

Verbessertes Verfahren zur Herstellung von Alkalimetallmethanolaten

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung mindestens eines Alkalimetallmethanolats durch Reaktivdestillation in mindestens einer Reaktionskolonne. Am unteren Ende der Reaktionskolonne(n) wird das jeweilige, in Methanol gelöste Alkalimetallmethanolat entnommen. Das am Kopf der Reaktionskolonne(n) erhaltene Methanol/Wasser-Gemisch wird in einer Rektifikationskolonne destillativ getrennt.

Die am oberen Ende der Rektifikationskolonne erhaltenen Brüden werden in mindestens zwei Stufen verdichtet und die Energie der jeweils verdichteten Brüden vorteilhaft auf Sumpf- und Seitenstrom der Rektifikationskolonne übertragen. Dies ermöglicht den besonders effizienten Einsatz der Energie der verdichteten Brüden im erfindungsgemäßen Verfahren. Zusätzlich wird die Energie des am unteren Ende der Reaktionskolonne(n) erhaltenen Produktstroms von Alkalimetallmethanolat vorteilhaft auf die Brüdenströme aus der Rektifikationskolonne übertragen, insbesondere bevor diese Brüden einer Verdichtung unterworfen werden.

Die Energie des verdichteten Brüdens kann zusätzlich zum Betrieb der Reaktionskolonne(n) eingesetzt werden oder zum Betrieb einer Reaktionskolonne, in welcher ein Verfahren zur Umalkoholisierung von Alkalimetallalkoholaten durchgeführt wird.

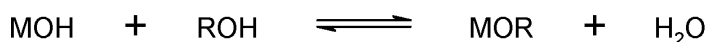
1. Hintergrund der Erfindung

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.

Alkalimetallalkoholate werden beispielsweise mittels Elektrolyse hergestellt, wie in der EP 3 885 470 A1 beschrieben.

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung von Alkalimetallalkoholaten ist die Umsetzung eines Alkalimetallalkoholats mit einem anderen Alkohol. Diese „Umalkoholisierung“ ist beispielsweise in CS 213119 B1 beschrieben. Sie wird vorteilhafterweise in einer Reaktionskolonne durchgeführt, wie in WO 2021/122702 A1, US 3,418,383 A und DE 27 26 491 A1 beschrieben.

Alternativ und am weitesten verbreitet erfolgt die Herstellung von Alkalimetallalkoholaten (MOR) mittels Reaktivdestillation in einer Gegenstromdestillationskolonne aus Alkalimetallhydroxiden (MOH) und Alkoholen (Methanol), wobei das gemäß folgender Reaktion <1> entstehende Reaktionswasser mit dem Destillat entfernt wird.



Ein solches Verfahrensprinzip ist beispielsweise in US 2,877,274 A, WO 01/42178 A1, CN 109 627 145 A, CN 208632416 U, WO 2021/148174 A1 und WO 2021/148175 A1
5 beschrieben, wobei wässrige Alkalimetallhydroxid-Lösung und gasförmiges Methanol im Gegenstrom in mindestens einer Reaktivrektifikationskolonne gefahren werden.

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
10 Schleppmittel dient hierbei zur Trennung von Wasser und dem wasserlöslichen Alkohol. Bei beiden Patentschriften wird das Kondensat einer Phasentrennung unterzogen, um das Reaktionswasser abzutrennen.

Entsprechend beschreibt die DE 96 89 03 C ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von
15 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.
20

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 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
30 (beschrieben beispielsweise in der GB 737 453 A und der US 4,566,947 A). Der so zurückgewonnene Alkohol wird dann beispielsweise als Edukt der Reaktivdestillation zugeführt.

Alternativ oder zusätzlich kann ein Teil des Alkoholbrüden zur Beheizung der Rektifikationskolonne genutzt werden, wie beispielsweise in WO 2010/097318 A1, EP 4 074 684 A1 und
35 EP 4 074 685 A1 beschrieben. Dazu muss der Brüden allerdings verdichtet werden, um das zur Beheizung der Rektifikationskolonne nötige Temperaturniveau zu erreichen. Insbesondere ist eine mehrstufige Verdichtung des Brüden thermodynamisch vorteilhaft. Hierbei wird der Brüden zwischen den Verdichtungsstufen gekühlt. Darüber hinaus trägt die Zwischenkühlung dazu bei, die maximal zulässige Temperatur des Verdichters nicht zu überschreiten. Der Nachteil dieser in den

herkömmlichen Verfahren durchgeführten Kühlung ist, dass die dabei entzogene Energie ungenutzt dissipiert.

Es besteht demnach der Bedarf nach einem verbesserten Verfahren zur Herstellung von Alkalimetallmethanolaten, in denen die Aufarbeitung des erhaltenen Methanol/Wasser-Gemischs mit einer Rektifikationskolonne erfolgt. Dieses Verfahren soll sich durch einen geringen Gesamtenergiebedarf und insbesondere einer besonders effizienten Nutzung der im verdichteten Brüden enthaltenen Energie zum Betrieb der Rektifikationskolonne auszeichnen. Das Verfahren soll somit eine effiziente Nutzung der bei der Verdichtung und Abkühlung der Brüden anfallenden Wärme ermöglichen. Daneben soll das Verfahren insbesondere schonend für die bei der Verdichtung eingesetzten Apparaturen (Verdichter) sein und somit ihre Lebensdauer verlängern. Schließlich soll das Verfahren die Handhabung der anfallenden Produktströme der Reaktionskolonnen, etwa bei der Konfektionierung und Lagerung, vereinfachen.

2. Kurzzusammenfassung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung löst die erfindungsgemäße Aufgabe und betrifft ein Verfahren zur Herstellung mindestens eines Alkalimetallmethanols der Formel M_AOCH_3 , wobei M_A aus Natrium, Kalium, Lithium ausgewählt ist, insbesondere aus Natrium, Kalium ausgewählt ist, und bevorzugt Natrium ist.

Optional wird, gleichzeitig und räumlich getrennt von der Umsetzung zum Alkalimetallmethanolat der Formel M_AOCH_3 , in einer zweiten Reaktionskolonne RR_B ein weiteres Alkalimetallmethanolat der Formel M_BOCH_3 hergestellt, wobei M_B aus Natrium, Kalium, Lithium ausgewählt ist, insbesondere aus Natrium, Kalium ausgewählt ist, und bevorzugt Kalium ist.

Dabei werden am Kopf der Reaktionskolonne RR_A bzw. der Reaktionskolonnen RR_A und RR_B ein Brüdenstrom S_{AB} bzw. zwei Brüdenströme S_{AB} und S_{BB} , jeweils umfassend Wasser und Methanol, erhalten. Der Strom S_{AB} wird bzw. die Ströme S_{AB} und S_{BB} werden getrennt voneinander (also nicht miteinander vermischt) oder vermischt miteinander in eine Rektifikationskolonne RD_A geleitet und dort destillativ in Wasser und Methanol getrennt. Methanol wird am Kopf von RD_A als Brüdenstrom S_{OA} erhalten. Der Brüdenstrom S_{OA} wird in mindestens zwei Stufen zu S_{OA1} (Stufe 1) bzw. S_{OA2} (Stufe 2) verdichtet und die Energie des jeweils verdichteten Brüdenstroms S_{OA1} bzw. S_{OA2} bzw. eines Teils davon vorteilhaft in den Prozess integriert, in dem diese auf einen der Rektifikationskolonne RD_A entnommenen Seitenstrom S_{ZA} (im Falle von S_{OA1}) bzw. Sumpfstrom S_{UA} oder einen Teil S_{UA1} davon (im Falle von S_{OA2}), übertragen wird.

Zusätzlich wird Energie vom Sumpfstrom S_{AP} der Reaktionskolonne RR_A und/oder vom Sumpfstrom S_{BP} der Reaktionskolonne RR_B auf mindestens einen Teil mindestens eines

der Ströme S_{OA} , S_{OA1} , S_{OA2} übertragen, was die Wärmeintegration und somit die Energieeffizienz noch weiter verbessert.

- Diese Übertragung der Energie vom Sumpfproduktstrom S_{AP} und/oder vom Sumpfproduktstrom S_{BP} auf mindestens einen Teil mindestens eines der Ströme S_{OA} , S_{OA1} , S_{OA2} erfolgt bevorzugt bevor der betreffende Strom S_{OA} , S_{OA1} , S_{OA2} , auf welchen Energie übertragen wird, verdichtet wird. Dies unterbindet die Bildung einer flüssigen Phase, welche die Verdichterapparatur schädigen könnte, im zu verdichtenden Strom vor und/oder während der Verdichtung.
- 10 Ein weiterer vorteilhafter Effekt liegt darin, dass gleichzeitig der Sumpfproduktstrom S_{AP} bzw. der Sumpfproduktstrom S_{BP} abgekühlt wird, ohne dass die Energie ungenutzt dissipiert und ohne dass zusätzliche Energie zur Abkühlung aufgebracht werden müsste. Der Sumpfproduktstrom S_{AP} bzw. der Sumpfproduktstrom S_{BP} ist so bei der Konfektionierung bzw. Lagerung leichter zu handhaben.
- 15 In einem weiteren, bevorzugten Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Umalkoholisierung von Alkalimetallalkoholaten, welches insbesondere in einer Reaktionskolonne durchgeführt wird. In diesem Verfahren wird der Alkoholrest eines Alkalimetallalkoholats M_cOR' durch einen anderen Alkohol $R''OH$ ausgetauscht, wobei R' und R'' zwei voneinander verschiedene C_1 bis C_7 -Kohlenwasserstoffreste sind, insbesondere $R' = \text{Methyl}$ und $R'' = C_2$ bis C_7 -Kohlenwasserstoffrest, bevorzugt $R' = \text{Methyl}$ und $R'' = \text{Ethyl}$, n -Propyl, iso -Propyl, bevorzugter $R' = \text{Methyl}$ und $R'' = \text{Ethyl}$. Dabei wird Energie von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} im Verfahren zur Umalkoholisierung eingesetzt.
- 20

3. Abbildungen

3.1 Abbildung 1

- 25 Abbildung 1 zeigt eine nicht erfindungsgemäße Ausführungsform eines Verfahrens zur Herstellung von Alkalimetallmethanolaten, in dem die destillative Trennung des Methanol-Wasser-Gemisches wie im Stand der Technik (entsprechend im Wesentlichen WO 2010/097318 A1, Abbildung 1) erfolgt.
- 30 Dabei wird wässrige NaOH-Lösung in einer Reaktionskolonne $RR_A <100>$ mit Methanol zu Natriummethanolat umgesetzt. Am Kopf der Reaktionskolonne $RR_A <100>$ wird eine wässrige NaOH-Lösung als Eduktstrom $S_{AE2} <102>$ zugegeben. Alternativ kann auch eine methanolische NaOH-Lösung als Eduktstrom $S_{AE2} <102>$ zugegeben werden. Zur Herstellung des entsprechenden Kaliummethanolats wird wässrige oder methanolische KOH-Lösung als
- 35 Eduktstrom $S_{AE2} <102>$ zugegeben. Zur Herstellung des entsprechenden Lithiummethanolats wird wässrige oder methanolische LiOH-Lösung als Eduktstrom $S_{AE2} <102>$ zugegeben. Oberhalb des Sumpfes der Reaktionskolonne $RR_A <100>$ wird Methanol als Eduktstrom $S_{AE1} <103>$ dampfförmig zugegeben.

- Am Sumpf der Reaktionskolonne $RR_A <100>$ wird ein Gemisch des entsprechenden Alkalimetallmethanolats im Methanol $S_{AP} <104>$ entnommen. Mit dem Sumpfverdampfer $V_{SA} <105>$ und dem optionalen Verdampfer $V_{SA'} <106>$ am Sumpf der Kolonne $RR_A <100>$ wird die Konzentration der als $S_{AP} <104>$ erhaltenen Natriummethanolatlösung (bzw. K- oder $LiOCH_3$ -
- 5 Lösung) auf den gewünschten Wert eingestellt.
- Am Kopf der Reaktionskolonne $RR_A <100>$ wird ein Brüdenstrom $S_{AB} <107>$ entnommen. Im Kondensator $K_{RRA} <108>$ wird ein Teil des Brüdenstroms $S_{AB} <107>$ kondensiert und flüssig als Rücklauf auf den Kopf der Reaktionskolonne $RR_A <100>$ aufgegeben. Der Kondensator $K_{RRA} <108>$ und die Einstellung des Rücklaufs sind jedoch optional. Die Einstellung der Konzentration
- 10 der Natriummethanolatlösung $S_{AP} <104>$ auf den gewünschten Wert kann auch über den Rücklauf gesteuert werden.
- Der erhaltene Brüdenstrom $S_{AB} <107>$ wird ganz oder teilweise einer Rektifikationskolonne $RD_A <300>$, bei der es sich um eine Kolonne zur Trennung von Wasser und Methanol handelt, zugeführt. Die Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ enthält Einbauten $<310>$. In ihr wird der
- 15 Brüdenstrom $S_{AB} <107>$ destillativ aufgetrennt, und an ihrem Kopf wird Methanol als Brüdenstrom $S_{OA} <302>$ destillativ rückgewonnen. An der Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ kann ein Rücklauf eingestellt werden. In diesem Fall wird ein Teil des Brüdenstroms $S_{OA} <302>$ in einem Kondensator $K_{RD} <407>$ kondensiert und dann wieder auf die Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ rückgeführt. Der übrige Teil von $S_{OA} <302>$, bzw. der komplette Brüdenstrom $S_{OA} <302>$ in den Ausführungsformen,
- 20 in denen kein Rücklauf eingestellt wird, wird mittels Verdichter $VD_{AB2} <303>$ vorverdichtet. Wird ein Rücklauf eingestellt, kann der als Rücklauf vorgesehene Teil von $S_{OA} <302>$ alternativ oder zusätzlich, insbesondere alternativ, auch erst von $S_{OA} <302>$ abgetrennt werden, nachdem $S_{OA} <302>$ im Verdichter $VD_{AB2} <303>$ vorverdichtet worden ist. Diese Möglichkeit ist in den jeweiligen Abbildungen durch die gestrichelte Linie $<311>$ wiedergegeben.
- 25 Ein Teil $S_{OA*} <307>$ dieses vorverdichteten Brüdens $S_{OA} <302>$ wird zur Reaktionskolonne $RR_A <100>$ rezykliert, wo er als Eduktstrom $S_{AE1} <103>$ eingesetzt wird.
- Der übrige Teil $S_{OA*} <306>$ von $S_{OA} <302>$ wird dem Verdichter $VD_1 <401>$ zugeleitet, wo er weiter zum Brüdenstrom $S_{OA1} <403>$ verdichtet wird, von dem im optionalen Zwischenkühler $WT_x <402>$ (mit gepunkteten Linien in Abbildung 1 und den jeweiligen Abbildungen dargestellt) Energie
- 30 abgeführt werden kann. Der Brüdenstrom $S_{OA1} <403>$ wird erneut mittels Verdichter $VD_x <405>$ verdichtet und der dann erhaltene Brüden $S_{OA2} <404>$ dem Verdampfer $V_{SRD} <406>$ am Sumpf der Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ zur Beheizung zugeführt, wonach ihm gegebenenfalls ein Strom frischen Methanols $<408>$ (gestrichelt dargestellt) zugegeben wird und er wieder der Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ zugeführt wird. Falls ein Rücklauf an der Rektifikationskolonne
- 35 $RD_A <300>$ eingestellt wird, kann der Strom $S_{OA2} <404>$, bevor er in $RD_A <300>$ rückgeleitet wird, mit dem Rücklauf, also dem Kondensat aus $K_{RD} <407>$, vermischt werden und mit diesem zusammen in $RD_A <300>$ gespeist werden. Am Sumpf der Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ wird ein Wasserstrom $S_{UA} <304>$ erhalten, der mindestens teilweise (Strom $S_{UA1} <320>$) wieder in die Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ rückgeführt wird, wobei er über den Sumpfverdampfer V_{SRD}
- 40 $<406>$ geführt wird. Ein anderer Teil kann über den Sumpfverdampfer $V_{SRD'} <410>$ geführt werden.

