 Frischer Alkohol ROH wird insbesondere in mindestens eine der Kolonnen ausgewählt aus Reaktivrektifikationskolonne RD_A , Reaktionskolonne RR_A zugegeben und, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in die Reaktionskolonne RR_B zugegeben und, wenn Schritt (d) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in die mindestens eine Reaktionskolonne RD_x zugegeben.

- 20 Die Zuführung des frischen Alkohols ROH erfolgt dabei insbesondere direkt als Eduktstrom S_{AE1} umfassend ROH in die Reaktionskolonne RR_A bzw. in den Ausführungsformen, in denen Schritt (a2) durchgeführt wird, in die Reaktionskolonnen RR_A und RR_B .

- 25 Mindestens ein Teil des an der Entnahmestelle E_{AK} am oberen Ende der Rektifikationskolonne RD_A entnommenen Brüdenstroms S_{AB} wird bevorzugt der Reaktionskolonne RR_A mindestens als Teil des Eduktstroms S_{AE1} und, in den Fällen, in denen im erfindungsgemäßen Verfahren Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich der Reaktionskolonne RR_B mindestens als Teil des Eduktstroms S_{BE1} zugeführt.

- 30 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, in der Schritt (d) durchgeführt wird, kann der Brüdenstrom S_{XB} mindestens teilweise als Eduktstrom S_{AE1} in Schritt (a1) und gegebenenfalls als Eduktstrom S_{BE1} in Schritt (a2) eingesetzt werden.

- 35 In der besonders bevorzugten Ausführungsform, in der Schritt (d) durchgeführt wird, können S_{DAB} und S_{XB} mindestens teilweise als Eduktstrom S_{AE1} in Schritt (a1) und gegebenenfalls als Eduktstrom S_{BE1} in Schritt (a2) eingesetzt werden. Dann können S_{DAB} und S_{XB} getrennt voneinander der jeweiligen Reaktivrektifikationskolonne RR_A bzw. RR_B zugeführt werden oder erst miteinander vermischt und dann der jeweiligen Reaktivrektifikationskolonne RR_A bzw. RR_B zugeführt werden. Bevorzugt werden in dieser Ausführungsform S_{DAB} und S_{XB} erst miteinander
40 vermischt und dann der jeweiligen Reaktivrektifikationskolonne RR_A bzw. RR_B zugeführt.

In dieser bevorzugten Ausführungsform ist es noch bevorzugter, wenn der frische Alkohol ROH mindestens einer der Rektifikationskolonnen RD_A , RD_X , bevorzugt beiden Kolonnen RD_A und RD_X , zugegeben wird.

5

Wenn der frische Alkohol ROH der Rektifikationskolonne RD_A oder RD_X zugegeben wird, wird er bevorzugt entweder im Verstärkungsteil der jeweiligen Rektifikationskolonne oder direkt am Kopf der jeweiligen Rektifikationskolonne zugeführt. Die optimale Zulaufstelle ist abhängig vom Wassergehalt des eingesetzten frischen Alkohols und andererseits von dem gewünschten

10 Restwassergehalt im Brüdenstrom RD_A bzw. RD_X . Je höher der Wasseranteil im eingesetzten Alkohol und je höher die Reinheitsanforderung im Brüdenstrom S_{DAB} bzw. S_{XB} ist, um so günstiger ist ein Zulauf einige theoretische Böden unterhalb des Kopfes der Rektifikationskolonne RD_A bzw. RD_X . Bevorzugt sind bis zu 20 theoretische Böden unterhalb des Kopfes der Rektifikationskolonne RD_A bzw. RD_X und insbesondere 1 bis 5 theoretische Böden.

15

Wenn der frische Alkohol ROH der Rektifikationskolonne RD_A bzw. RD_B zugegeben wird, wird er bei Temperaturen bis hin zum Siedepunkt, bevorzugt bei Raumtemperatur, zugegeben. Auch eine gasförmige Zugabe des frischen Alkohols ROH in möglich. Hierbei kann für den frischen Alkohol ein eigener Zulauf vorgesehen sein

20

4.5 Schritt (d) des erfindungsgemäßen Verfahrens (optional)

Der Schritt (d) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird optional durchgeführt. Im optionalen Schritt (d) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird S_{DAS} , ganz oder teilweise, in mindestens einer, von

25 RD_A verschiedenen, Rektifikationskolonne RD_X in einen Brüdenstrom S_{XB} umfassend ROH am oberen Ende von RD_X und einen Sumpfstrom S_{XS} umfassend Wasser und gegebenenfalls ROH am unteren Ende von RD_X aufgetrennt.

Dadurch liegt bei Durchführung des Schrittes (d) ein Gemisch G_X umfassend Wasser und ROH in

30

Der Sumpfstrom S_{XS} wird an einer Entnahmestelle E_{XS} am unteren Ende der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_X aus dieser geleitet und der Brüdenstrom S_{XB} wird an einer Entnahmestelle E_{XK} am oberen Ende der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_X aus dieser

35

„Entnahmestelle E_{XK} am oberen Ende der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_X “ bedeutet im Rahmen der vorliegenden Erfindung, dass E_{XK} so an der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_X angebracht ist, dass der Brüdenstrom S_{XB} der mindestens einen

Rektifikationskolonne RD_x als Kopfstrom oder als Seitenabzug oberhalb der Einbauten entnommen wird.

- „Entnahmestelle E_{xs} am unteren Ende der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_x “ bedeutet
 5 im Rahmen der vorliegenden Erfindung, dass E_{xs} so an der Kolonne angebracht ist, dass der Sumpfstrom S_{xs} der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_x als Sumpfstrom oder als Seitenabzug unterhalb der Einbauten entnommen wird.

- Der Druck p_x in RD_x kann vom Fachmann gemäß seinem Fachwissen eingestellt werden. Er liegt
 10 bevorzugt im Bereich zwischen 1 bar und 20 bar, bevorzugt 1 bar und 15 bar, bevorzugter 1 bar bis 10 bar.

- Die Temperatur T_x in RD_x kann vom Fachmann gemäß seinem Fachwissen eingestellt werden. Die liegt bevorzugt im Bereich von 40 °C bis 220 °C, bevorzugt 60 °C bis 190 °C.

- 15 Das Merkmal „mindestens einer, von RD_A verschiedenen, Rektifikationskolonne RD_x “ bedeutet, dass der optionale Schritt (d) des erfindungsgemäßen Verfahrens den Fall umfasst, dass die Auftrennung des Brüdenstrom S_{DAS} in nur einer Rektifikationskolonne RD_x vorgenommen wird. Es umfasst aber auch den Fall umfasst, dass die Auftrennung des Brüdenstrom S_{DAS} in mehr als einer
 20 Rektifikationskolonne RD_x vorgenommen wird.

- In den Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, in der mehr als eine Kolonne RD_x zur Auftrennung von S_{DAS} eingesetzt wird, und somit mehr als eine Kolonne RD_x auf die Kolonne RD_A folgen, wird die erste dieser Kolonnen RD_x , in die der Sumpfstrom S_{DAS} aus RD_A geleitet wird, als
 25 „ RD_{x1} “ bezeichnet, und die der Kolonne RD_{x1} folgenden Kolonne(n), in die der Sumpfstrom aus RD_{x1} geleitet wird, als „ RD_{x2} “ etc.

- Somit wird jede Rektifikationskolonne RD_x , die zusätzlich zur ersten Rektifikationskolonne „ RD_{x1} “ eingesetzt wird, allgemein als „ $RD_{x(n+1)}$ “ bezeichnet, wobei n eine ganze Zahl ist, und die Anzahl
 30 der insgesamt über die Rektifikationskolonne RD_{x1} hinausgehende Zahl an Rektifikationskolonnen RD_x angibt. Gleichzeitig bezeichnet die einer bestimmten Kolonne $RD_{x(n+1)}$ zuzuordnende ganze Zahl „n“ die Zahl an Kolonnen RD_x , die zwischen der betreffenden Kolonne $RD_{x(n+1)}$ und RD_A liegt bzw. liegen.

- Demnach wäre bei insgesamt zwei Kolonnen RD_x n = 1, bei drei Kolonnen RD_x n = 2 etc.

- 35 In den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, in denen mehr als eine Kolonne RD_x zur Auftrennung von S_{DAS} eingesetzt wird, ergibt sich dann in der Rektifikationskolonnen RD_{x1} jeweils ein Brüdenstrom S_{xB1} umfassend ROH am oberen Ende von RD_{x1} und ein Sumpfstrom S_{xs1} umfassend Wasser und gegebenenfalls ROH am unteren Ende von RD_{x1} . In der
 40 Rektifikationskolonne RD_{x1} liegt das Gemisch G_{x1} umfassend Wasser und ROH vor.

In jeder zusätzlichen Rektifikationskolonne $RD_{x(n+1)}$ ergibt sich dann dementsprechend jeweils ein Brüdenstrom $S_{xB(n+1)}$ umfassend ROH am oberen Ende von $RD_{x(n+1)}$ und ein Sumpfstrom $S_{xS(n+1)}$ umfassend Wasser und gegebenenfalls ROH am unteren Ende von $RD_{x(n+1)}$. In der Rektifikationskolonne $RD_{x(n+1)}$ liegt das Gemisch $G_{x(n+1)}$ umfassend Wasser und ROH vor. „n“ ist dabei eine ganze Zahl mit der vorbeschriebenen Bedeutung.

In den Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, in der mehr als eine Kolonne RD_x zur Auftrennung von S_{DAS} eingesetzt wird, wird diese Auftrennung dann so vorgenommen, dass S_{DAS} in RD_{x1} in einen Brüdenstrom S_{xB1} umfassend ROH am oberen Ende von RD_{x1} und einen Sumpfstrom S_{xS1} umfassend Wasser und gegebenenfalls ROH am unteren Ende von RD_{x1} aufgetrennt wird. In jeder RD_{x1} folgenden Kolonne $RD_{x(n+1)}$ wird dann der Sumpfstrom S_{xSn} der vorhergehenden Kolonne RD_{xn} in einen Brüdenstrom $S_{xB(n+1)}$ umfassend ROH am oberen Ende von $RD_{x(n+1)}$ und einen Sumpfstrom $S_{xS(n+1)}$ umfassend Wasser und gegebenenfalls ROH am unteren Ende von $RD_{x(n+1)}$ aufgetrennt.