3.2 Abbildung 2

- Abbildung 2 zeigt eine weitere nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform eines Verfahrens, welche im Wesentlichen der in Abbildung 2 der WO 2010/097318 A1 gezeigten Ausführungsform entspricht.
- Diese entspricht der in Abbildung 1 beschriebenen Ausführungsform mit folgenden zusätzlichen bzw. unterschiedlichen Merkmalen: Neben den Verdampfern V_{SRD} <406> und V_{SRD} <410> am Sumpf weist die Rektifikationskolonne RD_A <300> einen Zwischenverdampfer V_{ZRD} <409> auf. Ein Seitenstrom S_{ZA} <305> wird der Rektifikationskolonne RD_A <300> entnommen und über den Zwischenverdampfer V_{ZRD} <409> geführt, danach der Rektifikationskolonne RD_A <300> wieder zugeführt. Ein Teil des Brüdenstroms S_{OA} <302> wird mittels Verdichter VD_{AB2} <303> vorverdichtet. Die Abzweigung des Rücklaufs aus dem Brüdenstrom S_{OA} <302> erfolgt, bevor der Brüdenstrom S_{OA} <302> den Vorverdichter VD_{AB2} <303> durchläuft. Alternativ oder zusätzlich kann auch der Rücklauf <311> von S_{OA} <302> abgezweigt werden, nachdem dieser den Vorverdichter VD_{AB2} <303> durchlaufen hat. Nachdem der Teilstrom S_{OA*} <307> zur Reaktionskolonne RR_A <100> abgezweigt wurde, wird der übrige Teilstrom S_{OA*} <306> im Verdichter VD_1 <401> zum Brüdenstrom S_{OA1} <403> verdichtet, und dieser dem Zwischenverdampfer V_{ZRD} <409> zur Beheizung zugeführt. Eine Beheizung im Verdampfer V_{SRD} <406> oder im Verdampfer V_{SRD} <410> durch S_{OA1} <403> erfolgt nicht. Der zur Beheizung von V_{ZRD} <409> genutzte Brüdenstrom S_{OA1} <403> wird danach mit dem Kondensat aus K_{RD} <407> und gegebenenfalls einem Strom frischen Methanols <408> gemischt und als Rücklauf in die Rektifikationskolonne RD_A <300> zurückgeführt. Eine getrennte Rückführung des Rücklaufs von S_{OA} <302> in die Rektifikationskolonne RD_A <300> ist ebenfalls möglich.

3.3 Abbildung 3

- Abbildung 3 zeigt eine weitere Ausführungsform eines nicht erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese entspricht den in Abbildungen 1 und 2 beschriebenen Ausführungsformen. Die Rektifikationskolonne RD_A <300> weist einen Zwischenverdampfer V_{ZRD} <409> und einen Sumpfverdampfer V_{SRD} <406> sowie optional den Sumpfverdampfer V_{SRD} <410> auf.
- Die erfindungsgemäße Ausführungsform weist folgende Unterschiede zu den vorbeschriebenen Ausführungsformen auf:
1. Nach Verdichtung des Teils S_{OA*} <306> des Brüdenstroms S_{OA} <302> im Verdichter VD_1 <401> wird der Brüdenstrom S_{OA1} <403> in zwei Teile S_{OA11} <4031> und S_{OA12} <4032> geteilt.
 2. S_{OA11} <4031> wird dem Zwischenverdampfer V_{ZRD} <409> zur Beheizung des Stromes S_{ZA} <305> zugeführt.
 3. S_{OA12} <4032> wird weiter im Verdichter VD_x <405> zum Strom S_{OA2} <404> verdichtet und S_{OA2} <404> dem Sumpfverdampfer V_{SRD} <406> zur Beheizung des Stromes S_{UA1} <320> zugeführt.
 4. Nachdem S_{OA11} <4031> und S_{OA2} <404> den jeweiligen Verdampfer V_{ZRD} <409> bzw. V_{SRD} <406> verlassen haben, werden sie vereinigt und der vereinigte Strom mit dem Rücklauf (also dem Kondensat aus K_{RD} <407>) und gegebenenfalls dem Strom frischen Methanols <408> gemischt

und in die Rektifikationskolonne RD_A <300> zurückgeführt. Diese Ströme können dazu auch erst in einem Kondensatbehälter, wie er in Abbildung 11 (Kondensatbehälter <419>) beschrieben ist, gesammelt werden. Eine getrennte Rückführung dieser Ströme in die Rektifikationskolonne RD_A <300> ist ebenfalls möglich.

- 5 5. Nachdem S_{OA*} <307> von S_{OA} <302> abgetrennt wurde, wird er gegebenenfalls mittels eines Verdichters VD_* <411> verdichtet, bevor es als Eduktstrom S_{AE1} <103> in der Reaktionskolonne RR_A <100> eingesetzt wird. Dieser Einsatz eines zusätzlichen Verdichters VD_* <411> erlaubt es, den Druck des als Eduktstrom S_{AE1} <103> wiederverwendeten Stroms S_{OA*} <307> genau auf die gewünschten Druckverhältnisse in der Reaktionskolonne RR_A <100> einzustellen.

10

- Die Unterschiede zu den Ausführungsformen gemäß Abbildungen 1 und 2 bestehen somit darin, dass die Verdichtung des Brüdenstroms S_{OA} in zwei Stufen, erst zum Brüden S_{OA1} <403> und dann zum Brüden S_{OA2} <404> durchgeführt wird. Dadurch dass der weniger verdichtete Brüdenstrom S_{OA1} <403> bzw. der Teil S_{OA11} <4031> davon für die Beheizung des Seitenstroms S_{ZA} <305> eingesetzt wird, während der stärker verdichtete Brüden für die Beheizung des Teils S_{UA1} <320> des Sumpfstroms S_{UA} <304> eingesetzt wird, erfolgt die Beheizung der Rektifikationskolonne RD_A <300> im Vergleich zur Ausführungsform gemäß Abbildungen 1 und 2 durch den Brüdenstrom effizienter.

20

3.4 Abbildung 4

Abbildung 4 zeigt eine weitere Ausführungsform eines nicht erfindungsgemäßen Verfahrens.

Diese entspricht der in Abbildung 3 beschriebenen Ausführungsform mit den folgenden Unterschieden:

- 25 1. Es findet keine Vorverdichtung des Brüdenstroms S_{OA} über einen Verdichter VD_{AB2} <303> statt. Der Teil S_{OA*} <306> des Brüdenstroms S_{OA} <302>, der dem Verdichter VD_1 <401> zugeführt und zu S_{OA1} <403> verdichtet wird, entspricht dem Brüdenstroms S_{OA} <302> abzüglich des Teils, der über den Kondensator K_{RD} <407> kondensiert und dann wieder auf die Rektifikationskolonne RD_A <300> rückgeführt wird.
- 30 2. In dieser Ausführungsform kann zusätzlich oder alternativ, bevorzugt alternativ, auch ein Teil des verdichteten Brüdenstroms S_{OA1} <403> als Rücklauf S_{OA13} <4033> über den Kondensator K_{RD} <407> kondensiert und das Kondensat auf die Rektifikationskolonne RD_A <300> rückgeführt werden.
3. Von S_{OA1} <403> wird ein Teil $S_{OA\vee}$ <308> abgetrennt und als Eduktstrom S_{AE1} <103> eingesetzt.
- 35 Dabei kann $S_{OA\vee}$ <308> über einen optionalen Verdichter $VD_\vee$ <415> verdichtet werden. $S_{OA\vee}$ <308> ist, wie sich von selbst versteht, von S_{OA11} <4031> und von S_{OA12} <4032> und natürlich auch von S_{OA13} <4033> verschieden.

Wie schon für die Ausführungsform gemäß Abbildung 3 beschrieben, ergibt sich auch in der Ausführungsform gemäß Abbildung 4 eine Energieersparnis dadurch, dass S_{OA11} <4031> dem

- Zwischenverdampfer V_{ZRD} <409> zur Beheizung des Stromes S_{ZA} <305> zugeführt wird und S_{OA12} <4032> zusätzlich im Verdichter VD_x <405> zum Strom S_{OA2} <404> verdichtet und dieser verdichtete Strom dann dem Sumpfordampfer V_{SRD} <406> zur Beheizung des Stromes S_{UA1} <320> zugeführt wird. Durch diese Aufteilung der verschieden verdichteten Ströme auf Seitenstrom
- 5 S_{ZA} <305> bzw. Sumpfstrom S_{UA1} <320> bei Übertragung der Energie ergibt sich eine höhere Energieeffizienz.

3.5 Abbildung 5

- Abbildung 5 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Sie entspricht der in
- 10 Abbildung 3 beschriebenen Ausführungsform mit dem Unterschied, dass über einen Wärmeüberträger $WT_{\blacktriangle}$ <412> Energie in Form von Wärme von S_{AP} <104> auf $S_{OA\blacktriangle}$ <306> übertragen wird. Zusätzlich zur Energieersparnis, die zur Ausführungsform gemäß Abbildungen 3 und 4 beschrieben wurden, wird zusätzlich Energie dadurch eingespart, dass die Restwärme im Sumpfstrom S_{AP} <104> nicht ungenutzt dissipiert, sondern in den Prozess reintegriert wird. Diese
- 15 zusätzliche Energieintegration ist außerdem dadurch vorteilhaft, dass der Brüdenstrom $S_{OA\blacktriangle}$ <306> über Wärmetauscher $WT_{\blacktriangle}$ <412> erhitzt wird, bevor er im Verdichter VD_1 <401> verdichtet wird. Durch diese Erhitzung werden eventuell im Brüdenstrom $S_{OA\blacktriangle}$ <306> vorhandene kondensierte Tröpfchen in den gasförmigen Zustand überführt bzw. die ungewollte Kondensation des Brüden vor oder während der Verdichtung verhindert. Solche Tröpfchen können sich negativ auf die Mechanik
- 20 des Verdichters auswirken, und ihre Vermeidung erhöht somit die Lebensdauer der Apparatur. Es kann dabei auch nur die Energie eines Teils des Stromes S_{AP} <104> genutzt werden. Dann wird nur die Energie eines Teils des Stromes S_{AP} <104> übertragen, während die Energie eines anderen Teiles <309> des Stromes nicht genutzt wird. Der Teil <309> ist durch die gestrichelte Linie angedeutet.

25 3.6 Abbildung 6

- Abbildung 6 zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Sie entspricht der in Abbildung 4 beschriebenen Ausführungsform, wobei der Verdichter $VD_{\blacktriangledown}$ <415> nicht optional ist, sondern vorgeschrieben ist.
- 30 Weitere Unterschiede zur Ausführungsform gemäß Abbildung 4 bestehen darin, dass über einen Wärmeüberträger $WT_{\blacktriangledown}$ <416> Energie in Form von Wärme von S_{AP} <104> auf $S_{OA\blacktriangledown}$ <308> übertragen wird. Zusätzlich zu den Vorteilen der Energieersparnis, die zur Ausführungsform gemäß Abbildungen 3 und 4 beschrieben wurden, wird dadurch zusätzlich Energie eingespart, da die Restwärme im Sumpfstrom S_{AP} <104> nicht ungenutzt dissipiert, sondern in den Prozess
- 35 reintegriert wird. Die Integration der Energie von S_{AP} <104> in den Brüdenstrom $S_{OA\blacktriangledown}$ <308> über Wärmetauscher $WT_{\blacktriangledown}$ <416>, bevor $S_{OA\blacktriangledown}$ <308> im Verdichter $VD_{\blacktriangledown}$ <415> verdichtet wird, erbringt zusätzliche Vorteile. Durch die Erhitzung werden eventuell im Brüdenstrom $S_{OA\blacktriangledown}$ <308> vorhandene kondensierte Tröpfchen in den gasförmigen Zustand überführt bzw. die ungewollte Kondensation des Brüdenstroms $S_{OA\blacktriangledown}$ <308> vor oder während der Verdichtung verhindert. Solche

- Tröpfchen können sich negativ auf die Mechanik des Verdichters auswirken, und ihre Vermeidung erhöht somit die Lebensdauer der Apparatur. Es kann dabei auch nur die Energie eines Teils des Stromes S_{AP} <104> genutzt werden. Dann wird nur die Energie eines Teils des Stromes S_{AP} <104> übertragen, während die Energie eines anderen Teiles <309> des Stromes nicht genutzt wird. Der
- 5 Teil <309> ist durch die gestrichelte Linie angedeutet.