In Summe wird somit auch in dieser Ausführungsform S_{DAS} in einen Brüdenstrom S_{xB} umfassend ROH [der sich dann aus den einzelnen Brüdenströmen S_{xB1} und $S_{xB(n+1)}$ zusammensetzt], und einen Sumpfstrom S_{xS} umfassend Wasser und gegebenenfalls ROH [der dann dem Sumpfstrom $S_{xS(n+1)}$ der letzten Kolonne $RD_{x(n+1)}$ entspricht] aufgetrennt.

Der Sumpfstrom S_{DAS} kann in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung über eine Pumpe in die mindestens eine Rektifikationskolonne RD_x geleitet werden. Genauso kann bei mehreren Rektifikationskolonnen RD_x jeweils eine Pumpe eingesetzt werden, um den Sumpfstrom S_{xSn} einer Rektifikationskolonne RD_{xn} in die Rektifikationskolonne $RD_{x(n+1)}$ zu befördern.

Als Rektifikationskolonne RD_x geeignete Rektifikationskolonnen sind dem Fachmann bekannt. Bevorzugte Ausgestaltungen wie z.B. Einbauten etc. in RD_x sind jene in Abschnitt 4.3 für RD_A beschrieben.

Bei der Auftrennung gemäß Schritt (d) des erfindungsgemäßen Verfahrens handelt es sich um eine dem Fachmann bekannte destillative Auftrennung des Alkohol-Wasser-Gemischs G_x , welches sich in der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_x ergibt, wenn der Sumpfstrom S_{DAS} in die mindestens eine Rektifikationskolonne RD_x eingeleitet wird.

Wird nur eine Rektifikationskolonne RD_x eingesetzt, weist der in Schritt (d) an der Rektifikationskolonnen RD_x entnommene Sumpfstrom S_{xS} ROH in einem Massenanteil von insbesondere 0.0001 bis 3 Gew.-%, bevorzugt 0.005 bis 1 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse von S_{xS} , auf. Bevorzugt umfasst S_{xS} neben dem Alkohol ROH im Wesentlichen Wasser.

Werden mehr als eine Rektifikationskolonne RD_x eingesetzt, weist der Sumpfstrom $S_{XS(n+1)}$, der an der letzten Rektifikationskolonnen $RD_{X(n+1)}$ entnommen wurde, ROH in einem Massenanteil von insbesondere 0.0001 bis 3 Gew.-%, bevorzugt 0.005 bis 1 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse von S_{XS} , auf. Bevorzugt umfasst S_{XS} neben dem Alkohol ROH im Wesentlichen

5 Wasser.

Am Kopf (anderes Wort für „Kopf“ ist „am oberen Ende“) der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_x wird außerdem der Brüdenstrom S_{XB} umfassend ROH erhalten. Der bevorzugte Massenanteil von ROH in diesem Brüdenstrom S_{XB} ist ≥ 99 Gew.-%, bevorzugt ≥ 99.6

10 Gew.-%, bevorzugter ≥ 99.9 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse von S_{XB} , wobei der Rest insbesondere Wasser ist.

In einer optionalen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird an der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_x an einer Entnahmestelle E_{XZ} mindestens ein weiterer, von S_{XS} und

15 S_{XB} verschiedener Strom S_{XZ} umfassend ROH und Wasser aus der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_x geleitet, auf diesen Energie übertragen und in dieselbe mindestens eine Rektifikationskolonne RD_x rückgeleitet, wobei sich die Position der Entnahmestelle E_{XZ} an der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_A zwischen den beiden Entnahmestellen E_{XS} und E_{XK} befindet. Der Strom S_{XZ} umfasst dabei das Gemisch G_X .

20 In dieser optionalen Ausführungsform des optionalen Schrittes (d) des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, dem Gemisch G_X Energie zuzuführen. In einer bevorzugten Ausführungsform geschieht dies dergestalt, dass das Gemisch G_X als Strom S_{XZ} über einen Zwischenverdampfer VZ_X geleitet wird, in welchem Energie von einem Wärmemedium,

25 insbesondere von Heizdampf H_1 oder H_4 oder einem davon verschiedenen Wärmemedium W_1 , auf S_{XZ} bzw. G_X übertragen wird. Diese Energieübertragung kann vorteilhafterweise vorgenommen werden, in dem das Gemisch G_X als Strom S_{XZ} und W_1 oder das Gemisch G_X als Strom S_{XZ} und der Heizdampf H_1 oder H_4 über einen Zwischenverdampfer VZ_X geleitet werden.

30 Mindestens ein Teil des an der Entnahmestelle E_{XK} am oberen Ende der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_x entnommenen Brüdenstroms S_{XB} wird bevorzugt der Reaktionskolonne RR_A mindestens als Teil des Eduktstroms S_{AE1} und, in den Fällen, in denen im erfindungsgemäßen Verfahren Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich der Reaktionskolonne RR_B mindestens als Teil des Eduktstroms S_{BE1} zugeführt.

35 Wenn sowohl S_{DAB} als auch S_{XB} mindestens als Teil des Eduktstroms S_{AE1} und, in den Fällen, in denen im erfindungsgemäßen Verfahren Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich der Reaktionskolonne RR_B mindestens als Teil des Eduktstroms S_{BE1} zugeführt werden, können diese vorher gemischt werden und dann als ein Eduktstrom S_{AE1} bzw. S_{BE1} in die jeweilige

Reaktionskolonne **RR_A** bzw. **RR_B** eingespeist werden, oder sie werden als separate Ströme in die jeweilige Reaktionskolonne **RR_A** bzw. **RR_B** eingespeist.

4.6 Schritte (e) und (h) des erfindungsgemäßen Verfahrens

5

Im Schritt (e) wird Energie, bevorzugt Wärme, von einem Heizdampf **H₁** mit Druck **p₁** auf mindestens eine Komponente **Q₁** übertragen, wodurch der Heizdampf **H₁** mindestens teilweise kondensiert und so ein Kondensat **K₁** erhalten wird.

- 10 In Schritt (h) wird Energie von einem Heizdampf **H₄** mit Druck **p₄** auf mindestens eine Komponente **Q₂** übertragen wird, wodurch insbesondere der Heizdampf **H₄** mindestens teilweise kondensiert und so ein Kondensat **K₂** erhalten wird.

Als Heizdampf **H₁** oder **H₄** im Rahmen der Erfindung kann jeder Brüdenstrom verwendet werden.

- 15 Er kann im Sinne der Erfindung beispielsweise *n*-Butan oder Wasser umfassen. Bevorzugt handelt es sich um Wasserdampf.

„Komponente **Q₁**“ und die „Komponente **Q₂**“ sind erfindungsgemäß Sammelbezeichnungen für die Gemische und Rohprodukte **S_{AE1}**, **S_{AE2}**, **RP_A**, **S_{AS}**, **S_{AB}**, **G_A**, **S_{DAS}**, **S_{DAB}**, **S_{BE1}**, **S_{BE2}**, **RP_B**, **S_{BS}**, **S_{BB}**,

- 20 **G_X**, **S_{XB}**, **S_{XS}**.

Q₁ ist in anderen Worten aus der Gruppe bestehend aus **S_{AE1}**, **S_{AE2}**, **RP_A**, **S_{AS}**, **S_{AB}**, **G_A**, **S_{DAS}**, **S_{DAB}** ausgewählt, und kann, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich aus der Gruppe bestehend aus **S_{BE1}**, **S_{BE2}**, **RP_B**, **S_{BS}**, **S_{BB}** ausgewählt werden, und kann außerdem, wenn

25 Schritt (d) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich aus der Gruppe bestehend aus **G_X**, **S_{XB}**, **S_{XS}** ausgewählt werden.

Entsprechendes gilt für **Q₂**: **Q₂** ist aus der Gruppe bestehend aus **S_{AE1}**, **S_{AE2}**, **RP_A**, **S_{AS}**, **S_{AB}**, **G_A**, **S_{DAS}**, **S_{DAB}** ausgewählt, und kann, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich aus der Gruppe bestehend aus **S_{BE1}**, **S_{BE2}**, **RP_B**, **S_{BS}**, **S_{BB}** ausgewählt werden, und kann außerdem,

30 wenn Schritt (d) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich aus der Gruppe bestehend aus **G_X**, **S_{XB}**, **S_{XS}** ausgewählt werden.

Dies bedeutet, dass in den Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens, in denen Schritt (a2) durchgeführt wird, aber nicht Schritt (d) durchgeführt wird, die Komponente **Q₁** aus

- 35 **S_{AE1}**, **S_{AE2}**, **RP_A**, **S_{AS}**, **S_{AB}**, **G_A**, **S_{DAS}**, **S_{DAB}**, **S_{BE1}**, **S_{BE2}**, **RP_B**, **S_{BS}**, **S_{BB}** ausgewählt ist, und in den Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens, in denen Schritt (d) durchgeführt wird, aber nicht Schritt (a2) durchgeführt wird, die Komponente **Q₁** aus **S_{AE1}**, **S_{AE2}**, **RP_A**, **S_{AS}**, **S_{AB}**, **G_A**, **S_{DAS}**, **S_{DAB}**, **G_X**, **S_{XB}**, **S_{XS}** ausgewählt ist,

und in den Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens, in denen beide Schritte (a2) und (d) durchgeführt werden, die Komponente Q_1 aus S_{AE1} , S_{AE2} , RP_A , S_{AS} , S_{AB} , G_A , S_{DAS} , S_{DAB} , S_{BE1} , S_{BE2} , RP_B , S_{BS} , S_{BB} , G_X , S_{XB} , S_{XS} ausgewählt ist.