3.7 Abbildung 7

- Abbildung 7 zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Sie entspricht der in Abbildung 3 beschriebenen Ausführungsform, wobei der Verdichter VD_*
- 10 <411> nicht optional ist, sondern vorgeschrieben ist.
- Weitere Unterschiede zur Ausführungsform 3 bestehen darin, dass über einen Wärmeüberträger WT_* <417> Energie in Form von Wärme von S_{AP} <104> auf S_{OA*} <307> übertragen wird. Zusätzlich zu den Vorteilen der Energieersparnis, die zur Ausführungsform gemäß Abbildung 3 beschrieben wurden, wird dadurch zusätzlich Energie eingespart, da die Restwärme im
- 15 Sumpfstrom S_{AP} <104> nicht ungenutzt dissipiert, sondern in den Prozess reintegriert wird. Die Integration der Energie von S_{AP} <104> über Wärmeüberträger WT_* <417> ist daneben zusätzlich dadurch vorteilhaft, da der Brüdenstrom S_{OA*} <307> erhitzt wird, bevor er im Verdichter VD_* <411> verdichtet wird. Durch die Erhitzung werden eventuell im Brüdenstrom S_{OA*} <307> vorhandene
- 20 kondensierte Tröpfchen in den gasförmigen Zustand überführt bzw. die ungewollte Kondensation des Brüden vor oder während der Verdichtung verhindert. Solche Tröpfchen können sich negativ auf die Mechanik des Verdichters auswirken, und ihre Vermeidung erhöht somit die Lebensdauer der Apparatur. Es kann dabei auch nur die Energie eines Teils des Stromes S_{AP} <104> genutzt werden. Dann wird nur die Energie eines Teils des Stromes S_{AP} <104> übertragen, während die Energie eines anderen Teiles <309> des Stromes nicht genutzt wird. Der Teil <309> ist durch die
- 25 gestrichelte Linie angedeutet.

3.8 Abbildung 8

- Abbildung 8 zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Sie entspricht der in Abbildung 4 beschriebenen Ausführungsform, wobei der Verdichter VD_*
- 30 <415> nicht optional ist, sondern vorgeschrieben ist.
- Weitere Unterschiede zur Ausführungsform 4 bestehen darin, dass über einen Wärmeüberträger WT_* <412> Energie in Form von Wärme von S_{AP} <104> auf S_{OA*} <306> übertragen wird. Daneben wird der Strom S_{OA11} <4031>, nachdem er im Zwischenverdampfer V_{ZRD} <409> Energie
- 35 auf den Seitenstrom S_{ZA} <305> übertragen hat, ebenfalls über den Wärmeüberträger WT_* <412> geleitet, um die Restenergie in Form von Wärme von S_{OA11} <4031> auf S_{OA*} <306> zu übertragen. Zusätzlich zu den Vorteilen der Energieersparnis, die zur Ausführungsform gemäß Abbildung 4 beschrieben wurden, wird dadurch zusätzlich Energie eingespart, da die Restwärme im
- 40 Sumpfstrom S_{AP} <104> und im Strom S_{OA11} <4031> nicht ungenutzt dissipiert, sondern in den Prozess reintegriert wird. Die Integration der Energie von S_{AP} <104> und S_{OA11} <4031> über

Wärmetauscher WT_{Δ} <412> ist zusätzlich dadurch vorteilhaft, dass sie auf den Brüdenstrom $S_{OA\Delta}$ <306> erfolgt, bevor dieser im Verdichter VD_1 <401> verdichtet wird. Durch die Erhitzung werden eventuell im Brüdenstrom $S_{OA\Delta}$ <306> vorhandene kondensierte Tröpfchen in den gasförmigen Zustand überführt bzw. die ungewollte Kondensation des Brüden $S_{OA\Delta}$ <306> vor oder während der

5 Verdichtung verhindert. Solche Tröpfchen können sich negativ auf die Mechanik des Verdichters auswirken, und ihre Vermeidung erhöht somit die Lebensdauer der Apparatur. Es kann dabei auch nur die Energie eines Teils des Stromes S_{AP} <104> genutzt werden. Dann wird nur die Energie eines Teils des Stromes S_{AP} <104> übertragen, während die Energie eines anderen Teiles <309> des Stromes nicht genutzt wird. Der Teil <309> ist durch die gestrichelte Linie angedeutet. Ebenso

10 kann auch nur die Restwärme eines Teils des Stroms S_{OA11} <4031> für die Energieintegration über WT_{Δ} <412> genutzt werden (nicht in Abbildung 8 gezeigt).

3.9 Abbildung 9

Abbildung 9 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Sie entspricht der in

15 Abbildung 3 beschriebenen Ausführungsform.

Unterschiede zur Ausführungsform 3 bestehen darin, dass über einen Wärmeüberträger WT_{AB2} <418> Energie in Form von Wärme von S_{AP} <104> auf einen Teil des Stromes von S_{OA} <302> übertragen wird, der im Verdichter VD_{AB2} <303> vorverdichtet wird.

Daneben wird der Strom S_{OA11} <4031>, nachdem er im Zwischenverdampfer V_{ZRD} <409> Energie

20 auf den Seitenstrom S_{ZA} <305> übertragen hat, ebenfalls über den Wärmeüberträger WT_{AB2} <418> geleitet, um die Restenergie in Form von Wärme von S_{OA11} <4031> auf den über VD_{AB2} <303> vorzuverdichtenden Teil des Stromes S_{OA} <302> zu übertragen.

Zusätzlich zu den Vorteilen der Energieersparnis, die zur Ausführungsform gemäß Abbildung 3 beschrieben wurden, wird dadurch zusätzlich Energie eingespart, da die Restwärme im

25 Sumpfstrom S_{AP} <104> und im Strom S_{OA11} <4031> nicht ungenutzt dissipiert, sondern in den Prozess reintegriert wird. Die Integration der Energie von S_{AP} <104> und S_{OA11} <4031> über den Wärmeüberträger WT_{AB2} <418> ist daneben zusätzlich dadurch vorteilhaft, da der vorzuverdichtende Teil des Brüdenstroms S_{OA} <302> erhitzt wird, bevor er im Verdichter VD_{AB2} <303> vorverdichtet wird. Durch die Erhitzung werden eventuell im in diesem Teil des

30 Brüdenstroms S_{OA} <302> vorhandene kondensierte Tröpfchen in den gasförmigen Zustand überführt bzw. die ungewollte Kondensation des Brüden S_{OA} <302> vor oder während der Vorverdichtung verhindert. Solche Tröpfchen können sich negativ auf die Mechanik des Verdichters auswirken, und ihre Vermeidung erhöht somit die Lebensdauer der Apparatur. Es kann dabei auch nur die Energie eines Teils des Stromes S_{AP} <104> genutzt werden. Dann wird nur die

35 Energie eines Teils des Stromes S_{AP} <104> übertragen, während die Energie eines anderen Teiles <309> des Stromes nicht genutzt wird. Der Teil <309> ist durch die gestrichelte Linie angedeutet. Ebenso kann auch nur die Restwärme eines Teils des Stroms S_{OA11} <4031> genutzt werden (nicht in Abbildung 9 gezeigt).

Das im erfindungsgemäßen Beispiel 4 (Abschnitt 5.4) durchgeführte Verfahren wurde anhand der in Abbildung 9 gezeigten Apparatur durchgeführt, wobei in Beispiel 4 die in Abbildung 9 als optional gezeigte Verdichtung des Stromes S_{OA} <307> mit Verdichter VD <411> nicht durchgeführt wurde.

3.10 Abbildung 10

5

Abbildung 10 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Sie entspricht der in Abbildung 3 beschriebenen Ausführungsform mit folgenden Unterschieden:

- In einer zweiten Reaktionskolonne RR_B <200> wird eine wässrige KOH-Lösung mit Methanol, das auch zur Umsetzung in RR_A <100> eingesetzt wird, zu Kaliummethanolat umgesetzt wird.
- Am Kopf der Reaktionskolonne RR_B <200> wird eine wässrige KOH-Lösung als Eduktstrom S_{BE2} <202> zugegeben. Alternativ kann auch eine methanolische KOH-Lösung als Eduktstrom S_{BE2} <202> zugegeben werden. Oberhalb des Sumpfes der Reaktionskolonne RR_B <200> wird Methanol als Eduktstrom S_{BE1} <203> dampfförmig zugegeben.
- Am Sumpf der Reaktionskolonne RR_B <200> wird ein Gemisch des entsprechenden Methanols in Methanol S_{BP} <204> entnommen. Mit dem Sumpfverdampfer V_{SB} <205> und dem optionalen Verdampfer V_{SB} <206> am Sumpf der Kolonne RR_B <200> wird die Konzentration der Kaliummethanolatlösung S_{BP} <204> auf den gewünschten Wert eingestellt.
- Am Kopf der Reaktionskolonne RR_B <200> wird ein Brüdenstrom S_{BB} <207> entnommen. Im Kondensator K_{RRB} <208> wird ein Teil des Brüdenstroms S_{BB} <207> kondensiert und flüssig als Rücklauf auf den Kopf der Reaktionskolonne RR_B <200> aufgegeben. Der Kondensator K_{RRB} <208> und die Einstellung des Rücklaufs sind jedoch optional. Die Einstellung der Konzentration der Kaliummethanolatlösung S_{BP} <204> auf den gewünschten Wert kann auch über den Rücklauf gesteuert werden.
- Der erhaltene Brüden S_{BB} <207> wird vermischt mit dem nicht im Kondensator K_{RRA} <108> kondensierten Teil des Brüden S_{AB} <107> der Rektifikationskolonne RD_A <300> zugeführt. Ein weiterer Unterschied zur Ausführungsform gemäß Abbildung 3 ist, dass der vorverdichtete Teil S_{OA} <307> des Brüdenstroms S_{OA} <302> zur Reaktionskolonne RR_A <100> und zur Reaktionskolonne RR_B <200> rezykliert wird, wo er als Eduktstrom S_{AE1} <103> bzw. S_{BE1} <203> eingesetzt wird.
- Ein weiterer Unterschied zur Ausführungsform gemäß Abbildung 3 besteht darin, dass über einen Wärmeüberträger WT_{AB2} <418> Energie in Form von Wärme von S_{AP} <104> auf einen Teil des Stromes von S_{OA} <302> übertragen wird, der im Verdichter VD_{AB2} <303> vorverdichtet wird. Daneben wird der Strom S_{BP} <204> ebenfalls über den Wärmeüberträger WT_{AB2} <418> geleitet, um die Restenergie in Form von Wärme von S_{BP} <204> auf den über VD_{AB2} <303> vorverdichteten Teil des Stromes S_{OA} <302> zu übertragen.

Zusätzlich zu den Vorteilen der Energieersparnis, die zur Ausführungsform gemäß Abbildung 3 beschrieben wurden, wird dadurch zusätzlich Energie eingespart, da die Restwärme in den beiden

Sumpfstömen S_{AP} <104> und S_{BP} <204> nicht ungenutzt dissipiert, sondern in den Prozess reintegriert wird. Die Integration der Energie in S_{AP} <104> und S_{BP} <204> über Wärmeüberträger WT_{AB2} <418> ist zusätzlich dadurch vorteilhaft, dass der vorzuverdichtende Teil des Brüdenstroms S_{OA} <302> erhitzt wird, bevor er im Verdichter VD_{AB2} <303> vorverdichtet wird. Durch die

5 Erhitzung werden eventuell im Brüdenstrom S_{OA} <302> vorhandene kondensierte Tröpfchen in den gasförmigen Zustand überführt bzw. die ungewollte Kondensation von S_{OA} <302> vor oder während der Vorverdichtung verhindert. Solche Tröpfchen können sich negativ auf die Mechanik des Verdichters auswirken, und ihre Vermeidung erhöht somit die Lebensdauer der Apparatur. Es kann dabei auch nur die Energie eines Teils des Stromes S_{AP} <104> und/oder eines Teils des

10 Stromes S_{BP} <204> zur Integration ihrer Energie über WT_{AB2} <418> genutzt werden (nicht in Abbildung 10 gezeigt).

3.11 Abbildung 11

Abbildung 11 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese entspricht

15 der in Abbildung 10 beschriebenen Ausführungsformen mit folgenden Unterschieden:

- 1) Nur ein Teil S_{OA21} <4041> von S_{OA2} <404> wird zur Beheizung des Sumpfverdampfers V_{SRD} <406> genutzt. Der übrige Teil von S_{OA2} <404> wird zur Beheizung des Verdampfers $V_{SA'}$ <106> am Sumpf der Kolonne RR_A <100> und des Verdampfers $V_{SB'}$ <206> am Sumpf der Kolonne RR_B <200> genutzt.
- 2) Wie in Abbildung 10 wird Energie in Form von Wärme von S_{AP} <104> und von S_{BP} <204> über den Wärmeüberträger WT_{AB2} <418> auf einen Teil des Stromes von S_{OA} <302>, der im Verdichter VD_{AB2} <303> vorverdichtet wird, übertragen. Zusätzlich dazu wird der Strom S_{OA11} <4031>, nachdem er im Zwischenverdampfer V_{ZRD} <409> Energie auf den Seitenstrom S_{ZA} <305> übertragen hat, ebenfalls über den Wärmeüberträger WT_{AB2} <418> geleitet, um die Restenergie in S_{OA11} <4031> in Form von Wärme von S_{OA11} <4031> auf den über VD_{AB2} <303> vorzuverdichtenden Teil des Stromes S_{OA} <302> zu übertragen.
- 3) Folgende Ströme werden in einem Kondensatbehälter <419> (beschrieben in Abschnitt 4.9.5) entspannt, bevor sie vereinigt auf die Rektifikationskolonne RD_A <300> gegeben werden:
 - 30 - der Teil des Stromes S_{OA} <302>, der als Rücklauf über den Kondensator K_{RD} <407> geführt wird;
 - S_{OA11} <4031>, nachdem dieser Strom den Zwischenverdampfer V_{ZRD} <409> und den Wärmeüberträger WT_{AB2} <418> durchlaufen hat;
 - S_{OA2} <404>, nachdem dieser Strom teilweise den Sumpfverdampfer V_{SRD} <406> und teilweise die Sumpfverdampfer $V_{SA'}$ <106> und $V_{SB'}$ <206> durchlaufen hat;
 - 35 - der optionale Strom frischen Methanols <408>.
- 4) Es ist daneben vorteilhaft, die vom Kondensatbehälter <419> zur Rektifikationskolonne RD_A <300> führende Leitung mit dem Zulauf zum Kondensator K_{RD} <407> zu verbinden, um einen Druckausgleich herzustellen. Diese optionale Ausführungsform ist gestrichelt als Pfeil <420> dargestellt. In den Ausführungsformen, in denen ein Rücklauf über <311> eingestellt wird, kann die

Verbindung <420> auch von der vom Kondensatbehälter <419> zur Rektifikationskolonne RR_A <300> führenden Leitung zu <311> erfolgen.