- 5 Dies bedeutet, dass in den Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens, in denen Schritt (a2) durchgeführt wird, aber nicht Schritt (d) durchgeführt wird, die Komponente Q_2 aus S_{AE1} , S_{AE2} , RP_A , S_{AS} , S_{AB} , G_A , S_{DAS} , S_{DAB} , S_{BE1} , S_{BE2} , RP_B , S_{BS} , S_{BB} ausgewählt ist, und in den Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens, in denen Schritt (d) durchgeführt wird, aber nicht Schritt (a2) durchgeführt wird, die Komponente Q_2 aus S_{AE1} , S_{AE2} ,
 10 RP_A , S_{AS} , S_{AB} , G_A , S_{DAS} , S_{DAB} , G_X , S_{XB} , S_{XS} ausgewählt ist, und in den Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens, in denen beide Schritte (a2) und (d) durchgeführt werden, die Komponente Q_2 aus S_{AE1} , S_{AE2} , RP_A , S_{AS} , S_{AB} , G_A , S_{DAS} , S_{DAB} , S_{BE1} , S_{BE2} , RP_B , S_{BS} , S_{BB} , G_X , S_{XB} , S_{XS} ausgewählt ist.
 15 Q_1 und Q_2 sind gleich oder verschieden und sind bevorzugt gleich.

Wenn Q_1 und Q_2 gleich sind, bedeutet dies erfindungsgemäß, dass das Gemisch bzw. der Strom ausgewählt aus S_{AE1} , S_{AE2} , RP_A , S_{AS} , S_{AB} , G_A , S_{DAS} , S_{DAB} , S_{BE1} , S_{BE2} , RP_B , S_{BS} , S_{BB} , G_X , S_{XB} , S_{XS} , auf den in Schritt (e) Energie von Heizdampf H_1 übertragen wird, gleich ist mit dem Gemisch bzw.

- 20 dem Strom ausgewählt aus S_{AE1} , S_{AE2} , RP_A , S_{AS} , S_{AB} , G_A , S_{DAS} , S_{DAB} , S_{BE1} , S_{BE2} , RP_B , S_{BS} , S_{BB} , G_X , S_{XB} , S_{XS} , auf den in Schritt (h) Energie von Heizdampf H_4 übertragen wird.

Wenn Q_1 und Q_2 verschieden sind, bedeutet dies erfindungsgemäß, dass das Gemisch bzw. der Strom ausgewählt aus S_{AE1} , S_{AE2} , RP_A , S_{AS} , S_{AB} , G_A , S_{DAS} , S_{DAB} , S_{BE1} , S_{BE2} , RP_B , S_{BS} , S_{BB} , G_X ,

- 25 S_{XB} , S_{XS} , auf den in Schritt (e) Energie von Heizdampf H_1 übertragen wird, verschieden ist von dem Gemisch bzw. dem Strom ausgewählt aus S_{AE1} , S_{AE2} , RP_A , S_{AS} , S_{AB} , G_A , S_{DAS} , S_{DAB} , S_{BE1} , S_{BE2} , RP_B , S_{BS} , S_{BB} , G_X , S_{XB} , S_{XS} , auf den in Schritt (h) Energie von Heizdampf H_4 übertragen wird.

In den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, in denen mehr als eine Kolonne RD_X zur

- 30 Auftrennung von S_{DAS} eingesetzt wird, bezeichnet „ S_{XS} “ die Gruppe bestehend aus dem Sumpfstrom S_{XS1} und den n Sumpfstömen $S_{XS(n+1)}$, wobei „ $S_{XS(n+1)}$ “ den jeweiligen Sumpfstrom der Rektifikationskolonne $RD_{X(n+1)}$ bezeichnet.

In den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, in denen mehr als eine Kolonne RD_X zur

- 35 Auftrennung von S_{DAS} eingesetzt wird, bezeichnet „ S_{XB} “ die Gruppe bestehend aus dem Brüdenstrom S_{XB1} und den n Brüdenströmen $S_{XB(n+1)}$, wobei „ $S_{XB(n+1)}$ “ den jeweiligen Brüdenstrom der Rektifikationskolonne $RD_{X(n+1)}$ bezeichnet.

In den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, in denen mehr als eine Kolonne RD_X zur

- 40 Auftrennung von S_{DAS} eingesetzt wird, bezeichnet „ G_X “ die Gruppe bestehend aus dem Gemisch

G_{X1} und den n Gemischen $G_{X(n+1)}$, wobei „ $G_{X(n+1)}$ “ das jeweilige Gemisch G_X in der Rektifikationskolonne $RD_{X(n+1)}$ bezeichnet.

- Die mindestens eine Komponente Q_1 ist in einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden
- 5 Erfindung aus der Gruppe bestehend aus S_{AE1} , S_{AE2} , RP_A , S_{AS} , G_A , S_{DAS} ausgewählt, wobei, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, die mindestens eine Komponente Q_1 alternativ oder zusätzlich aus S_{BE1} , S_{BE2} , RP_B , S_{BS} ausgewählt werden kann, und wobei, wenn Schritt (d) durchgeführt wird, die mindestens eine Komponente Q_1 alternativ oder zusätzlich aus G_X , S_{XS} ausgewählt werden kann.
- 10 Die mindestens eine Komponente Q_1 ist in einer bevorzugteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aus der Gruppe bestehend aus RP_A , S_{AS} , G_A , S_{DAS} ausgewählt, wobei, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, die mindestens eine Komponente Q_1 alternativ oder zusätzlich aus RP_B , S_{BS} ausgewählt werden kann,
- 15 und wobei, wenn Schritt (d) durchgeführt wird, die mindestens eine Komponente Q_1 alternativ oder zusätzlich aus G_X , S_{XS} ausgewählt werden kann.
- Die mindestens eine Komponente Q_1 ist in einer noch bevorzugteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aus der Gruppe bestehend aus G_A , S_{DAS} ausgewählt, und wobei, wenn Schritt (d) durchgeführt wird, die mindestens eine Komponente Q_1 alternativ oder
- 20 zusätzlich aus G_X , S_{XS} ausgewählt werden kann.
- Die mindestens eine Komponente Q_1 ist in einer noch mehr bevorzugteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aus der Gruppe bestehend aus G_A , S_{DAS} ausgewählt.
- Die mindestens eine Komponente Q_2 ist in einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden
- 25 Erfindung aus der Gruppe bestehend aus S_{AE1} , S_{AE2} , RP_A , S_{AS} , G_A , S_{DAS} ausgewählt, wobei, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, die mindestens eine Komponente Q_2 alternativ oder zusätzlich aus S_{BE1} , S_{BE2} , RP_B , S_{BS} ausgewählt werden kann, und wobei, wenn Schritt (d) durchgeführt wird, die mindestens eine Komponente Q_2 alternativ oder zusätzlich aus G_X , S_{XS} ausgewählt werden kann.
- 30 Die mindestens eine Komponente Q_2 ist in einer bevorzugteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aus der Gruppe bestehend aus RP_A , S_{AS} , G_A , S_{DAS} ausgewählt, wobei, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, die mindestens eine Komponente Q_2 alternativ oder zusätzlich aus RP_B , S_{BS} ausgewählt werden kann, und wobei, wenn Schritt (d) durchgeführt wird, die mindestens eine Komponente Q_2 alternativ oder
- 35 zusätzlich aus G_X , S_{XS} ausgewählt werden kann.
- Die mindestens eine Komponente Q_2 ist in einer noch bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aus der Gruppe bestehend aus G_A , S_{DAS} ausgewählt, und wobei, wenn Schritt (d) durchgeführt wird, die mindestens eine Komponente Q_2 alternativ oder zusätzlich aus G_X , S_{XS} ausgewählt werden kann.

Die mindestens eine Komponente Q_2 ist in einer noch mehr bevorzugteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aus der Gruppe bestehend aus G_A , S_{DAS} ausgewählt.

- Die Energie des Heizdampfes H_1 bzw. H_4 kann in Schritt (e) bzw. Schritt (h) des
- 5 erfindungsgemäßen Verfahrens mit dem Fachmann bekannten Verfahren auf die mindestens eine Komponente Q_1 bzw. Q_2 übertragen werden. Dazu wird insbesondere ein Wärmeübertrager WT eingesetzt. Als Wärmeübertrager WT (auch als „Wärmetauscher“ bezeichnet) können sämtliche dem Fachmann zu diesem Zweck geläufigen Wärmeübertrager genutzt werden. Bevorzugt handelt es sich dabei um einen Verdampfer, bevorzugter ausgewählt aus Sumpfverdampfer VS ,
- 10 Zwischenverdampfer VZ .

- Die Energieübertragung vom Heizdampf H_1 bzw. H_4 auf die mindestens eine Komponente Q_1 bzw. Q_2 erfolgt erfindungsgemäß insbesondere dadurch, dass vom Heizdampf H_1 bzw. H_4 Wärme auf die mindestens einen Komponente Q_1 bzw. Q_2 übertragen wird, der Heizdampf H_1 bzw. H_4 also die
- 15 mindestens einen Komponente Q_1 bzw. Q_2 beheizt.

- Die Energieübertragung vom Heizdampf H_1 auf die mindestens eine Komponente Q_1 erfolgt dabei insbesondere direkt oder indirekt.

- Die Energieübertragung vom Heizdampf H_4 auf die mindestens eine Komponente Q_2 erfolgt dabei
- 20 insbesondere direkt oder indirekt.

- „Direkt“ bedeutet im Falle von H_1 und Q_1 , dass H_1 mit der mindestens einer Komponente Q_1 kontaktiert wird, so dass Energie, bevorzugt Wärme, von H_1 auf die mindestens eine Komponente Q_1 übertragen wird. Die Kontaktierung findet dabei bevorzugt in einem Wärmeübertrager WT , noch
- 25 bevorzugter in einem Verdampfer statt.

- Im Falle von H_4 und Q_2 bedeutet „direkt“, dass H_4 mit der mindestens einer Komponente Q_2 kontaktiert wird, so dass Energie, bevorzugt Wärme, von H_4 auf die mindestens eine Komponente Q_2 übertragen wird. Die Kontaktierung findet dabei bevorzugt in einem Wärmeübertrager WT , noch
- 30 bevorzugter in einem Verdampfer statt.

- Es versteht sich von selbst, dass sich bei der „direkten“ als auch bei der „indirekten“ Energieübertragung H_1 und Q_1 bzw. H_4 und Q_2 bzw. H_1 oder H_4 und W_1 nicht mischen, da dann kein Kondensat K_1 bzw. K_2 erhalten würde. Die Kontaktierung ohne Vermischung wird nach dem
- 35 Fachmann bekannten Verfahren erreicht, zum Beispiel über die Kontaktierung über eine Trennwand aus Metall, Kunststoff etc. insbesondere im Wärmeübertrager WT .

- Im Falle, dass es sich bei Q_1 oder Q_2 um S_{AE1} handelt, wird die direkte Energieübertragung von H_1 bzw. H_4 auf S_{AE1} insbesondere dadurch durchgeführt, dass S_{AE1} und H_1 bzw. H_4 durch einen
- 40 Wärmeübertrager WT (z.B. <WA4> in Abbildungen 1 bis 4) geleitet werden, bevor S_{AE1} in die

Reaktionskolonne RR_A geleitet wird, so dass S_{AE1} den Heizdampf H_1 bzw. den Heizdampf H_4 im Wärmeübertrager WT kontaktiert und so Energie von H_1 bzw. H_4 auf S_{AE1} übertragen wird.

Im Falle, dass es sich bei Q_1 oder Q_2 um S_{AE2} handelt, wird die direkte Energieübertragung von H_1 bzw. H_4 auf S_{AE2} insbesondere dadurch durchgeführt, dass S_{AE2} und H_1 bzw. H_4 durch einen Wärmeübertrager WT (z.B. <WA5> in Abbildungen 1 bis 4) geleitet werden, bevor S_{AE2} in die Reaktionskolonne RR_A geleitet wird, so dass S_{AE2} den Heizdampf H_1 bzw. den Heizdampf H_4 im Wärmeübertrager WT kontaktiert und so Energie von H_1 bzw. H_4 auf S_{AE2} übertragen wird.

Im Falle, dass es sich bei Q_1 oder Q_2 um RP_A handelt, wird die direkte Energieübertragung von H_1 bzw. H_4 auf RP_A insbesondere dadurch durchgeführt, dass RP_A als Strom S_{RRAZ} aus der Kolonne RR_A geleitet wird und S_{RRAZ} und H_1 bzw. H_4 über einen Wärmeübertrager WT , bevorzugt einem Zwischenverdampfer VZ_{RRA} (z.B. <WA3> in Abbildungen 1 bis 4), an der Reaktionskolonne RR_A geleitet werden, so dass S_{RRAZ} den Heizdampf H_1 bzw. den Heizdampf H_4 im Wärmeübertrager WT kontaktiert und so Energie von H_1 bzw. H_4 auf S_{RRAZ} übertragen wird. Danach wird S_{RRAZ} zum übrigen RP_A in RR_A zurückgeführt.

Im Falle, dass es sich bei Q_1 oder Q_2 um S_{AS} handelt, wird die direkte Energieübertragung von H_1 bzw. H_4 auf S_{AS} insbesondere dadurch durchgeführt, dass S_{AS} und H_1 bzw. H_4 durch einen Wärmeübertrager WT , bevorzugt einem Sumpfverdampfer VS_{RRA} (z.B. <WA1> in Abbildungen 1 bis 4), an der Reaktionskolonne RR_A geleitet werden, so dass S_{AS} den Heizdampf H_1 bzw. den Heizdampf H_4 im Wärmeübertrager WT kontaktiert und so Energie von H_1 bzw. H_4 auf S_{AS} übertragen wird.

Im Falle, dass es sich bei Q_1 oder Q_2 um S_{AB} handelt, wird die direkte Energieübertragung von H_1 bzw. H_4 auf S_{AB} insbesondere dadurch durchgeführt, dass S_{AB} und H_1 bzw. H_4 durch einen Wärmeübertrager WT (z.B. <WA6> in Abbildungen 1 bis 4) geleitet werden, so dass S_{AB} den Heizdampf H_1 bzw. den Heizdampf H_4 im Wärmeübertrager WT kontaktiert und so Energie von H_1 bzw. H_4 auf S_{AB} übertragen wird.

Im Falle, dass es sich bei Q_1 oder Q_2 um G_A handelt, wird die direkte Energieübertragung von H_1 bzw. H_4 auf G_A insbesondere dadurch durchgeführt, dass G_A als Strom S_{AZ} aus der Kolonne RR_A geleitet wird und S_{AZ} und H_1 bzw. H_4 über einen Wärmeübertrager WT , bevorzugt einem Zwischenverdampfer VZ_A (z.B. <W9> in Abbildungen 1 bis 4), an der Rektifikationskolonne RD_A geleitet werden, so dass S_{AZ} den Heizdampf H_1 bzw. den Heizdampf H_4 im Wärmeübertrager WT kontaktiert und so Energie von H_1 bzw. H_4 auf S_{AZ} übertragen wird. Danach wird S_{AZ} zum übrigen G_A in RD_A zurückgeführt.

Im Falle, dass es sich bei Q_1 oder Q_2 um S_{DAS} handelt, wird die direkte Energieübertragung von H_1 bzw. H_4 auf S_{DAS} insbesondere dadurch durchgeführt, dass S_{DAS} und H_1 bzw. H_4 durch einen

Wärmeübertrager **WT**, bevorzugt einem Sumpfverdampfer **VS_A** (z.B. <W7> in Abbildungen 1 bis 4), an der Rektifikationskolonne **RD_A** geleitet werden, so dass **S_{DAS}** den Heizdampf **H₁** bzw. den Heizdampf **H₄** im Wärmeübertrager **WT** kontaktiert und so Energie von **H₁** bzw. **H₄** auf **S_{DAS}** übertragen wird.

5

Im Falle, dass es sich bei **Q₁** oder **Q₂** um **S_{DAB}** handelt, wird die direkte Energieübertragung von **H₁** bzw. **H₄** auf **S_{DAB}** insbesondere dadurch durchgeführt, dass **S_{DAB}** und **H₁** bzw. **H₄** durch einen Wärmeübertrager **WT** geleitet werden (nicht in den Abbildungen gezeigt), so dass **S_{DAB}** den Heizdampf **H₁** bzw. den Heizdampf **H₄** im Wärmeübertrager **WT** kontaktiert und so Energie von **H₁**

10 bzw. **H₄** auf **S_{DAB}** übertragen wird.

Im Falle, dass es sich bei **Q₁** oder **Q₂** um **S_{BE1}** handelt, wird die direkte Energieübertragung von **H₁** bzw. **H₄** auf **S_{BE1}** insbesondere dadurch durchgeführt, dass **S_{BE1}** und **H₁** bzw. **H₄** durch einen Wärmeübertrager **WT** (z.B. <WB4> in Abbildung 4) geleitet werden, bevor **S_{BE1}** in die

15 Reaktionskolonne **RR_B** geleitet wird, so dass **S_{BE1}** den Heizdampf **H₁** bzw. den Heizdampf **H₄** im Wärmeübertrager **WT** kontaktiert und so Energie von **H₁** bzw. **H₄** auf **S_{BE1}** übertragen wird.

Im Falle, dass es sich bei **Q₁** oder **Q₂** um **S_{BE2}** handelt, wird die direkte Energieübertragung von **H₁** bzw. **H₄** auf **S_{BE2}** insbesondere dadurch durchgeführt, dass **S_{BE2}** und **H₁** bzw. **H₄** durch einen

20 Wärmeübertrager **WT** (z.B. <WBA5> in Abbildung 4) geleitet werden, bevor **S_{BE2}** in die Reaktionskolonne **RR_B** geleitet wird, so dass **S_{BE2}** den Heizdampf **H₁** bzw. den Heizdampf **H₄** im Wärmeübertrager **WT** kontaktiert und so Energie von **H₁** bzw. **H₄** auf **S_{BE2}** übertragen wird.

Im Falle, dass es sich bei **Q₁** oder **Q₂** um **RP_B** handelt, wird die direkte Energieübertragung von **H₁** bzw. **H₄** auf **RP_B** insbesondere dadurch durchgeführt, dass **RP_B** als Strom **S_{RRBZ}** aus der Kolonne **RR_B** geleitet wird und **S_{RRBZ}** und **H₁** bzw. **H₄** über einen Wärmeübertrager **WT**, bevorzugt einem Zwischenverdampfer **VZ_{RRB}** (z.B. <WB3> in Abbildung 4), an der Reaktionskolonne **RR_B** geleitet werden, so dass **S_{RRBZ}** den Heizdampf **H₁** bzw. den Heizdampf **H₄** im Wärmeübertrager **WT**

30 übrigen **RP_B** in **RR_B** zurückgeführt.

Im Falle, dass es sich bei **Q₁** oder **Q₂** um **S_{BS}** handelt, wird die direkte Energieübertragung von **H₁** bzw. **H₄** auf **S_{BS}** insbesondere dadurch durchgeführt, dass **S_{BS}** und **H₁** bzw. **H₄** durch einen Wärmeübertrager **WT**, bevorzugt einem Sumpfverdampfer **VS_{RRB}** (z.B. <WB1> in Abbildung 4), an der Reaktionskolonne **RR_B** geleitet werden, so dass **S_{BS}** den Heizdampf **H₁** bzw. den Heizdampf **H₄** im Wärmeübertrager **WT** kontaktiert und so Energie von **H₁** bzw. **H₄** auf **S_{BS}** übertragen wird.