- Die sich ergebenden Vorteile hinsichtlich der Energieeffizienz und der Verlängerung der Lebensdauer des Verdichters VD_{AB2} <303> entsprechen denen, die für die Ausführungsform
- 5 gemäß Abbildung 10 beschrieben wurden.

3.12 Abbildung 12

Abbildung 12 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese entspricht der in Abbildung 10 beschriebenen Ausführungsform mit folgenden Unterschieden:

- 10 1) Die Reaktionskolonnen RR_A <100> und RR_B <200> weisen jeweils einen Zwischenverdampfer V_{ZA} <110> bzw. V_{ZB} <210> auf. Ein Seitenstrom S_{ZAA} <111> wird der Reaktionskolonne RR_A <100> entnommen und über V_{ZA} <110> geführt, danach der Reaktionskolonne RR_A <100> wieder zugeführt. Ein Seitenstrom S_{ZBA} <211> wird der Reaktionskolonne RR_B <200> entnommen und über V_{ZB} <210> geführt, danach der Reaktionskolonne RR_B <200> wieder zugeführt.
- 15 2) Nur ein Teil S_{OA21} <4041> von S_{OA2} <404> wird zur Beheizung des Sumpfverdampfers V_{SRD} <406> genutzt. Der übrige Teil von S_{OA2} <404> wird zur Beheizung des Verdampfers $V_{SA'}$ <106> am Sumpf der Kolonne RR_A <100> genutzt.
- 3) Ein Teil von S_{OA1} <403> wird zur Beheizung des Zwischenverdampfers V_{ZB} <210> genutzt.
- 4) Die Vorverdichtung des Teils des Brüdenstromes S_{OA} <302> mit Vorverdichter VD_{AB2} <303> ist
- 20 optional.
- 5) Der Verdichter VD_* <411> ist nicht optional, sondern vorgeschrieben.
- Über einen Wärmeüberträger WT_* <417> wird Energie in Form von Wärme von S_{AP} <104> und S_{BP} <204> auf S_{OA*} <307> übertragen.
- 25 Die sich ergebenden Vorteile hinsichtlich der Energieeffizienz und der Verlängerung der Lebensdauer des Verdichters VD_* <411> entsprechen denen, die für die Ausführungsform gemäß Abbildung 10 beschrieben wurden.

3.13 Abbildung 13

- 30 Abbildung 13 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese entspricht der in Abbildung 10 beschriebenen Ausführungsformen mit den folgenden Unterschieden:
- 1) Die Reaktionskolonne RR_A <100> weist einen Zwischenverdampfer V_{ZA} <110> auf. Ein Seitenstrom S_{ZAA} <111> wird der Reaktionskolonne RR_A <100> entnommen und über V_{ZA} <110>
- 35 geführt, danach der Reaktionskolonne RR_A <100> wieder zugeführt.
- 2) Nur ein Teil S_{OA21} <4041> von S_{OA2} <404> wird zur Beheizung des Sumpfverdampfers V_{SRD} <406> genutzt. Der übrige Teil von S_{OA2} <404> wird zur Beheizung des Verdampfers $V_{SB'}$ <206> am Sumpf der Kolonne RR_B <200> eingesetzt.

3) Der Zwischenverdampfer V_{ZA} <110> wird über ein durch eine Pumpe <501> transportiertes Wärmeträgermedium W_1 <502>, insbesondere Wasser, welches Wärme im Zwischenkühler WT_x <402> von S_{OA12} <4032> aufnimmt und im Zwischenverdampfer V_{ZA} <110> abgibt, beheizt.

5

4) Über den Wärmeüberträger WT_{AB2} <418> wird Energie in Form von Wärme von S_{BP} <204> auf einen Teil des Stromes von S_{OA} <302> übertragen, nicht aber von S_{AP} <104>.

Die sich ergebenden energetischen Vorteile entsprechen denen, die für die Ausführungsform gemäß Abbildung 10 beschrieben wurden.

3.14 Abbildung 14

Abbildung 14 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese entspricht der in Abbildung 10 beschriebenen Ausführungsform mit den folgenden Unterschieden:

15

1) Die Reaktionskolonnen RR_A <100> und RR_B <200> weisen jeweils einen Zwischenverdampfer V_{ZA} <110> bzw. V_{ZB} <210> auf. Ein Seitenstrom S_{ZAA} <111> wird der Reaktionskolonne RR_A <100> entnommen und über V_{ZA} <110> geführt, danach der Reaktionskolonne RR_A <100> wieder zugeführt. Ein Seitenstrom S_{ZBA} <211> wird der Reaktionskolonne RR_B <200> entnommen und über V_{ZB} <210> geführt, danach der Reaktionskolonne RR_B <200> wieder zugeführt.

20

2) Nur ein Teil S_{OA21} <4041> von S_{OA2} <404> wird zur Beheizung des Sumpfverdampfers V_{SRD} <406> genutzt. Der übrige Teil von S_{OA2} <404> wird zur Beheizung des Verdampfers $V_{SA'}$ <106> am Sumpf der Kolonne RR_A <100> und zur Beheizung des Verdampfers $V_{SB'}$ <206> am Sumpf der Kolonne RR_B <200> eingesetzt.

25

3) Über den Wärmeüberträger WT_{AB2} <418> wird Energie in Form von Wärme von S_{BP} <204> auf einen Teil des Stromes von S_{OA} <302> übertragen, nicht aber von S_{AP} <104>.

4) Daneben zeigt Abbildung 14 eine Reaktivrektifikationskolonne RR_C <600> zur Umalkoholisierung von Natriummethanolat zu Natriumethanolat, die mindestens teilweise mit Energie aus dem Strom S_{OA12} <4032> betrieben wird. Die Kolonne RR_C <600> weist die Sumpfverdampfer V_{SC} <605> und $V_{SC'}$ <606> auf.

30

Dabei wird Natriummethanolatlösung S_{CE1} <602> in einer Reaktionskolonne RR_C <600> im Gegenstrom mit Ethanol S_{CE2} <603> zu Natriumethanolat umgesetzt und dieses als ethanolische Lösung entnommen.

35

Am Sumpf der Reaktionskolonne RR_C <600> wird ein Sumpfproduktstrom S_{CP} <604> umfassend Natriummethanolat entnommen.

Am Kopf der Reaktionskolonne RR_C <600> wird ein Brüdenstrom S_{CB} <607> entnommen. Im Kondensator K_{RRC} <608> wird dabei mindestens ein Teil des Brüdenstroms S_{CB} <607> kondensiert und davon mindestens ein Teil flüssig als Rücklauf auf den Kopf der Reaktionskolonne RR_C <600> aufgegeben. Der Brüdenstroms S_{CB} <607> wird dabei entweder gasförmig vor dem Kondensator K_{RRC} <608> abgezogen (eingezeichnet durch eine gestrichelte Linie) und/oder als Strom <609> flüssig hinter dem Kondensator K_{RRC} <608>.

Ein Seitenstrom S_{ZC} <610> wird der Reaktionskolonne RR_C <600> bevorzugt entnommen, wobei auf diesen über einen Zwischenverdampfer V_{ZC} <611> Energie übertragen wird und S_{ZC} <610> danach wieder in RR_C <600> zurückgeleitet werden kann.

Als Natriummethanolatlösung S_{CE1} <602> wird bevorzugt mindestens ein Teil der in der Reaktionskolonne RR_A <100> und RR_B <200> gewonnenen Sumpfströme S_{AP} <104> bzw. S_{BP} <204> genutzt.

Der Sumpfverdampfer V_{SC} <606> wird über ein durch eine Pumpe <501> transportiertes Wärmeträgermedium W_1 <502>, insbesondere Wasser, welches Wärme im Zwischenkühler WT_x <402> von S_{OA12} <4032> aufnimmt und im Sumpfverdampfer V_{SC} <606> abgibt, beheizt.

Alternativ kann auch Energie entsprechend von einem anderen Strom ausgewählt aus S_{OA2} <404>, S_{OA11} <4031>, S_{OA1} <403> vor seiner Auftrennung in S_{OA11} <4031> und S_{OA12} <4032>, auf den Sumpfverdampfer V_{SC} <606> oder den anderen Sumpfverdampfer V_{SC} <605> übertragen werden. Von mindestens einem der Ströme S_{OA1} <403>, S_{OA11} <4031>, S_{OA12} <4032>, S_{OA2} <404>, Sumpfproduktstrom S_{AP} <104>, Sumpfproduktstrom S_{BP} <204> kann ebenso Energie auf den Ethanolstrom S_{CE1} <603>, die Natriummethanolatlösung S_{CE1} <602> oder den Seitenstrom S_{ZC} <610> übertragen werden, um eine noch bessere Energieintegration zu erreichen.

Die sich durch die Integration der Energie aus S_{AP} <104> auf den im Verdichter VD_{AB2} <303> vorzuverdichtenden Teil des Stroms S_{OA} <302> ergebenden energetischen Vorteile und die sich daraus ergebende Schonung der Apparatur des Verdichters VD_{AB2} <303> entsprechen denen, die für die Ausführungsform gemäß Abbildung 10 beschrieben wurden.

3.15 Abbildung 15

Abbildung 15 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese entspricht der in Abbildung 14 beschriebenen Ausführungsform mit dem Unterschied, dass die Beheizung des Sumpfverdampfers V_{SC} <606> direkt mit einem Teil von S_{OA2} <404> erfolgt.

3.16 Abbildungen 16 A und 16 B

Abbildung 16 A zeigt eine Ausführungsform eines Wärmeüberträgers <8>, wie er beispielsweise als Wärmeüberträger WT_{AB2} <418> in der erfindungsgemäßen Ausführungsform nach Abbildung

11 eingesetzt werden kann. Dieser umfasst drei Platten <81>, <82> und <83>, die von einem Behälter <84> umschlossen werden und die die Bereiche <80>, <87>, <88> und <89> voneinander abtrennen.

Die Platten <81>, <82> und <83> sind Hohlkörper, durch welche die Sumpfproduktströme S_{AP} <104> (Platte <81>) und S_{BP} <204> (Platte <82>) sowie der Strom S_{OA11} <4031> (Platte <83>) geleitet werden. Dabei wird der jeweilige Strom durch ein Ventil <85> in die jeweilige Platte geleitet und durch ein Ventil <86> aus der jeweiligen Platte abgeführt

Der zu erheizende gasförmige Strom, im gezeigten Fall der Brüdenstrom S_{OA} <302>, wird z.B. über ein Ventil in den Bereich <80> des Behälters <84> geleitet und passiert die Platten <81>, <82> und <83> bzw. die Bereiche <80>, <87>, <88> und <89>. Der erheizte gasförmige Strom, im gezeigten Fall der Brüdenstrom S_{OA} <302>, verlässt den Bereich <89> des Behälters <84> dann wieder, z.B. über ein Ventil.

Die Platten <81>, <82> und <83> sind so im Behälter <84> angeordnet und/oder in einer solchen Form entworfen, dass der Brüdenstrom S_{OA} <302> diese passieren kann und gleichzeitig Energie zwischen S_{OA} <302> und dem die jeweilige Platte durchströmenden Strom S_{AP} <104>, S_{BP} <204>, S_{OA11} <4031> ausgetauscht werden kann. Beispielsweise kann es sich bei den Platten <81>, <82> und <83> um Hohlkörper mit Perforationen <90> (Löcher wie z.B. Schlitz etc.) handeln, durch die der Strom S_{OA} <302> hindurchfließt. Natürlich müssen diese Perforationen <90> so angebracht sein, dass das die Platten <81>, <82> und <83> durchfließende Medium nicht austritt.

Diese Ausführungsform ist in der Abbildung 16 B anhand der Platte <83> näher erläutert. Die Platte <83> ist in Abbildung 16 A seitlich dargestellt, wobei der Strom S_{OA} <302> von der Seite <831> auf die Seite <832> fließt. In Abbildung 16 B ist die Platte <83> in der Draufsicht auf die Seite <831> dargestellt.

Alternativ können auch Platten <81>, <82> und <83> ohne Perforationen <90> eingesetzt werden.

Diese müssen dann aber so in den Behälter <84> eingesetzt werden, dass der zu erwärmende Strom innerhalb des Behälters an den Platten <81>, <82> und <83> vorbeifließen kann; z.B. schräg, d.h. so dass ihre maximale Ausdehnung kleiner als der innere Durchmesser des Behälters <84> ist. Bei Rohrbündelverdampfern werden schließlich anstatt der Platten <81>, <82> und <83> Rohre oder Rohrbündel eingesetzt.