35

Im Falle, dass es sich bei **Q₁** oder **Q₂** um **S_{BB}** handelt, wird die direkte Energieübertragung von **H₁** bzw. **H₄** auf **S_{BB}** insbesondere dadurch durchgeführt, dass **S_{BB}** und **H₁** bzw. **H₄** durch einen

40 Wärmeübertrager **WT** (z.B. <WB6> in Abbildung 4) geleitet werden, so dass **S_{BB}** den Heizdampf **H₁**

bzw. den Heizdampf H_4 im Wärmeübertrager **WT** kontaktiert und so Energie von H_1 bzw. H_4 auf S_{BB} übertragen wird.

Im Falle, dass es sich bei Q_1 oder Q_2 um G_x handelt, wird die direkte Energieübertragung von H_1 bzw. H_4 auf G_x insbesondere dadurch durchgeführt, dass G_x als Strom S_{xz} aus der Kolonne RD_x geleitet wird und S_{xz} und H_1 bzw. H_4 über einen Wärmeübertrager **WT**, bevorzugt einem Zwischenverdampfer VZ_x (z.B. <W13> in Abbildung 4), an der Rektifikationskolonne RD_x geleitet werden, so dass S_{xz} den Heizdampf H_1 bzw. den Heizdampf H_4 im Wärmeübertrager **WT** kontaktiert und so Energie von H_1 bzw. H_4 auf S_{xz} übertragen wird. Danach wird S_{xz} zum übrigen G_x in RD_x zurückgeführt.

Im Falle, dass es sich bei Q_1 oder Q_2 um S_{xs} handelt, wird die direkte Energieübertragung von H_1 bzw. H_4 auf S_{xs} insbesondere dadurch durchgeführt, dass S_{xs} und H_1 bzw. H_4 durch einen Wärmeübertrager **WT**, bevorzugt einem Sumpfverdampfer VS_x (z.B. <W11> in Abbildung 4), an der Rektifikationskolonne RD_x geleitet werden, so dass S_{xs} den Heizdampf H_1 bzw. den Heizdampf H_4 im Wärmeübertrager **WT** kontaktiert und so Energie von H_1 bzw. H_4 auf S_{xs} übertragen wird.

Im Falle, dass es sich bei Q_1 oder Q_2 um S_{xB} handelt, wird die direkte Energieübertragung von H_1 bzw. H_4 auf S_{xB} insbesondere dadurch durchgeführt, dass S_{xB} und H_1 bzw. H_4 durch einen Wärmeübertrager **WT** geleitet werden (nicht in den Abbildungen gezeigt), so dass S_{xB} den Heizdampf H_1 bzw. den Heizdampf H_4 im Wärmeübertrager **WT** kontaktiert und so Energie von H_1 bzw. H_4 auf S_{xB} übertragen wird.

„Indirekt“ bedeutet im Falle von H_1 und Q_1 , dass Energie von Heizdampf H_1 auf einen Wärmeträger W_1 übertragen wird, insbesondere H_1 mit einem Wärmeträger W_1 kontaktiert wird, so dass Energie, bevorzugt Wärme, von H_1 auf W_1 übertragen wird, und im Anschluss daran die Energie von W_1 auf die mindestens eine Komponente Q_1 übertragen wird. Die Übertragung der Energie von W_1 auf Q_1 kann dann ihrerseits direkt oder indirekt stattfinden, das heißt in dem W_1 mit der mindestens einen Komponente Q_1 kontaktiert wird, so dass Energie, bevorzugt Wärme, von W_1 auf die mindestens eine Komponente Q_1 übergeht („direkt“) oder dass die Energie von W_1 erst auf einen oder mehrere weitere Wärmeträger W_2 , W_3 , W_4 etc. übertragen wird und der letzte dieser Wärmeträger, bezeichnet als „ W_Y “, mit der mindestens einen Komponente Q_1 kontaktiert wird, so dass Energie, bevorzugt Wärme, von W_Y auf die mindestens eine Komponente Q_1 übergeht. Die beschriebenen Kontaktierungen findet dabei jeweils bevorzugt in einem Wärmeübertrager **WT**, noch bevorzugter in einem Verdampfer statt.

Im Falle der indirekten Energieübertragung von H_1 auf die mindestens eine Komponente Q_1 ist es aber bevorzugt, dass H_1 mit einem Wärmeträger W_1 kontaktiert wird, so dass Energie, bevorzugt Wärme, von H_1 auf W_1 übergeht, und im Anschluss daran die Energie von W_1 auf Q_1 durch

Kontaktierung von W_1 mit der mindestens einen Komponente Q_1 in einem Wärmeübertrager WT übertragen wird.

- Die Übertragung der Energie von W_1 auf Q_1 kann in der Ausführungsform, in der es sich bei W_1 um einen Strom handelt, der im Wesentlichen Wasser und/oder den Alkohol ROH umfasst, auch so vorgenommen werden, dass W_1 mit der mindestens einen Komponente Q_1 gemischt wird, nachdem Energie von Heizdampf H_1 auf W_1 , bevorzugt in einem Wärmeübertrager WT , übertragen wurde. Diese Ausführungsform ist besonders dann vorteilhaft, wenn die mindestens eine Komponente Q_1 aus der Gruppe bestehend aus RP_A , G_A , RP_B , G_X , bevorzugt aus G_A , G_X , ausgewählt ist.

- „Strom, der im Wesentlichen Wasser und/oder Alkohol ROH“ umfasst, bedeutet insbesondere, dass in dem Strom der Massenanteil von Alkohol ROH und Wasser ≥ 90 Gew.-%, bevorzugt ≥ 96 Gew.-%, ≥ 99 Gew.-% ist. Noch bevorzugter bedeutet dies, dass das Verhältnis der Masse an vom Strom umfassten Wasser zum vom Strom umfassten Alkohol ROH kleiner 1:1, bevorzugt 1:5, bevorzugter 1:9, bevorzugter 1:49, noch bevorzugter 1:99, noch bevorzugter 1:999 ist.

- „Indirekt“ bedeutet im Falle von H_4 und Q_2 , dass Energie von Heizdampf H_4 auf einen Wärmeträger W_1 übertragen wird, insbesondere H_4 mit einem Wärmeträger W_1 kontaktiert wird, so dass Energie, bevorzugt Wärme, von H_4 auf W_1 übertragen wird, und im Anschluss daran die Energie von W_1 auf die mindestens eine Komponente Q_2 übertragen wird. Die Übertragung der Energie von W_1 auf Q_2 kann dann ihrerseits direkt oder indirekt stattfinden, das heißt in dem W_1 mit der mindestens einen Komponente Q_2 kontaktiert wird, so dass Energie, bevorzugt Wärme, von W_1 auf die mindestens eine Komponente Q_2 übergeht („direkt“) oder dass die Energie von W_1 erst auf einen oder mehrere weitere Wärmeträger W_2 , W_3 , W_4 etc. übertragen wird und der letzte dieser Wärmeträger, bezeichnet als „ W_Y “, mit der mindestens einen Komponente Q_2 kontaktiert wird, so dass Energie, bevorzugt Wärme, von W_Y auf die mindestens eine Komponente Q_2 übergeht. Die beschriebenen Kontaktierungen findet dabei jeweils bevorzugt in einem Wärmeübertrager, noch bevorzugter in einem Verdampfer statt.

- Im Falle der indirekten Energieübertragung von H_4 auf die mindestens eine Komponente Q_2 ist es aber bevorzugt, dass H_4 mit einem Wärmeträger W_1 kontaktiert wird, so dass Energie, bevorzugt Wärme, von H_4 auf W_1 übergeht, und im Anschluss daran die Energie von W_1 auf Q_2 durch Kontaktierung von W_1 mit der mindestens einen Komponente Q_2 in einem Wärmeübertrager WT übertragen wird.

- In der Ausführungsform, in der es sich bei W_1 um einen Strom handelt, der im Wesentlichen Wasser und/oder den Alkohol ROH umfasst, wird die indirekte Übertragung von Energie von W_1 auf die mindestens einen Komponente Q_2 bevorzugt so vorgenommen, dass W_1 mit der mindestens einen Komponente Q_2 gemischt wird, nachdem Energie von Heizdampf H_1 auf W_1 ,

bevorzugt in einem Wärmeübertrager **WT**, übertragen wurde. Diese Ausführungsform ist besonders dann vorteilhaft, wenn die mindestens eine Komponente **Q₂** aus der Gruppe bestehend aus **RP_A**, **G_A**, **RP_B**, **G_X**, bevorzugt aus **G_A**, **G_X**, ausgewählt ist.

- 5 Die Mischung von **W₁** mit der mindestens einen Komponente **Q₁** oder der mindestens einen Komponente **Q₂** wird insbesondere dadurch vorgenommen, dass **W₁**, zum Beispiel wenn es sich bei der Komponente **Q₁** bzw. **Q₂** um einen Strom **S_{AE1}**, **S_{AE2}**, **S_{AS}**, **S_{AB}**, **S_{DAS}**, **S_{DAB}**, **S_{BE1}**, **S_{BE2}**, **S_{BS}**, **S_{BB}**, **S_{XB}**, **S_{XS}** handelt, dem jeweiligen Strom in der Leitung zugeleitet wird. Wenn es sich bei der Komponente **Q₁** bzw. **Q₂** um eines der Gemische **RP_A**, **G_A**, **RP_B**, **G_X** handelt, kann **W₁**
- 10 vorteilhafterweise in die Kolonne geleitet werden, in der sich das betreffende Gemisch befindet, im Falle von **RP_A** also in **RR_A**, im Falle von **RP_B** also in **RR_B**, im Falle von **G_A** also in **RD_A** und im Falle von **G_X** also in **RD_X**.

- Erfindungsgemäß handelt es sich bei **W₁** und allen gegebenenfalls bei der indirekten
- 15 Energieübertragung eingesetzten Wärmeträger **W₂**, **W₃**, **W₄** etc. um keinen von **S_{AE1}**, **S_{AE2}**, **RP_A**, **S_{AS}**, **S_{AB}**, **G_A**, **S_{DAS}**, **S_{DAB}**, **S_{BE1}**, **S_{BE2}**, **RP_B**, **S_{BS}**, **S_{BB}**, **G_X**, **S_{XB}**, **S_{XS}**.
- Dies umfasst erfindungsgemäß auch den Fall, dass **W₁**, **W₂**, **W₃**, **W₄** etc. die gleichen Stoffe umfasst wie einer von **S_{AE1}**, **S_{AE2}**, **RP_A**, **S_{AS}**, **S_{AB}**, **G_A**, **S_{DAS}**, **S_{DAB}**, **S_{BE1}**, **S_{BE2}**, **RP_B**, **S_{BS}**, **S_{BB}**, **G_X**, **S_{XB}**, **S_{XS}**, und sich nur in den Massenanteilen der Stoffe von dem Strom oder dem Gemisch
- 20 unterscheidet.

- Als Wärmeträger **W₁** bzw. gegebenenfalls daneben weiter genutzte Wärmeträger **W₂**, **W₃**, **W₄** etc. kann jeder dem Fachmann bekannte Wärmeträger genutzt werden. Bevorzugt sind sie ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Wasser; Alkohole, bevorzugt der Alkohol ROH; Alkohol-Wasser-
- 25 Lösungen, bevorzugt ROH-Wasser-Lösungen; Salz-Wasser-Lösungen, wozu auch ionische Flüssigkeiten, wie zum Beispiel LiBr-Lösungen, Dialkylimidazoliumsalze wie insbesondere Dialkylimidazoliumdialkylphosphate, gehören; Mineralöle, wie zum Beispiel Dieselöle; Thermalöle wie zum Beispiel Silikonöle; biologische Öle wie zum Beispiel Limonen; aromatische Kohlenwasserstoffe wie zum Beispiel Dibenzyltoluol. Am bevorzugtesten wird als Wärmeträger,
- 30 insbesondere als Wärmeträger **W₁** Wasser, Alkohol oder Alkohol-Wasser-Lösungen eingesetzt, wobei es sich bei dem Alkohol bevorzugt um den Alkohol ROH handelt, wobei der Alkohol der gleiche ist wie jener, der auch in Schritt (a1) und gegebenenfalls in Schritt (a2) eingesetzt wird.

- Salz-Wasser-Lösungen, die verwendet werden können, sind beispielsweise auch in der
- 35 DE 10 2005 028 451 A1 und der WO 2006/134015 A1 beschrieben.

Diese Ausführungsform, in der Energie indirekt übertragen wird, ist demnach insbesondere vorteilhaft, wenn frischer Alkohol ROH dem System zugeführt werden soll.

- 40 Im Kontext der Erfindung bedeutet die Angabe „bar“ immer „bar absolut“ (= „bar abs.“).

H_1 weist insbesondere eine Temperatur T_1 von 101 °C bis 270 °C, vorzugsweise von 105 °C bis 250 °C, bevorzugt 130 °C bis 200 °C auf. H_1 weist vorzugsweise einen Druck von 1 bis 55 bar, bevorzugt von 2 bis 5 bar, bevorzugter 4 bar auf. Als Heizdampf H_1 kann auch ein Dampf mit
5 einem Druck von > 30 bar eingesetzt werden.

Der Heizdampf H_1 kondensiert bei der Übertragung der Energie mindestens teilweise, wodurch vorzugsweise ein Kondensat K_1 bei einem Druck von 1 bis 55 bar, vorzugsweise 2 bis 5 bar, besonders bevorzugt 4 bar und einer Temperatur von 101 °C bis 270 °C, vorzugsweise von 105 °C
10 bis 250 °C, bevorzugt 110 °C bis 200 °C anfällt.

Das Heizdampfkondensat K_1 wird bevorzugt in einem Kondensatbehälter gesammelt. Dazu können sämtliche dem Fachmann bekannten Behälter genutzt werden, z.B. aus Stahl.

15 4.7 Schritt (f) des erfindungsgemäßen Verfahrens

Im Schritt (f) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird K_1 mindestens teilweise zu einem Heizdampf H_2 mit Druck p_2 und Temperatur T_2 entspannt wird, wobei $p_2 < p_1$.

20 Die Entspannung des Heizdampfkondensats K_1 wird vorzugsweise so durchgeführt, dass K_1 in einen Kondensatbehälter geleitet wird, in dem das Heißkondensat vom Dampf getrennt werden kann. In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird K_1 zur Beheizung von Strömen und/oder Gemischen im Verfahren genutzt, bevor es zu einem Heizdampf H_2 entspannt wird. Genauso kann das verbleibende Kondensat, welches nach Entspannung auf p_2
25 im flüssigen Zustand übrig bleibt, zur Beheizung von Strömen und/oder Gemischen im Verfahren genutzt werden.

In dem Kondensatbehälter liegt vorzugsweise ein geringerer Druck vor als im Wärmeübertrager (in dem H_1 mind. teilweise kondensiert wird) auf der Heizdampfseite. Aufgrund des geringeren Drucks
30 kann ein Teil des Heißkondensats K_1 verdampfen, wodurch der gesamte Dampf, d.h. der nicht kondensierte Anteil des Heizdampfes und das im Kondensatbehälter durch Druckentspannung verdampfte Heißkondensat, im Kondensatbehälter als Heizdampf H_2 anfällt. Dieser Heizdampf H_2 ist insbesondere Niederdruckdampf und weist vorzugsweise einen Druck p_2 auf, für den gilt, dass der Quotient p_2/p_1 (bar/bar) im Bereich 0.001 bis 0.999, bevorzugt 0.01 bis 0.9, bevorzugter 0.05
35 bis 0.8, bevorzugter 0.1 bis 0.7, bevorzugter 0.15 bis 0.6, bevorzugter 0.2 bis 0.5 beträgt.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform liegt die Temperatur T_2 von H_2 unter der Temperatur T_1 von H_1 . Bevorzugt gilt dann, dass $T_2 > 0$ °C, und der Quotient aus Temperatur T_2/T_1 (°C/°C) im Bereich 0.1 bis 0.999, bevorzugter 0.2 bis 0.995, bevorzugter 0.3 bis 0.990 liegt.

Das Kondensat K_1 kann sich neben dem aus der Kondensation von H_1 erhaltenen Kondensat aus weiteren Heizdampfkondensaten zusammensetzen, etwa wenn im erfindungsgemäßen Verfahren verschiedene Heizdämpfe eingesetzt werden und damit auf verschiedene Komponenten Q_1 von jeweils unterschiedlichen Heizdämpfen Energie übertragen wird. In dieser Ausgestaltung ergeben

5 sich dann mehrere Kondensate K_1 , die vereint werden können und im Schritt (f) zum Heizdampf H_2 entspannt werden.

Eine solche bevorzugte Ausgestaltung ist beispielsweise in **Abbildung 3** gezeigt. Das im Kondensatbehälter <86> gesammelte Kondensat K_1 ist eine Mischung der Kondensate <71> und

10 <81> und zusätzlich <88>. Das Kondensat <81> ergibt sich aus der Kondensation des Heizdampfes <84> bei der Energieübertragung auf G_A im Zwischenverdampfer VZ_A <W9>. Das Kondensat <71> ergibt sich aus der Kondensation des Heizdampfes <74> bei der Energieübertragung auf G_A im Sumpfverdampfer VS_A <W8>.

15 Die Heißkondensate aus diesen beiden Verdampfern werden dann entsprechend den obigen Ausführungen zu einem Kondensatbehälter <86> geleitet. Der dort anfallende Heizdampf H_2 <82> wird dann im regelbaren Dampfstrahler <89> verwendet, dessen Mischdampf als neuer Heizdampf H_4 <84> wieder im Zwischenverdampfer VZ_A <W9> eingesetzt wird. Der Vorteil dieser Variante ist, dass das anfallende Heißkondensat weiter entspannt werden kann, um eine größere

20 Niederdruckdampfmenge bereitstellen zu können.

Abbildung 4 zeigt eine entsprechende Führung der Kondensat- und Heizdampfströme an der Rektifikationskolonne RD_x <3>.

25

4.8 Schritt (g) des erfindungsgemäßen Verfahrens

Im Schritt (g) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird H_2 mit weiterem Heizdampf H_3 mit Druck p_3 und Temperatur T_3 gemischt, so dass ein Mischheizdampf H_4 mit Druck p_4 und Temperatur T_4

30 erhalten wird, wobei $p_2 < p_4 < p_3$ und insbesondere $p_1 < p_3$.

Das Kondensat K_1 und somit der Heizdampf H_2 enthält noch Energie, die in keinem bekannten Verfahren zur Herstellung von Alkalimetallalkoholaten ausgenutzt wird. Aus energetischer und wirtschaftlicher Sicht ist das jedoch nicht sinnvoll. Diese Energie kann im Rahmen der vorliegenden

35 Erfindung genutzt werden.

Die Mischung von H_2 mit weiterem Heizdampf H_3 kann mit jedem dem Fachmann bekannten Verfahren erfolgen, insbesondere durch Vereinigung der beiden Heizdämpfe per Venturidüse.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Dampf H_2 mit weiterem Dampf, der einen Druck $p < p_3$ hat, gemischt, und der dann erhaltene Dampf mit H_3 gemischt.