Erfindungsgemäß wird dabei in der Ausführungsform Energie in Form von Wärme von S_{AP} <104>, S_{BP} <204> und S_{OA11} <4031> auf S_{OA} <302> übertragen. S_{AP} <104>, S_{BP} <204> und S_{OA11} <4031> sind somit bei Zuführung in die jeweilige Platte energiereicher, wie durch den jeweiligen Pfeil mit durchgezogener Linie angedeutet, als bei der Ableitung, wie durch den jeweiligen Pfeil mit gestrichelter Linie angedeutet. Der Strom S_{OA} <302> ist bei der Zuleitung in den Wärmeüberträger <8> energieärmer (gestrichelter Pfeil) als bei der Ableitung (Pfeil mit durchgezogener Linie). Die beiden Ventile <85> und <86> können dabei auf der gleichen Seite des Behälters, wie bei den Platten <81> und <82> gezeigt, oder auf gegenüberliegenden Seiten, wie bei Platte <83>, angeordnet sein.

Es versteht sich von selbst, dass die Anzahl der Plattenpakete variiert werden kann, je nachdem von wieviel Strömen Energie auf den mit Energie zu beaufschlagenden Strom eingesetzt werden. In Abbildung 16 A wird der Brüdenstrom S_{OA} <302> über die Plattenpakete <81>, <82>, <83> mit Energie von den Strömen S_{AP} <104>, S_{BP} <204> und S_{OA11} <4031> beaufschlagt.

- 5 Optional kann der Wärmeübertragers <8> um weitere, beispielsweise einer vierten Platte, erweitert werden, wenn etwa zusätzliche Ströme als Energiequelle genutzt werden sollen. Alternativ können diese zusätzlichen (oder auch eines von <81>, <82> oder <83>) Platten mit einer externen Wärmequelle betrieben wird, was besonders vorteilhaft für die Anfahrprozesse ist. Ebenso kann optional eines oder zwei der der Platten <81>, <82>, <83> weggelassen werden, falls
- 10 beispielsweise nur Energie von einem der Ströme S_{AP} <104>, S_{BP} <204> und S_{OA11} <4031> auf den Brüdenstrom S_{OA} <302> übertragen werden muss.

In der Ausführungsform gemäß Abbildung 9 (erfindungsgemäßes Beispiel 4) wird beispielsweise nur Energie von S_{AP} <104> und S_{OA11} <4031> auf S_{OA} <302> übertragen. In dieser Ausführungsform kann die letzte Platte <83> und somit der Bereich <88> weggelassen werden.

15 3.17 Abbildung 17

Abbildung 17 illustriert die Energieersparnis im erfindungsgemäßen Verfahren nach Beispiel 4 gegenüber den nicht erfindungsgemäßen Verfahren gemäß Beispielen 1 bis 3. Die x-Achse bezeichnet das jeweilige Beispiel, die y-Achse die aufzubringende Leistung in kW (Heizdampf- und

20 Verdichterleistung). Der schraffierte Teil der Balken gibt die nötige Heizleistung durch Niederdruckdampf wieder, der weiße Teil der Balken die Summe der Verdichterleistungen.

4. Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung mindestens eines Alkalimetallmethanolats der Formel M_AOCH_3 , wobei M_A ein Metall ausgewählt aus Natrium, Kalium, Lithium, insbesondere ausgewählt aus Natrium, Kalium, bevorzugt Natrium, ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird in mindestens einer Reaktivrektifikationskolonne durchgeführt, und die in der mindestens einen Reaktivrektifikationskolonne erhaltenen Brüdenströme, die Methanol und Wasser umfassen, werden danach in einer Reaktionskolonne mindestens teilweise in Wasser und Methanol getrennt. Bei dieser destillativen Trennung erfolgt eine effiziente Integration der Energie der dabei erhaltenen Brüden sowie der Energie des/der in der mindestens einen Reaktivrektifikationskolonne erhaltenen Produktstroms/-ströme.

4.1 Schritt (a1)

4.1.1 Allgemeine Beschreibung des Schrittes (a1)

Im Schritt (a1) des Verfahrens gemäß der Erfindung wird ein Eduktstrom S_{AE1} umfassend Methanol mit einem Eduktstrom S_{AE2} umfassend M_AOH im Gegenstrom in einer Reaktivrektifikationskolonne RR_A zu einem Rohprodukt RP_A umfassend M_AOCH_3 , Wasser, Methanol, 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 abläuft. Sie kann auch als „Reaktionskolonne“ abgekürzt werden.

In Schritt (a1) wird am unteren Ende von RR_A ein Sumpfproduktstrom S_{AP} umfassend Methanol und M_AOCH_3 entnommen. Am oberen Ende von RR_A wird ein Brüdenstrom S_{AB} umfassend Wasser und Methanol entnommen.

M_A ist aus Natrium, Kalium, Lithium ausgewählt. M_A ist insbesondere aus Natrium, Kalium ausgewählt. Bevorzugt ist $M_A = \text{Natrium}$.

Der Eduktstrom S_{AE1} umfasst Methanol. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt der Massenanteil von Methanol in S_{AE1} bei ≥ 95 Gew.-%, noch bevorzugter bei ≥ 99 Gew.-%, wobei S_{AE1} ansonsten insbesondere Wasser aufweist.

Das in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} eingesetzte Methanol kann auch handelsübliches Methanol mit einem Methanolmassenanteil von mehr als 99.8 Gew.-% und einem Massenanteil an Wasser von bis zu 0.2 Gew.-% sein.

Der Eduktstrom S_{AE1} wird bevorzugt dampfförmig zugegeben.

Der Eduktstrom S_{AE2} umfasst M_{AOH} . In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst S_{AE2} neben M_{AOH} mindestens eine weitere Verbindung ausgewählt aus Wasser, Methanol. Noch bevorzugter umfasst S_{AE2} neben M_{AOH} auch Wasser, dann handelt es sich bei S_{AE2} um eine wässrige Lösung von M_{AOH} .

Wenn der Eduktstrom S_{AE2} M_{AOH} und Wasser umfasst, liegt der Massenanteil von M_{AOH} , bezogen auf das Gesamtgewicht der wässrigen Lösung, welche S_{AE2} bildet, insbesondere im Bereich von 10 bis 75 Gew.-%, bevorzugt von 15 bis 54 Gew.-%, bevorzugter von 30 bis 53 Gew.-% und besonders bevorzugt von 40 bis 52 Gew.-%.

Wenn der Eduktstrom S_{AE2} M_{AOH} und Methanol umfasst, liegt der Massenanteil von M_{AOH} in Methanol, bezogen auf das Gesamtgewicht der Lösung, welche S_{AE2} bildet, insbesondere im Bereich von 10 bis 75 Gew.-%, bevorzugt von 15 bis 54 Gew.-%, bevorzugter von 30 bis 53 Gew.-%, und besonders bevorzugt von 40 bis 52 Gew.-%.

In dem besonderen Fall, in dem der Eduktstrom S_{AE2} neben M_{AOH} sowohl Wasser als auch Methanol umfasst, ist es besonders bevorzugt, dass der Massenanteil von M_{AOH} in Methanol und Wasser, bezogen auf das Gesamtgewicht der Lösung, welche S_{AE2} bildet, insbesondere im Bereich von 10 bis 75 Gew.-%, bevorzugt von 15 bis 54 Gew.-%, bevorzugter von 30 bis 53 Gew.-%, und besonders bevorzugt von 40 bis 52 Gew.-% liegt.

Schritt (a1) wird in einer Reaktivrektifikationskolonne (oder „Reaktionskolonne“) RR_A durchgeführt.

Schritt (a2), der in Abschnitt 4.2 näher erläutert wird, wird ebenfalls in einer Reaktivrektifikationskolonne (oder „Reaktionskolonne“) RR_B durchgeführt.

Bevorzugt enthält die Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B Einbauten. Geeignete Einbauten sind zum Beispiel Böden, strukturierte Packungen oder unstrukturierte Packungen. 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 üblicherweise eingestellt wird, erhöhen. Bei Einsatz von Siebböden ist es besonders günstig, die Durchmesser der Bodenöffnungen zu verringern und die Zahl der Öffnungen beizubehalten oder noch zu vergrößern.

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

- 5 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 Kolonnenquerschnitts, der etwa 2 bis 5 % des gesamten Kolonnenquerschnitts entspricht, die Flüssigkeitsberieselungsdichte gegenüber den übrigen Querschnittsbereichen um bis zu 100 %, 10 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.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich durchgeführt werden. Bevorzugt wird es kontinuierlich durchgeführt.

15

Die „Umsetzung eines Eduktstroms S_{AE1} umfassend Methanol mit einem Eduktstrom S_{AE2} umfassend M_{AOH} im Gegenstrom“ wird erfindungsgemäß insbesondere dadurch gewährleistet, dass die Zulaufstelle mindestens eines Teils des Eduktstroms S_{AE1} umfassend Methanol in Schritt (a1) an der Reaktionskolonne RR_A unterhalb der Zulaufstelle des Eduktstroms S_{AE2} umfassend

20 M_{AOH} liegt.

Die Reaktionskolonne RR_A umfasst vorzugsweise mindestens 2, insbesondere 15 bis 40 theoretische Stufen zwischen der Zulaufstelle des Eduktstroms S_{AE1} und der Zulaufstelle des Eduktstroms S_{AE2} .

25

Die Reaktionskolonne RR_A kann als reine Abtriebskolonne betrieben werden. Dann wird im unteren Bereich der Reaktionskolonne RR_A der Eduktstrom S_{AE1} umfassend Methanol dampfförmig zugeführt.

- 30 Schritt (a1) umfasst auch den Fall, dass ein Teil des Eduktstroms S_{AE1} umfassend Methanol zwar unterhalb der Zulaufstelle des Eduktstroms S_{AE2} umfassend M_{AOH} , aber dennoch am oberen Ende oder im Bereich 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 Methanol am oberen Ende oder im 35 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 Gesamtmenge des in Schritt (a1) eingesetzten Methanols) 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 Stufen, besonders bevorzugt 1 bis

3 theoretische Stufen unterhalb der Zulaufstelle des Eduktstroms S_{AE2} umfassend M_AOH dampfförmig zugegeben.

In der Reaktionskolonne RR_A setzt sich dann der Eduktstrom S_{AE1} umfassend Methanol mit dem Eduktstrom S_{AE2} umfassend M_AOH gemäß der vorstehend beschriebenen Reaktion <1> zu M_AOCH_3 und H_2O um, wobei, da es sich um eine Gleichgewichtsreaktion handelt, diese Produkte in Mischung mit den Edukten Methanol und M_AOH vorliegen. Demnach wird in Schritt (a1) ein Rohprodukt RP_A in der Reaktionskolonne RR_A erhalten, welches neben den Produkten M_AOCH_3 und Wasser auch noch Methanol und M_AOH umfasst.

10

Am unteren Ende von RR_A erhält und entnimmt man dann den Sumpfproduktstrom S_{AP} umfassend Methanol und M_AOCH_3 .

Am oberen Ende von RR_A , bevorzugt am Kolonnenkopf von RR_A , entnimmt man den Strom des noch Wasser enthaltenden Methanols, vorstehend als „Brüdenstrom S_{AB} umfassend Wasser und Methanol“ bezeichnet.

Dieser Brüdenstrom S_{AB} umfassend Wasser und Methanol wird im Schritt (a3) mindestens teilweise in eine Rektifikationskolonne RD_A geleitet und dort destillativ mindestens teilweise in einen Brüdenstrom S_{OA} umfassend Methanol, der am oberen Ende von RD_A entnommen wird, und mindestens einen Strom S_{UA} umfassend Wasser, der am unteren Ende von RD_A entnommen wird, aufgetrennt. In den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, in denen Schritt (a2) durchgeführt wird, wird zusätzlich mindestens ein Teil des Brüdenstrom S_{BB} , vermischt mit S_{AB} oder getrennt von S_{AB} , in die Rektifikationskolonne RD_A geleitet.

25

Ein Teil des bei der Destillation in Schritt (a3) im Strom S_{OA} gewonnenen Methanols kann der Reaktionskolonne RR_A als Eduktstrom S_{AE1} zugeführt werden und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) der Reaktionskolonne RR_B als Eduktstrom S_{BE1} zugeführt werden.

30

In einer bevorzugteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden 5 bis 95 Gew.-%, bevorzugt 10 bis 90 Gew.-%, bevorzugter 20 bis 80 Gew.-%, noch bevorzugter 30 bis 70 Gew.-%, noch bevorzugter 50 bis 60 Gew.-%, noch bevorzugter 56.7 Gew.-% des Brüdenstromes S_{OA} als Eduktstrom S_{AE1} bzw. falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt.

35

In dieser bevorzugten Ausführungsform ist es vorteilhaft, den Teil des Stromes S_{OA} , der als Eduktstrom S_{AE1} bzw. als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird, zu verdichten.

Diesbezüglich bevorzugte Ausführungsformen ♠, ♥, ♦ sind in Abschnitt 4.10 erläutert.

40

Die Menge des vom Eduktstrom S_{AE1} umfassten Methanols wird vorzugsweise so gewählt, dass dieser gleichzeitig als Lösungsmittel für das im Sumpfproduktstrom S_{AP} erhaltene Alkalimetallmethanolat M_AOCH_3 dient. Vorzugsweise wird die Menge des Methanols im Eduktstrom

5 S_{AE1} so gewählt, dass im Sumpf der Reaktionskolonne RR_A die gewünschte Konzentration der Alkalimetallmethanolat-Lösung vorliegt, die als Sumpfproduktstrom S_{AP} umfassend Methanol und M_AOCH_3 entnommen wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, und insbesondere in

10 den Fällen, in denen S_{AE2} neben M_AOH auch Wasser umfasst, beträgt das Verhältnis des Gesamtgewichts (Massen; Einheit: kg) an in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} eingesetztem Methanol zum Gesamtgewicht (Massen; Einheit: kg) an in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE2} eingesetzten M_AOH 4 : 1 bis 50 : 1, bevorzugter 8 : 1 bis 48 : 1, noch bevorzugter 10 : 1 bis 45 : 1, mehr bevorzugter 20 : 1 bis 40 : 1, noch mehr bevorzugter 22 : 1.

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

„Mit Rücklauf“ bedeutet, dass der am oberen Ende der jeweiligen Kolonne, in Schritt (a1) der Reaktionskolonne RR_A , im optionalen Schritt (a2) der Reaktionskolonne RR_B , entnommene

20 Brüdenstrom S_{AB} bzw. S_{BB} umfassend Wasser und Methanol nicht vollständig abgeführt wird. Im Schritt (a3) wird dann der betreffende Brüdenstrom S_{AB} bzw. S_{BB} also nicht vollständig in eine Rektifikationskolonne RD_A geleitet, sondern mindestens teilweise, bevorzugt teilweise, wieder als Rücklauf der jeweiligen Kolonne, in Schritt (a1) der Reaktionskolonne RR_A , im optionalen Schritt (a2) der Reaktionskolonne RR_B , zugeführt. In den Fällen, in denen ein solcher Rücklauf eingestellt

25 wird, beträgt das Rücklaufverhältnis dabei bevorzugt 0.01 bis 1, bevorzugter 0.02 bis 0.9, noch bevorzugter 0.03 bis 0.34, noch bevorzugter 0.04 bis 0.27, noch bevorzugter 0.05 bis 0.24, noch bevorzugter 0.06 bis 0.10, noch bevorzugter 0.07 bis 0.09. Unter einem Rücklaufverhältnis wird allgemein und im Sinne dieser Erfindung das Verhältnis aus dem Anteil des aus der Kolonne entnommenen Massenstroms (kg/h), der wieder auf die Kolonne in flüssiger Form zurückgeführt

30 wird (Rücklauf) zu dem Anteil dieses Massenstroms (kg/h), der in flüssiger Form oder gasförmiger Form von der jeweiligen Kolonne abgeführt wird, verstanden.

Ein Rücklauf kann dadurch eingestellt werden, dass am Kopf der jeweiligen Kolonne ein

35 Kondensator angebracht wird. In Schritt (a1) wird dazu insbesondere an der Reaktionskolonne RR_A ein Kondensator K_{RRA} angebracht. In Schritt (a2) wird dazu insbesondere an der Reaktionskolonne RR_B ein Kondensator K_{RRB} angebracht. In dem jeweiligen Kondensator wird der jeweilige Brüdenstrom S_{AB} bzw. S_{BB} mindestens teilweise kondensiert und der jeweiligen Kolonne, in Schritt (a1) der Reaktionskolonne RR_A bzw. in Schritt (a2) der Reaktionskolonne RR_B wieder

40 zugeführt.

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

Der Schritt (a1) wird insbesondere bei einer Temperatur im Bereich von 45 °C bis 150 °C, bevorzugt im Bereich von 47 °C bis 120 °C, bevorzugter im Bereich von 60 °C bis 110 °C, und bei einem Druck im Bereich von 0.5 bar abs. bis 40 bar abs., bevorzugt im Bereich von 0.7 bar abs. bis 5 bar abs., bevorzugter im Bereich von 0.8 bar abs. bis 4 bar abs., bevorzugter im Bereich von 0.9 bar abs. bis 3.5 bar abs., noch bevorzugter im Bereich von 1.0 bar abs. bis 3 bar abs., noch bevorzugter bei 1.25 bar abs. durchgeführt.

In Schritt (a1) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird am unteren Ende der Reaktionskolonne **RR_A** ein Sumpfproduktstrom **S_{AP}** umfassend Methanol und **M_AOCH₃** entnommen.

Bevorzugt weist **S_{AP}** einen Massenanteil von **M_AOCH₃** in Methanol im Bereich von 1 bis 50 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 5 bis 35 Gew.-%, bevorzugter im Bereich von 15 bis 35 Gew.-%, am bevorzugtesten im Bereich von 20 bis 35 Gew.-% auf, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse von **S_{AP}**.

Der Massenanteil an Restwasser in **S_{AP}** liegt dabei bevorzugt bei < 1 Gew.-%, bevorzugt < 0.8 Gew.-%, bevorzugter < 0.5 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse von **S_{AP}**.

Der Massenanteil an Edukt **M_AOH** in **S_{AP}** liegt dabei bevorzugt bei < 1 Gew.-%, bevorzugt < 0.8 Gew.-%, bevorzugter < 0.5 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse von **S_{AP}**.

4.1.2 Zwischenverdampfer, Sumpfverdampfer

Die Reaktionskolonne **RR_A** umfasst in einer bevorzugten Ausführungsform mindestens einen Verdampfer, der insbesondere aus Zwischenverdampfern **V_{ZA}** und Sumpfverdampfern **V_{SA}** ausgewählt ist. Die Reaktionskolonne **RR_A** umfasst besonders bevorzugt mindestens einen Sumpfverdampfer **V_{SA}**.

Als „Zwischenverdampfer“ **V_Z** werden erfindungsgemäß Verdampfer bezeichnet, die sich oberhalb des Sumpfs der jeweiligen Kolonne, insbesondere oberhalb des Sumpfs der Reaktionskolonne **RR_A** bzw. **RR_B** (dann als „**V_{ZA}**“ bzw. „**V_{ZB}**“ bezeichnet) oder oberhalb des Sumpfes der Rektifikationskolonne **RD_A** (dann als „**V_{ZRD}**“ bezeichnet) befinden. Im Falle von **RR_A** bzw. **RR_B** wird in ihnen insbesondere Rohprodukt **RP_A** bzw. **RP_B** verdampft, das der Kolonne als Seitenstrom **S_{ZAA}** bzw. **S_{ZBA}** entnommen wird.

- Als „Sumpfverdampfer“ V_S werden erfindungsgemäß Verdampfer bezeichnet, die den Sumpf der jeweiligen Kolonne, insbesondere den Sumpf der Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B bzw. der in der bevorzugten Ausführungsform verwendeten und weiter unten näher beschriebenen RR_C (dann als
- 5 „ V_{SA} “ oder „ $V_{SA'}$ “ bzw. „ V_{SB} “ oder „ $V_{SB'}$ “ bzw. „ V_{SC} “ oder „ $V_{SC'}$ “ bezeichnet) oder den Sumpf der Rektifikationskolonne RD_A (dann als „ V_{SRD} “ oder „ $V_{SRD'}$ “ bezeichnet) beheizen. Im Falle von RR_A bzw. RR_B wird in ihnen insbesondere mindestens ein Teil des Sumpfproduktstroms S_{AP} bzw. S_{BP} verdampft. Im Falle von RR_C wird in ihnen insbesondere Sumpfproduktstrom S_{CP} verdampft. Im Falle von RD_A wird in ihnen insbesondere ein Teil des Sumpfproduktstroms S_{UA} , S_{UA1} , verdampft.
- 10 Im Falle der Reaktionskolonnen RR_A bzw. RR_B kann der Massenanteil des jeweiligen Alkalimetallmethanolats M_AOCH_3 in S_{AP} bzw. M_BOCH_3 in S_{BP} eingestellt, insbesondere erhöht werden. Die Einstellung der gewünschten Konzentration an M_AOCH_3 in S_{AP} bzw. M_BOCH_3 in S_{BP} kann zusätzlich auch über die Steuerung des Rücklaufs an der jeweiligen Reaktionskolonnen RR_A bzw. RR_B erfolgen. Die Kombination der Steuerung über den jeweiligen Rücklauf an der
- 15 Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B und über den jeweiligen Sumpfverdampfer V_{SA} oder $V_{SA'}$ bzw. V_{SB} oder $V_{SB'}$ ist dabei besonders vorteilhaft, um die gewünschte Konzentration an M_AOCH_3 in S_{AP} bzw. M_BOCH_3 in S_{BP} einzustellen.
- In einer anderen bevorzugten Ausführungsform kann auch einfach Frischmethanol zu S_{AP} bzw. S_{BP}
- 20 gegeben werden, um die Konzentration von M_AOCH_3 in S_{AP} bzw. M_BOCH_3 in S_{BP} einzustellen, insbesondere um diese zu erniedrigen.
- In einer anderen bevorzugten Ausführungsform weist die Reaktionskolonne RR_A mindestens einen Sumpfverdampfer V_{SA} auf, über den der Sumpfproduktstrom S_{AP} dann teilweise geleitet wird und
- 25 Methanol aus diesem teilweise entfernt wird, wodurch der Massenanteil an M_AOR in S_{AP} erhöht wird.
- Der Massenanteil an M_AOCH_3 im Sumpfproduktstroms S_{AP} erhöht sich dabei während des Durchlaufens des Sumpfverdampfers V_{SA} insbesondere um mindestens 0.5 %, bevorzugt ≥ 1 %,
- 30 bevorzugt ≥ 2 %, noch bevorzugt ≥ 5 %. Alternativ erhöht sich der Massenanteil an M_AOCH_3 im Sumpfproduktstroms S_{AP} dabei während des Durchlaufens des Sumpfverdampfers V_{SA} insbesondere um 0.5 % bis 10 %, bevorzugt um 1 % bis 5 %, bevorzugt um 2 bis 4 %, noch bevorzugt um 2.5 bis 3.5 %.
- 35 Ein Verdampfer ist üblicherweise außerhalb der jeweiligen Reaktionskolonne oder Rektifikationskolonne angeordnet. Da in Verdampfern Energie, insbesondere Wärme, von einem Strom auf einen anderen übertragen wird, sind sie Wärmeüberträger WT . Über einen Abzug aus der Kolonne wird das zu verdampfende Gemisch abgezogen und dem mindestens einen Verdampfer zugeführt. Im Falle der Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B wird bei der

Zwischenverdampfung des Rohprodukts RP_A bzw. RP_B , dieses abgezogen und dem mindestens einen Zwischenverdampfer V_{ZA} bzw. V_{ZB} zugeführt.

- Im Falle der Rektifikationskolonne RD_A wird bei der Zwischenverdampfung mindestens ein
 5 Seitenstrom S_{ZA} aus RD_A entnommen („abgezogen“) und dem mindestens einen Zwischenverdampfer V_{ZRD} zugeführt.

- Im Falle der Rektifikationskolonne RD_A wird bei der Sumpfverdampfung mindestens ein Strom S_{UA} aus RD_A entnommen („abgezogen“) und mindestens ein Teil, bevorzugt ein Teil, dem mindestens
 10 einen Sumpfverdampfer V_{SRD} zugeführt.

- Über mindestens einen Zulauf wird das verdampfte Gemisch gegebenenfalls mit einem Restanteil Flüssigkeit wieder in die jeweilige Kolonne zurückgeführt. Wenn der Verdampfer ein
 Zwischenverdampfer ist, es sich also insbesondere um einen Zwischenverdampfer V_{ZA} bzw. V_{ZB}
 15 bzw. V_{ZRD} handelt, ist der Abzug, über den das jeweilige Gemisch abgezogen und dem Verdampfer zugeführt wird, ein Seitenabzug und der Zulauf, über den das verdampfte Gemisch der jeweiligen Kolonne wieder zugeführt wird, ein Seitenzulauf. Wenn der Verdampfer ein Sumpfverdampfer ist, also den Kolonnensumpf beheizt, es sich also insbesondere um einen Sumpfverdampfer V_{SA} bzw. V_{SB} bzw. V_{SRD} handelt, so wird zumindest ein Teil des Sumpfabzugsstroms, insbesondere S_{AP} bzw.
 20 S_{BP} , dem 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 Wärmeträger, z.B. dem jeweiligen verdichteten Brüdenstrom S_{OA11} bzw. S_{OA21} (wenn V_S bzw. V_Z sich an der Rektifikationskolonne RD_A befinden) bzw. einem
 25 Wärmemedium W_1 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, die als Zwischenverdampfer und Sumpfverdampfer eingesetzt werden
 30 können, sind zum Beispiel Naturumlaufverdampfer, Zwangsumlaufverdampfer, Zwangsumlaufverdampfer mit Entspannung, Kesselverdampfer, Fallfilmverdampfer oder Dünnschichtverdampfer. Als Wärmeübertrager für den Verdampfer wird bei Naturumlaufverdampfern und Zwangsumlaufverdampfern üblicherweise ein Rohrbündel oder Plattenapparat eingesetzt. Bei Einsatz eines Rohrbündelverdampfers oder Plattenverdampfers
 35 kann der Wärmeträger, z.B. der verdichtete Brüdenstrom S_{OA11} bzw. S_{OA21} in V_{SRD} bzw. V_{ZRD} an der Rektifikationskolonne RD_A bzw. das Wärmemedium W_1 entweder durch die Rohre bzw. Platten strömen und das zu verdampfende Gemisch die Rohre umströmen oder aber der Wärmeträger, z.B. der verdichtete Brüdenstrom S_{OA11} bzw. S_{OA21} in V_{SRD} bzw. V_{ZRD} an der Rektifikationskolonne RD_A bzw. das Wärmemedium W_1 umströmt die Rohre bzw. Platten und das zu verdampfende
 40 Gemisch durchströmt die Rohre bzw. Platten. Abbildung 16 A zeigt eine besondere

Ausführungsform eines Plattenpaketverdampfers, der im Rahmen des erfinderischen Verfahrens als geeigneter Verdampfer, insbesondere als Zwischenverdampfer und Sumpfverdampfer, eingesetzt werden kann.

- 5 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.

10

Neben den genannten kann aber auch jede beliebige andere, dem Fachmann bekannte Verdampferbauart, die sich zum Einsatz an einer Rektifikationskolonne eignet, eingesetzt werden.

- 15 Wenn der Verdampfer, der z.B. mit dem verdichteten Brüdenstrom S_{OA11} bzw. dem Wärmedium W_1 als Heizdampf betrieben wird, ein Zwischenverdampfer ist, ist es bevorzugt, wenn der Zwischenverdampfer im Abtriebsteil der Rektifikationskolonne RD_A im Bereich zwischen der Zulaufstelle des zu verdampfenden Brüdenstroms S_{AB} bzw. der Brüdenströme S_{AB} und S_{BB} und oberhalb des Kolonnensumpfes angeordnet ist und im Falle der Reaktionskolonnen RR_A bzw. RR_B unterhalb der Zulaufstelle des Eduktstroms S_{AE2} bzw. S_{BE2} und oberhalb des Kolonnensumpfes
- 20 angeordnet ist. Dadurch kann ein überwiegender Teil der Heizenergie durch den Zwischenverdampfer eingebracht werden. So ist es zum Beispiel möglich, über 80 % der Energie über den Zwischenverdampfer einzubringen. Erfindungsgemäß wird der Zwischenverdampfer vorzugsweise so angeordnet und/oder gestaltet, dass mit diesem mehr als 10 %, insbesondere mehr als 20 % der für die Destillation benötigten Gesamtenergie eingebracht werden.