- 5 Bevorzugt wird die Mischung von H_2 mit weiterem Heizdampf H_3 mittels eines, vorzugsweise regelbaren, Dampfstrahlers **DS** (Thermokompressors) durchgeführt. Der Thermokompressor wird dann sowohl mit weiterem Heizdampf H_3 , der beispielsweise aus einem entsprechenden Dampfnetz stammt, als auch mit dem Niederdruckdampf H_2 aus dem Kondensatbehälter gespeist, wodurch ein Mischdampf H_4 entsteht, der dementsprechend das Wärmeträgermedium ist. Der
- 10 Mischdampf ist in dieser Ausgestaltung demnach der Heizdampf H_4 .

- Ein solcher Dampfstrahler **DS** ist in **Abbildung 5** gezeigt. Er ist so ausgestaltet, dass er mit einem Treibdampf einer höheren Druckstufe betrieben wird und einen Saugdampf mit niedrigeren Druckstufe ansaugen kann, wodurch dann der Mischdampf entsteht, der als Wärmeträgermedium
- 15 eingesetzt wird. Der Treibdampf ist im vorliegenden Fall der Heizdampf bzw. der Treibdampf H_3 , mit dem der Heizdampf H_2 als Saugdampf aus dem Kondensatbehälter angesaugt und mit dem Treibdampf H_3 vermischt wird.

- Der Vorteil einer solchen Ausgestaltung ist offensichtlich. Ein Teil der Energie des im
- 20 Kondensatbehälter anfallenden Niederdruckdampfes kann genutzt und damit Energie und Kosten gespart werden. Eine solche Verfahrensweise kann auch aus einem anderen Grund vorteilhaft sein. Der eingesetzte Dampfstrahler kann dahingehend regelbar sein, dass die Mengen von Mitteldruckdampf H_3 und Niederdruckdampf H_2 , beispielsweise in Abhängigkeit von bestimmten Prozessparametern, eingestellt werden können. Die Saugdampfmenge stellt sich dabei über die
- 25 Treibdampfmenge ein. Die Mengen von Mitteldruckdampf H_3 und Niederdruckdampf H_2 können beispielsweise in Abhängigkeit der Temperatur der mindestens einen Komponente Q_1 eingestellt werden.

- Der Druck p_3 des Heizdampfes H_3 ist größer als p_2 und kann ansonsten in einem weiten Bereich gewählt werden. Die Erfindung ist gerade geeignet für Situationen, in denen Heizdampf H_3 anfällt,
- 30 auf dessen Druck und Temperatur man wenig Einfluss hat und der dann auf einen gegebenen Wert H_4 eingestellt werden soll. Somit gilt $p_2 < p_4 < p_3$.

- In einer besonderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, insbesondere dann, wenn Q_1 und Q_2 gleich sind, gilt außerdem $p_2 < p_1 < p_3$.

- 35 Der eingesetzte Heizdampf H_3 hat bevorzugt einen Druck p_3 im Bereich von 2 bar bis 80 bar, bevorzugt eine Temperatur T_3 von 120 °C bis 300 °C, wobei gleichzeitig $p_4 < p_3$ und bevorzugt auch $p_1 < p_3$ sind.

4.9 Schritt (h) des erfindungsgemäßen Verfahrens

Im Schritt (h) wird Energie von Heizdampf H_4 mit Druck p_4 und Temperatur T_4 auf mindestens eine Komponente Q_2 übertragen.

5

Die Bedeutung der Komponente Q_2 ist oben im Kontext des Schrittes (e), Abschnitt 4.6 definiert.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kondensiert insbesondere der Heizdampf H_4 mindestens teilweise und es wird so ein Kondensat K_2 erhalten wird.

10

H_4 weist insbesondere eine Temperatur T_4 von 101 °C bis 270 °C, vorzugsweise von 105 °C bis 250 °C, bevorzugt 110 °C bis 200 °C auf. H_4 weist vorzugsweise einen Druck von 1 bis 55 bar, bevorzugt von 2 bis 5 bar, bevorzugter 4 bar auf. Als Heizdampf H_4 kann auch ein Dampf mit einem Druck von > 30 bar eingesetzt werden.

15

Der Heizdampf H_4 kondensiert insbesondere bei der Übertragung der Energie mindestens teilweise, wodurch vorzugsweise ein Kondensat K_2 bei einem Druck von 1 bis 55 bar, vorzugsweise 2 bis 5 bar, besonders bevorzugt 4 bar und einer Temperatur von 101 °C bis 270 °C, vorzugsweise von 105 °C bis 250 °C, bevorzugt 110 °C bis 200 °C anfällt.

20

Das Heizdampfkondensat K_2 wird bevorzugt in einem Kondensatbehälter gesammelt. Dazu können sämtliche dem Fachmann bekannten Kondensatbehälter genutzt werden, z.B. aus Stahl gefertigte Behälter.

25

Der Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht unter anderem darin, dass die Abfolge der Schritte (f), (g), (h) im Kreislauf ausgeführt werden kann, und der im Anschluss an Schritt (h) durch die mindestens teilweise Kondensation von H_4 anfallende Kondensat K_2 wieder als Kondensat K_1 in einer neuen Runde aus Schritt (f), (g), (h) eingesetzt wird.

30

Dies ist vor allem dann vorteilhaft, wenn Q_1 und Q_2 gleich sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird deshalb der Heizdampf H_4 mindestens teilweise kondensiert und so ein Kondensat K_2 erhalten, mit welchem im Anschluss an Schritt (h) ein weiterer Schritt (f) durchgeführt wird, in dem das Kondensat K_2 dann als Kondensat

35

K_1 eingesetzt wird.

Dies erlaubt es, das erfindungsgemäße Verfahren kontinuierlich durchzuführen und die Beheizung der entsprechenden Komponente Q_1 und Q_2 im Kreislauf durchzuführen.

Im erfindungsgemäßen Verfahren gleichen sich bevorzugt p_1 und p_4 , d.h. das Verhältnis aus p_1/p_4 liegt bevorzugt im Bereich 0.5 bis 1.5, bevorzugter 0.8 bis 1.2, bevorzugter 0.9 bis 1.1, noch bevorzugter 0.99 bis 1.01, am bevorzugtesten 1.

5. Beispiele

5.1 Beispiel (nicht erfindungsgemäß)

Das Vergleichsbeispiel 1 wird in einer Apparatur entsprechend Abbildung 1 durchgeführt.

- 10 Ein Strom wässriger NaOH S_{AE2} <1A2> (48.5 Gew.-% NaOH, 51.5 Gew.-% Wasser) von 459 kg/h wird bei Raumtemperatur am Kopf einer Reaktionskolonne RR_A <1A> mit Kopfdruck von 1.6 bar abs. zugeführt.

Im Gegenstrom wird ein dampfförmiger Methanolstrom S_{AE1} <1A1>, der geringe Wasserverunreinigungen aufweist, von 6962 kg/h über dem Sumpf der Reaktionskolonne <1A>

- 15 zugeführt.

Am Kopf der Reaktionskolonne wird ein Methanol-Wasser-Gemisch S_{AB} <1A5> erhalten, von dem 551 kg/h über einen Kondensator kondensiert und auf die Kolonne <1A> rückgeführt werden (nicht in den Abbildungen gezeigt), und 6421 kg/h weiter über einen Verdichter VD_{31} <11> zur Kolonne RD_A <2> geleitet werden.

- 20 Am Sumpf der Kolonne RR_A <1A> wird ein nahezu wasserfreier Produktstrom S_{AS} <1A4> aus der Kolonne geführt. Von diesem werden 1000 kg/h aus dem Prozess als Produktstrom geführt. Der andere Teil wird zum Sumpfverdampfer VS_{RRA} <WA1> geführt. 294 kg/h Heizdampf (11 bar abs., 190°C) werden über ein Regelventil <85> auf 4 bar abs. entspannt und damit über den Sumpfverdampfer VS_{RRA} <WA1> Energie auf diesen Teil des entnommen Stroms S_{AS} <1A4>
- 25 übertragen, wobei der Heizdampf kondensiert und wodurch der entnommene Produktstrom S_{AS} <1A4> teilweise verdampft und so der gewünschte MeOH-Gehalt im Sumpfprodukt S_{AS} <1A4> eingestellt wird.

Der nicht kondensierte Teil des Kopfstroms S_{AB} <1A5> (6421 kg/h MeOH/Wasser Gemisch) wird über Verdichter VD_{31} <11> (Austrittsdruck 2,25 bar abs.) in die Rektifikationskolonne RD_A <2>

- 30 geführt (Kopfdruck von Kolonne RD_A <2> = 2.2 bar abs.).

Am Kopf der Rektifikationskolonne RD_A <2> wird ein gegenüber dem Zulauf vom Verdichter VD_{31} <11> an Methanol angereichertes Methanol-Wasser-Gemisch S_{DAB} <24> erhalten, zusätzlich werden 878 kg/h frisches Methanol <25> am Kopf der Kolonne auf die Kolonne RD_A <2> gefahren.

- Am Sumpf der Rektifikationskolonne RD_A <2> erhält man einen gegenüber dem Kolonnenzulauf vom Verdichter mit Wasser angereicherten Strom S_{DAS} <22>. Ein Teil dieses Stroms wird über den Sumpfverdampfer VS_A <W8> in die Kolonne <2> rückgeführt, wobei der Rest 337 kg/h als Sumpfproduktstrom abgeführt wird.
- 35

Für den Betrieb des Sumpfverdampfers VS_A <W8> werden 3256 kg/h Heizdampf (11 bar abs., 190°C) über ein Regelventil <85> auf 4 bar abs. entspannt und über den Sumpfverdampfer VS_A

- 40 <W8> Energie auf den rückgeführten Strom übertragen, wobei der Heizdampf kondensiert.

Die Heizdampfkondensatströme aus <WA1> und <W8> werden in einem Kondensatbehälter <86> zusammengeführt. Zur Rückführung in das Kondensatnetz wird der austretenden Kondensatstrom <87> von ca. 143°C mit Rückkühlwasser aus 75°C gekühlt. Dabei werden etwa 285 kW an das Rückkühlwasser übertragen.