25

- Bei Einsatz eines Zwischenverdampfers ist es insbesondere vorteilhaft, wenn der Zwischenverdampfer so angeordnet ist, dass die jeweilige Rektifikationskolonne bzw. Reaktionskolonne unterhalb des Zwischenverdampfers 1 bis 50 theoretische Stufen aufweist und oberhalb des Zwischenverdampfers 1 bis 200 theoretische Stufen. Insbesondere ist es bevorzugt,
- 30 wenn die Rektifikationskolonne bzw. Reaktionskolonne unterhalb des Zwischenverdampfers 2 bis 10 theoretische Stufen aufweist und oberhalb des Zwischenverdampfers 20 bis 80 theoretische Stufen.

- Der Seitenabzugsstrom, über den das Gemisch aus der Rektifikationskolonne bzw.
- 35 Reaktionskolonne dem Zwischenverdampfer V_Z zugeführt wird, und der Seitenzulauf, über den das verdampfte Gemisch aus dem Zwischenverdampfer V_Z wieder der jeweiligen Rektifikationskolonne bzw. Reaktionskolonne zugeführt wird, können zwischen den gleichen Böden der Kolonne positioniert sein. Es ist jedoch auch möglich, dass Seitenabzug und Seitenzulauf auf unterschiedlicher Höhe liegen.

40

In einem solchen Zwischenverdampfer V_{ZA} kann in der Reaktionskolonne RR_A befindliches, flüssiges Rohprodukt RP_A umfassend M_AOCH_3 , Wasser, Methanol, M_AOH mindestens teilweise, bevorzugt teilweise, in den gasförmigen Zustand überführt werden, und so die Effizienz der Umsetzung gemäß Schritt (a1) des erfindungsgemäßen Verfahrens verbessert werden.

5

In einem solchen Zwischenverdampfer V_{ZB} kann in der Reaktionskolonne RR_B befindliches, flüssiges Rohprodukt RP_B umfassend M_BOCH_3 , Wasser, Methanol, M_BOH mindestens teilweise, bevorzugt teilweise, in den gasförmigen Zustand überführt werden, und so die Effizienz der Umsetzung gemäß Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens verbessert werden.

10

Durch die Anordnung eines oder mehrerer Zwischenverdampfer V_{ZA} bzw. V_{ZB} im oberen Bereich der Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B können die Abmessungen im unteren Bereich der Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B verringert werden. Bei der Ausführungsform mit mindestens einem, bevorzugt mehreren Zwischenverdampfern V_{ZA} bzw. V_{ZB} ist es auch möglich, Teilströme des Methanols in flüssiger Form im oberen Bereich der Reaktionskolonne RR_A bzw. RR_B zuzuführen.

15

4.2 Schritt (a2) (optional)

4.2.1 Allgemeine Beschreibung des optionalen Schrittes (a2)

Schritt (a2) stellt eine optionale Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Erfindung dar. Dies bedeutet, dass der Schritt (a2) im erfindungsgemäßen Verfahren durchgeführt wird oder nicht.

Im optionalen Schritt (a2) wird, gleichzeitig mit und räumlich getrennt von Schritt (a1), ein Eduktstrom S_{BE1} umfassend Methanol mit einem Eduktstrom S_{BE2} umfassend M_BOH im Gegenstrom in einer Reaktivrektifikationskolonne RR_B zu einem Rohprodukt RP_B umfassend M_BOCH_3 , Wasser, Methanol, M_BOH umgesetzt.

25

In optionalen Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird am unteren Ende von RR_B ein Sumpfproduktstrom S_{BP} umfassend Methanol und M_BOCH_3 entnommen. Am oberen Ende von RR_B wird ein Brüdenstrom S_{BB} umfassend Wasser und Methanol entnommen.

30

M_B ist aus Natrium, Kalium, Lithium ausgewählt. M_B ist insbesondere aus Natrium, Kalium ausgewählt. Bevorzugt ist $M_B = \text{Kalium}$.

Der Eduktstrom S_{BE1} umfasst Methanol. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt der Massenanteil von Methanol in S_{BE1} bei ≥ 95 Gew.-%, noch bevorzugter bei ≥ 99 Gew.-%, wobei S_{BE1} ansonsten insbesondere Wasser aufweist.

35

Das im optionalen Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzte Methanol kann auch handelsübliches Methanol mit einem Methanolmassenanteil von mehr als 99.8 Gew.-% und einem Massenanteil an Wasser von bis zu 0.2 Gew.-% sein.

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

Der Eduktstrom S_{BE2} umfasst M_BOH . In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst S_{BE2} neben M_BOH mindestens eine weitere Verbindung ausgewählt aus Wasser, Methanol. Noch bevorzugter umfasst S_{BE2} neben M_BOH auch Wasser, dann handelt es sich bei S_{BE2} um eine wässrige Lösung von M_BOH .

Wenn der Eduktstrom S_{BE2} M_BOH und Wasser umfasst, liegt der Massenanteil von M_BOH , bezogen auf das Gesamtgewicht der wässrigen Lösung, welche S_{BE2} bildet, insbesondere im Bereich von 10 bis 75 Gew.-%, bevorzugt von 15 bis 54 Gew.-%, bevorzugter von 30 bis 53 Gew.-% und besonders bevorzugt von 40 bis 52 Gew.-%.

Wenn der Eduktstrom S_{BE2} M_BOH und Methanol umfasst, liegt der Massenanteil von M_BOH in Methanol, bezogen auf das Gesamtgewicht der Lösung, welche S_{BE2} bildet, insbesondere im Bereich von 10 bis 75 Gew.-%, bevorzugt von 15 bis 54 Gew.-%, bevorzugter von 30 bis 53 Gew.-%, und besonders bevorzugt von 40 bis 52 Gew.-%.

In dem besonderen Fall, in dem der Eduktstrom S_{BE2} neben M_BOH sowohl Wasser als auch Methanol umfasst, ist es besonders bevorzugt, dass der Massenanteil von M_BOH in Methanol und Wasser, bezogen auf das Gesamtgewicht der Lösung, welche S_{BE2} bildet, insbesondere im Bereich von 10 bis 75 Gew.-%, bevorzugt von 15 bis 54 Gew.-%, bevorzugter von 30 bis 53 Gew.-%, und besonders bevorzugt von 40 bis 52 Gew.-% liegt.

Der optionale Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in einer Reaktivrektifikationskolonne (oder „Reaktionskolonne“) RR_B durchgeführt. Bevorzugte Ausführungsformen der Reaktionskolonne RR_B sind im Abschnitt 4.1.1 beschrieben.

Die „Umsetzung eines Eduktstroms S_{BE1} umfassend Methanol mit einem Eduktstrom S_{BE2} umfassend M_BOH im Gegenstrom“ wird erfindungsgemäß insbesondere dadurch gewährleistet, dass die Zulaufstelle mindestens eines Teils des Eduktstroms S_{BE1} umfassend Methanol im optionalen Schritt (a2) an der Reaktionskolonne RR_B unterhalb der Zulaufstelle des Eduktstroms S_{BE2} umfassend M_BOH liegt.

Die Reaktionskolonne RR_B umfasst vorzugsweise mindestens 2, insbesondere 15 bis 40 theoretische Stufen zwischen der Zulaufstelle des Eduktstroms S_{BE1} und der Zulaufstelle des Eduktstroms S_{BE2} .

Die Reaktionskolonne **RR_B** kann als reine Abtriebskolonne betrieben werden. Dann wird im unteren Bereich der Reaktionskolonne **RR_B** der Eduktstrom **S_{BE1}** umfassend Methanol dampfförmig zugeführt.

5

Der optionale Schritt (a2) umfasst auch den Fall, dass ein Teil des Eduktstroms **S_{BE1}** umfassend Methanol zwar unterhalb der Zulaufstelle des Eduktstroms **S_{BE2}** umfassend M_BOH, aber dennoch am oberen Ende oder im Bereich des oberen Endes der Reaktionskolonne **RR_B** dampfförmig zugegeben wird. Dadurch können die Abmessungen im unteren Bereich der Reaktionskolonne

- 10 **RR_B** verringert werden. Wenn ein Teil des Eduktstroms **S_{BE1}** umfassend 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 in Schritt (a2) eingesetzten Methanols) am unteren Ende der Reaktionskolonne **RR_B** eingespeist und die restliche Teilmenge in einem
- 15 Einzelstrom oder auf mehrere Teilströme verteilt, bevorzugt 1 bis 10 theoretische Stufen, besonders bevorzugt 1 bis 3 theoretische Stufen unterhalb der Zulaufstelle des Eduktstroms **S_{BE2}** umfassend M_BOH dampfförmig zugegeben.

- In der Reaktionskolonne **RR_B** setzt sich dann der Eduktstrom **S_{BE1}** umfassend Methanol mit dem
- 20 Eduktstrom **S_{BE2}** umfassend M_BOH gemäß der vorstehend beschriebenen Reaktion <1> zu M_BOCH₃ und H₂O um, wobei, da es sich um eine Gleichgewichtsreaktion handelt, diese Produkte in Mischung mit den Edukten Methanol und M_BOH vorliegen. Demnach wird im optionalen Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Reaktionskolonne **RR_B** ein Rohprodukt **RP_B** erhalten, welches neben den Produkten M_BOCH₃ und Wasser auch noch Methanol und M_BOH
- 25 umfasst.

Am unteren Ende von **RR_B** erhält und entnimmt man dann den Sumpfproduktstrom **S_{BP}** umfassend Methanol und M_BOCH₃.

- 30 Am oberen Ende von **RR_B**, bevorzugt am Kolonnenkopf von **RR_B**, entnimmt man den Strom des noch Wasser enthaltenden Methanols, vorstehend als „Brüdenstrom **S_{BB}** umfassend Wasser und Methanol“ bezeichnet.

- Dieser Brüdenstrom **S_{BB}** umfassend Wasser und Methanol wird im Schritt (a3) mindestens
- 35 teilweise in eine Rektifikationskolonne **RD_A** geleitet und dort destillativ mindestens teilweise in einen Brüdenstrom **S_{OA}** umfassend Methanol, der am oberen Ende von **RD_A** entnommen wird, und mindestens einen Strom **S_{UA}** umfassend Wasser, der am unteren Ende von **RD_A** entnommen wird, aufgetrennt. Ein Teil des bei der Destillation in Schritt (a3) im Strom **S_{OA}** gewonnenen Methanols kann der Reaktionskolonne **RR_B** als Eduktstrom **S_{BE1}** zugeführt werden.

40

Dabei wird, im Schritt (a3) des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, mindestens ein Teil des Brüdenstroms S_{BB} , mit S_{AB} vermischt oder nicht (dann also getrennt von S_{AB}), in die Rektifikationskolonne RD_A geleitet. Bevorzugt werden im Schritt (a3) des erfindungsgemäßen Verfahrens, die Brüdenströme S_{BB} und S_{AB} vermischt und dann die Mischung

5 in die Rektifikationskolonne RD_A geleitet.

Die Menge des vom Eduktstrom S_{BE1} umfassten Methanols wird vorzugsweise so gewählt, dass dieser gleichzeitig als Lösungsmittel für das im Sumpfproduktstrom S_{BP} erhaltene Alkalimetallmethanolat M_BOCH_3 dient. Vorzugsweise wird die Menge des Methanols im Eduktstrom

10 S_{BE1} so gewählt, dass im Sumpf der Reaktionskolonne die gewünschte Konzentration der Alkalimetallmethanolat-Lösung vorliegt, die als Sumpfproduktstrom S_{BP} umfassend Methanol und M_BOCH_3 entnommen wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, und insbesondere in den Fällen, in denen S_{BE2} neben M_BOH auch Wasser umfasst, beträgt das Verhältnis des Gesamtgewichts (Massen; Einheit: kg) an im optionalen Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetztem Methanol zum Gesamtgewicht (Massen; Einheit: kg) an im optionalen Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE2} eingesetzten M_BOH 4 : 1 bis 50 : 1, bevorzugter 8 : 1 bis 48 : 1, noch bevorzugter 10 : 1 bis 45 : 1, noch mehr bevorzugter 20 : 1 bis 40 : 1, am bevorzugtesten 22 : 1.

20

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

In der Ausführungsform, in der an der Reaktionskolonne RR_B ein Rücklauf eingestellt wird, kann das im optionalen Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE2} eingesetzte M_BOH auch mindestens teilweise

25 mit dem Rücklaufstrom vermischt werden und die resultierende Mischung so dem optionalen Schritt (a2) zugeführt werden.

Der optionale Schritt (a2) wird insbesondere bei einer Temperatur im Bereich von 45 °C bis 150 °C, bevorzugt im Bereich von 47 °C bis 120 °C, bevorzugter im Bereich von 60 °C bis 110 °C, und bei

30 einem Druck im Bereich von 0.5 bar abs. bis 40 bar abs., bevorzugt im Bereich von 0.7 bar abs. bis 5 bar abs., bevorzugter im Bereich von 0.8 bar abs. bis 4 bar abs., bevorzugter im Bereich von 0.9 bar abs. bis 3.5 bar abs., noch bevorzugter im Bereich von 1.0 bar abs. bis 3 bar abs., am bevorzugtesten bei 1.25 bar abs. durchgeführt.

35 In Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird am unteren Ende der Reaktionskolonne RR_B ein Sumpfproduktstrom S_{BP} umfassend Methanol und M_BOCH_3 entnommen.

Bevorzugt weist S_{BP} einen Massenanteil von M_BOCH_3 in Methanol im Bereich von 1 bis 50 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 5 bis 35 Gew.-%, bevorzugter im Bereich von 15 bis 35

Gew.-%, am bevorzugtesten im Bereich von 20 bis 35 Gew.-% auf, jeweils bezogen auf die Gesamtmasse von S_{BP} .