5

5.2 Beispiel 2 (erfindungsgemäß)

Das Beispiel 2 wird in einer Apparatur entsprechend Abbildung 2 durchgeführt.

Es handelt sich um eine Wiederholung des Beispiels 1 mit folgenden Unterschieden:

- 10 Das gesammelte Kondensat im Kondensatbehälter <86> wird auf 1.5 bar abs. entspannt. Dabei verdampfen ca. 217 kg/h Kondensat <82>. Der Heizdampf <83> wird nicht über ein Regelventil <85> entspannt, sondern als Treibdampf für einen regelbaren Dampfstrahler <89> eingesetzt, um den Strom <82> einzusaugen und mit <83> zu vermischen. Am Austritt von <89> erhält man den Heizdampf <84> bei 4 bar abs. Dadurch dass zusätzlicher Heizdampf aus der Entspannung des
- 15 Kondensats genutzt wird, werden nur 3048 kg/h frischer Heizdampf <83> für den Betrieb des Sumpfverdampfers VSA <W8> benötigt.
- Es ergibt sich ein Strom <84> (rund 3265 kg/h), welcher bei Betrieb des Sumpfverdampfers V_{SA} <W8> als Kondensat <81> kondensiert. Der resultierende Kondensatstrom <81> wird dann wieder im Kondensatbehälter <86> eingeleitet.
- 20 Der Kondensatstrom <87> fällt nur mit einer Temperatur von ca. 111 °C an. Somit wird zur Kühlung auf 75 °C weniger Rückkühlwasser als in Beispiel 1 benötigt, und es werden nur rund 142 kW an das Kühlmedium übertragen, d.h. nur 50 % der nach Beispiel 1 nötigen Menge.
- In Summe werden bei der Vorgehensweise nach Beispiel 2 nur 3342 kg/h Heizdampf (11 bar abs, 190°C) als Heizdampf für <WA1> und <WA8> benötigt. Gegenüber Beispiel 1 können so rund 6 %
- 25 des 11 bar abs. Heizdampfes eingespart werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung mindestens eines Alkalimetallalkoholats der Formel M_AOR , wobei R
 5 ein C_1 bis C_6 -Kohlenwasserstoffrest ist, und wobei M_A ausgewählt aus Natrium, Kalium, ist, wobei:
- (a1) ein Eduktstrom S_{AE1} umfassend ROH mit einem Eduktstrom S_{AE2} umfassend $MAOH$ im
 Gegenstrom in einer Reaktivrektifikationskolonne RR_A zu einem Rohproduktgemisch RP_A
 umfassend $MAOR$, Wasser, ROH, $MAOH$ umgesetzt wird,
 10 wobei am unteren Ende von RR_A ein Sumpfproduktstrom S_{AS} umfassend ROH und $MAOR$
 entnommen wird und am oberen Ende von RR_A ein Brüdenstrom S_{AB} umfassend Wasser und ROH
 entnommen wird,
- 15 (a2) und gegebenenfalls, gleichzeitig mit und räumlich getrennt von Schritt (a1), ein Eduktstrom
 S_{BE1} umfassend ROH mit einem Eduktstrom S_{BE2} umfassend $MBOH$ im Gegenstrom in einer
 Reaktivrektifikationskolonne RR_B zu einem Rohproduktgemisch RP_B umfassend $MBOR$, Wasser,
 ROH, $MBOH$ umgesetzt wird, wobei M_B ausgewählt aus Natrium, Kalium ist,
- 20 wobei am unteren Ende von RR_B ein Sumpfproduktstrom S_{BS} umfassend ROH und $MBOR$
 entnommen wird und am oberen Ende von RR_B ein Brüdenstrom S_{BB} umfassend Wasser und ROH
 entnommen wird,
- (b) der Brüdenstrom S_{AB} , und, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, der Brüdenstrom S_{BB} , vermischt
 25 mit S_{AB} oder getrennt von S_{AB} , in eine Rektifikationskolonne RD_A geleitet wird, so dass in RD_A ein
 Gemisch G_A umfassend Wasser und ROH vorliegt,
- (c) und G_A in RD_A in einen Brüdenstrom S_{DAB} umfassend ROH am oberen Ende von RD_A und
 einen Sumpfstrom S_{DAS} umfassend Wasser und ROH am unteren Ende von RD_A aufgetrennt wird,
 30 wobei der Sumpfstrom S_{DAS} an einer Entnahmestelle E_{AS} am unteren Ende von RD_A aus RD_A
 geleitet wird und der Brüdenstrom S_{DAB} an einer Entnahmestelle E_{AK} am oberen Ende von RD_A
 aus RD_A geleitet wird,
- 35 (d) und gegebenenfalls S_{DAS} , ganz oder teilweise, in mindestens einer, von RD_A verschiedenen,
 Rektifikationskolonne RD_X , in der dann ein Gemisch G_X umfassend Wasser und ROH vorliegt, in
 einen Brüdenstrom S_{XB} umfassend ROH am oberen Ende von RD_X und einen Sumpfstrom S_{XS}
 umfassend Wasser und gegebenenfalls ROH am unteren Ende von RD_X aufgetrennt wird,
 wobei der Sumpfstrom S_{XS} an einer Entnahmestelle E_{XS} am unteren Ende der mindestens einen
 40 Rektifikationskolonne RD_X aus dieser geleitet wird und der Brüdenstrom S_{XB} an einer

Entnahmestelle E_{xk} am oberen Ende der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_x aus dieser geleitet wird,

- (e) Energie von einem Heizdampf H_1 mit Druck p_1 auf mindestens eine Komponente Q_1 übertragen wird, wodurch der Heizdampf H_1 mindestens teilweise kondensiert und so ein Kondensat K_1 erhalten wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- (f) K_1 mindestens teilweise zu einem Heizdampf H_2 mit Druck p_2 entspannt wird, wobei $p_2 < p_1$,

(g) H_2 mit weiterem Heizdampf H_3 mit Druck p_3 gemischt wird, so dass ein Heizdampf H_4 mit Druck p_4 erhalten wird, wobei $p_2 < p_4 < p_3$,

- (h) Energie von H_4 auf mindestens eine Komponente Q_2 übertragen wird,

wobei Q_1 und Q_2 gleich oder verschieden voneinander sind,

- und wobei Q_1 und Q_2 aus der Gruppe bestehend aus S_{AE1} , S_{AE2} , RP_A , S_{AS} , S_{AB} , G_A , S_{DAS} , S_{DAB} ausgewählt sind,

und wobei Q_1 und Q_2 , wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich aus der Gruppe bestehend aus S_{BE1} , S_{BE2} , RP_B , S_{BS} , S_{BB} ausgewählt werden können,

und wobei Q_1 und Q_2 , wenn Schritt (d) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich aus der Gruppe bestehend aus G_X , S_{XB} , S_{XS} ausgewählt werden können.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Heizdampf H_1 mit der mindestens einen Komponente Q_1 kontaktiert wird, so dass Energie von H_1 auf die mindestens eine Komponente Q_1 übertragen wird und der Heizdampf H_4 mit der mindestens einen Komponente Q_2 kontaktiert wird, so dass Energie von H_4 auf die mindestens eine Komponente Q_2 übertragen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Energie von Heizdampf H_1 auf einen Wärmeträger W_1 übertragen wird, und im Anschluss daran die Energie von W_1 auf die mindestens eine Komponente Q_1 übertragen wird und Energie von Heizdampf H_4 auf W_1 übertragen wird, und im Anschluss daran Energie von W_1 auf die mindestens eine Komponente Q_2 übertragen wird, wobei es sich bei W_1 um keinen von S_{AE1} , S_{AE2} , RP_A , S_{AS} , S_{AB} , G_A , S_{DAS} , S_{DAB} , S_{BE1} , S_{BE2} , RP_B , S_{BS} , S_{BB} , G_X , S_{XB} , S_{XS} handelt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei W_1 im Wesentlichen Wasser und/oder Alkohol ROH umfasst.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Energieübertragung von W_1 auf die mindestens eine Komponente Q_1 bzw. Q_2 erfolgt, in dem W_1 mindestens teilweise mit Q_1 bzw. Q_2 gemischt wird, nachdem Energie von Heizdampf H_1 bzw. H_4 auf W_1 übertragen wurde.
- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei R ausgewählt ist aus Methyl, Ethyl.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei $p_1 < p_3$.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei Q_1 und Q_2 gleich sind.
- 10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Heizdampf H_4 mindestens teilweise kondensiert und so ein Kondensat K_2 erhalten wird, mit welchem im Anschluss an Schritt (h) ein weiterer Schritt (f) durchgeführt wird, in dem das Kondensat K_2 dann als Kondensat K_1 eingesetzt wird.
- 15 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Verhältnis aus p_1/p_4 im Bereich 0.5 bis 1.5 liegt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei mindestens ein Teil des an der
- 20 Entnahmestelle E_{AK} am oberen Ende der Rektifikationskolonne RD_A entnommenen Brüdenstroms S_{AB} der Reaktionskolonne RR_A mindestens als Teil des Eduktstroms S_{AE1} und, in den Fällen, in denen im erfindungsgemäßen Verfahren Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich der Reaktionskolonne RR_B mindestens als Teil des Eduktstroms S_{BE1} zugeführt wird.
- 25 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei Schritt (d) durchgeführt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei mindestens ein Teil des an der Entnahmestelle E_{xK} am oberen Ende der mindestens einen Rektifikationskolonne RD_x entnommenen Brüdenstroms S_{xB} der Reaktionskolonne RR_A mindestens als Teil des Eduktstroms S_{AE1} und, in den Fällen, in denen
- 30 im erfindungsgemäßen Verfahren Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich der Reaktionskolonne RR_B mindestens als Teil des Eduktstroms S_{BE1} zugeführt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei Schritt (a2) durchgeführt wird.
- 35 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, welches kontinuierlich durchgeführt wird.