- Der Massenanteil an Restwasser in S_{BP} liegt dabei bevorzugt bei < 1 Gew.-%, bevorzugt
5 < 0.8 Gew.-%, bevorzugter < 0.5 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse von S_{BP} .

Der Massenanteil an Edukt $M_B OH$ in S_{BP} liegt dabei bevorzugt bei < 1 Gew.-%, bevorzugt
< 0.8 Gew.-%, bevorzugter < 0.5 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmasse von S_{BP} .

10 4.2.2 Zwischenverdampfer, Sumpfordampfer

- Die Reaktionskolonne RR_B umfasst in einer bevorzugten Ausführungsform mindestens einen Verdampfer, der insbesondere aus Zwischenverdampfern V_{ZB} und Sumpfordampfern V_{SB} ausgewählt ist. Die Reaktionskolonne RR_B umfasst besonders bevorzugt mindestens einen
15 Sumpfordampfer V_{SB} , über den insbesondere der Sumpfproduktstrom S_{BP} dann teilweise geleitet wird und Methanol aus diesem teilweise entfernt wird, wodurch der Massenanteil an $M_B OR$ in S_{BP} erhöht wird.

- Der Massenanteil an $M_B OCH_3$ im Sumpfproduktstroms S_{BP} erhöht sich dabei während des
20 Durchlaufens des Sumpfordampfers V_{SB} insbesondere um mindestens 0.5 %, bevorzugt ≥ 1 %, bevorzugter ≥ 2 %, noch bevorzugter ≥ 5 %. Alternativ erhöht sich der Massenanteil an $M_B OCH_3$ im Sumpfproduktstroms S_{BP} dabei während des Durchlaufens des Sumpfordampfers V_{SB} insbesondere um 0.5 % bis 10 %, bevorzugt um 1 % bis 5 %, bevorzugter um 2 bis 4 %, noch bevorzugter um 2.5 bis 3.5 %.

25

4.2.3 Trennwandkolonnen (TRD)

- Der Schritt (a2) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, in denen er durchgeführt wird, gleichzeitig mit und räumlich getrennt von
30 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.

- 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
35 eine Trennwand unterteilt ist. Eine solche mindestens eine Trennwand aufweisende Kolonne wird 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, WO 2021/148174 A1, WO 2021/148175 A1 sowie von I. Dejanović, Lj. Matijašević, Ž. Olujić, *Chemical Engineering and Processing* **2010**, 49, 559-580.

CN 105218315 A beschreibt ebenfalls Trennwandkolonnen, die bei der Rektifikation von Methanol eingesetzt werden.

- In den für das erfindungsgemäße Verfahren in Frage kommenden Trennwandkolonnen sind die
- 5 Trennwände bevorzugt bis zum Boden durchgezogen und durchspannen insbesondere bevorzugt mindestens ein Viertel, bevorzugter mindestens ein Drittel, noch bevorzugter mindestens die Hälfte, noch bevorzugter mindesten 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
- 10 geschaffenen Reaktionsräume können gleich oder unterschiedlich groß sein.

- In dem jeweils von der Trennwand getrennten Bereichen können in dieser Ausführungsform die Sumpfproduktströme S_{AP} und S_{BP} getrennt entnommen werden und bevorzugt über den für jeden durch die mindestens eine Reaktionswand gebildeten Reaktionsraum angebrachten
- 15 Sumpfverdampfer V_{SA} bzw. V_{SB} geleitet werden, in dem Methanol aus S_{AP} bzw. S_{BP} mindestens teilweise entfernt werden kann.

- In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sind demnach mindestens zwei, noch bevorzugter genau zwei, der Kolonnen ausgewählt aus
- 20 Rektifikationskolonne RD_A , Reaktionskolonne RR_A und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, die Reaktionskolonne RR_B in einem Kolonnenmantel untergebracht, wobei die Kolonnen mindestens teilweise durch eine bis zum Boden der Kolonne durchgezogene Trennwand voneinander getrennt sind.

- 25 Im Verbund aus Reaktionskolonne RR_A (bzw. in den Ausführungsformen, in denen Schritt (a2) durchgeführt wird, Reaktionskolonne RR_A und Reaktionskolonne RR_B) mit Rektifikationskolonne RD_A im erfindungsgemäßen Verfahren wird die Rektifikationskolonne RD_A vorzugsweise bei einem Druck betrieben, der so gewählt wird, dass das Druckgefälle zwischen den Kolonnen gering ist.

- 30 Wie oben beschrieben, sind in einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung mindestens zwei der Kolonnen ausgewählt aus Rektifikationskolonne RD_A , Reaktionskolonne RR_A und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, die Reaktionskolonne RR_B in einem Kolonnenmantel untergebracht, wobei die Kolonnen mindestens teilweise jeweils durch eine bis zum Boden der Kolonne durchgezogene Trennwand voneinander getrennt sind. In der vorbeschriebenen bevorzugten Ausführungsform, in
- 35 der Schritt (a2) durchgeführt wird und das erfindungsgemäße Verfahren in einer TRD durchgeführt wird, werden die den Reaktionskolonnen RR_A und RR_B und der Rektifikationskolonne RD_A entsprechenden Reaktionsbereiche innerhalb des Kolonnenmantels durch zwei Trennwände voneinander getrennt, wobei die zwei Trennwände bis zum Boden der Kolonne durchgezogen sind.

In dieser bevorzugten Ausführungsform wird insbesondere in einem Teil der **TRD** die Reaktion zum Rohprodukt **RP_A** gemäß Schritt (a1) bzw. den Rohprodukten **RP_A** und **RP_B** gemäß Schritten (a1) und (a2) 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

5 Eduktstrom **S_{AE1}** und gegebenenfalls der Eduktstrom **S_{BE1}** dampfförmig am unteren Ende aufgegeben wird. Das oberhalb der Zulaufstelle des Eduktstroms entstehende Methanol/Wasser-Gemisch verteilt sich dann oberhalb der Trennwand über den gesamten Kolonnenbereich, der als Verstärkungsteil der Rektifikationskolonne **RD_A** dient. Der zweite bzw. dritte, durch die Trennwand abgetrennte untere Teil der Kolonne ist der Abtriebsteil der Rektifikationskolonne **RD_A**. Die für die

10 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 einem Teil des verdichteten Brüdenstroms **S_{OA2}** beheizt werden kann. Wenn der Verdampfer konventionell beheizt wird, so kann zusätzlich ein Zwischenverdampfer vorgesehen werden, der mit einem Teil des verdichteten Brüdenstroms **S_{OA11}**

15 beheizt wird.

4.2.4 Frischmethanol

Im erfindungsgemäßen Verfahren wird das Methanol verbraucht, und insbesondere bei kontinuierlicher Verfahrensführung muss dieses deshalb durch frisches Methanol ersetzt werden.

20

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

25 In der Ausführungsformen, in der ein Teil des bei der Destillation in Schritt (a3) im Strom **S_{OA}** gewonnenen Methanols der Reaktionskolonne **RR_A** als Eduktstrom **S_{AE1}** zugeführt wird und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) der Reaktionskolonne **RR_B** als Eduktstrom **S_{BE1}** zugeführt wird, ist es noch bevorzugter, wenn das frische Methanol der Rektifikationskolonne **RD_A** zugegeben wird. In den Ausführungsformen ♠, ♥, ♦ (in Abschnitt 4.10

30 erläutert) ist es ebenfalls bevorzugt, wenn das frische Methanol der Rektifikationskolonne **RD_A** zugegeben wird.

Wenn das frische Methanol der Rektifikationskolonne **RD_A** zugegeben wird, wird es bevorzugt entweder im Verstärkungsteil der Rektifikationskolonne **RD_A** oder direkt am Kopf der

35 Rektifikationskolonne **RD_A** zugeführt. Die optimale Zulaufstelle ist abhängig vom Wassergehalt des eingesetzten frischen Methanols und andererseits von dem gewünschten Restwassergehalt im Brüdenstrom **S_{OA}**. Je höher der Wasseranteil im eingesetzten Methanol und je höher die Reinheitsanforderung im Brüdenstrom **S_{OA}** ist, um so günstiger ist ein Zulauf einige theoretische Stufen unterhalb des Kopfes der Rektifikationskolonne **RD_A**. Bevorzugt sind bis zu 20 theoretische

Stufen und insbesondere 1 bis 5 theoretische Stufen unterhalb des Kopfes der Rektifikationskolonne RD_A .

- Wenn das frische Methanol der Rektifikationskolonne RD_A zugegeben wird, wird es bei
- 5 Temperaturen bis hin zum Siedepunkt, bevorzugt bei Raumtemperatur, am Kopf der Rektifikationskolonne RD_A zugegeben. Hierbei kann für das frische Methanol ein eigener Zulauf vorgesehen sein oder aber frisches Methanol nach der Kondensation und Rückführung eines Teils des am Kopf der Rektifikationskolonne RD_A entnommenen Methanols mit diesem gemischt und
- 10 gemeinsam in die Rektifikationskolonne RD_A zugeführt werden. In diesem Fall ist es besonders bevorzugt, wenn das frische Methanol in einen Kondensatbehälter, in dem das aus dem Brüdenstrom S_{OA} kondensierte Methanol gesammelt wird, zugegeben wird (näher in Abschnitt 4.9.5 erläutert).

4.3 Schritt (a3)

- 15 Im Schritt (a3) des Verfahrens gemäß der Erfindung wird mindestens ein Teil des Brüdenstroms S_{AB} , und, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, mindestens ein Teil des Brüdenstroms S_{BB} , vermischt mit S_{AB} oder getrennt von S_{AB} , in eine Rektifikationskolonne RD_A geleitet und in RD_A in mindestens einen Brüdenstrom S_{OA} umfassend Methanol, der am oberen Ende von RD_A
- 20 entnommen wird, und mindestens einen Strom S_{UA} umfassend Wasser, der am unteren Ende von RD_A entnommen wird, aufgetrennt.

- In den Ausführungsformen der Erfindung, in denen Schritt (a2) durchgeführt wird, ist es bevorzugt, wenn in Schritt (a3) der mindestens eine Teil des Brüdenstroms S_{AB} , und der mindestens eine Teil
- 25 des Brüdenstroms S_{BB} vermischt werden und dann in eine Rektifikationskolonne RD_A geleitet werden. S_{AB} und S_{BB} können alternativ aber auch an zwei verschiedenen Zulaufstellen in die Rektifikationskolonne RD_A geleitet werden.

- In Schritt (a3) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mindestens ein Teil des Brüdenstroms S_{AB} ,
- 30 und, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, mindestens ein Teil des Brüdenstroms S_{BB} , vermischt mit S_{AB} oder getrennt von S_{AB} , in eine Rektifikationskolonne RD_A geleitet und in RD_A in mindestens einen Brüdenstrom S_{OA} umfassend Methanol, der am oberen Ende von RD_A entnommen wird, und mindestens einen Strom S_{UA} umfassend Wasser, der am unteren Ende von RD_A entnommen wird, aufgetrennt.

- 35 „Mindestens ein Brüdenstrom S_{OA} umfassend Methanol, der am oberen Ende von RD_A entnommen wird“ bedeutet, dass der Brüden, der am oberen Ende von RD_A erhalten wird, dort als ein oder mehrere Brüdenströme entnommen werden kann. Falls er dort in mehr als einem Brüdenstrom entnommen wird, werden die m Brüdenströme als „Brüdenstrom S_{OAi} “, „Brüdenstrom S_{OAII} “, [...],

„Brüdenstrom S_{OA_m} “ bezeichnet, wobei „m“ die Anzahl der am oberen Ende von RD_A entnommenen Brüdenströme (in römischen Zahlen) angibt.

„Mindestens einen Strom S_{UA} umfassend Wasser, der am unteren Ende von RD_A entnommen wird“

- 5 bedeutet, dass Wasser, das am unteren Ende von RD_A erhalten wird, dort als ein oder mehrere Ströme entnommen werden kann. Falls es dort in mehr als einem Strom entnommen wird, werden die n Ströme als „Strom S_{UA_I} “, „Strom $S_{UA_{II}}$ “, [...], „Strom S_{UA_n} “ bezeichnet, wobei „n“ die Anzahl der am unteren Ende von RD_A entnommenen Ströme (in römischen Zahlen) angibt.
- 10 Der mindestens eine Teil des Brüdenstroms S_{AB} , und, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, der mindestens eine Teil des Brüdenstrom S_{BB} kann bzw. können dabei über eine oder mehrere Zulaufstellen in die Rektifikationskolonne RD_A geleitet werden. Über mehrere Zulaufstellen werden sie beispielsweise in den Ausführungsformen geleitet, in denen im Verfahren gemäß dem bevorzugten Aspekt der Erfindung Schritt (a2) durchgeführt wird und in Schritt (a3) mindestens ein
- 15 Teil des Brüdenstroms S_{BB} getrennt von S_{AB} eingesetzt wird. In dieser Ausführungsform werden der mindestens eine Teil des Brüdenstroms S_{AB} und der mindestens eine Teil des Brüdenstroms S_{BB} demnach als zwei voneinander getrennte Ströme in die Rektifikationskolonne RD_A geleitet.

In den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, in denen der mindestens eine Teil des

- 20 Brüdenstroms S_{AB} , und, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, der mindestens eine Teil des Brüdenstrom S_{BB} als zwei oder mehrere voneinander getrennte Ströme in die Rektifikationskolonne RD_A geleitet wird bzw. werden, ist es vorteilhaft, wenn die Zulaufstellen der einzelnen Ströme im Wesentlichen auf der gleichen Höhe an der Rektifikationskolonne RD_A liegen.

- 25 In einer bevorzugten Ausführungsform des Schritts (a3) des erfindungsgemäßen Verfahrens werden der mindestens eine Teil des Brüdenstroms S_{AB} , und, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, der mindestens eine Teil des Brüdenstrom S_{BB} in der Rektifikationskolonne RD_A in einen Brüdenstrom S_{OA} umfassend Methanol, der am oberen Ende von RD_A entnommen wird, und einen Strom S_{UA} umfassend Wasser, der am unteren Ende von RD_A entnommen wird, aufgetrennt.

30

Eine andere Bezeichnung für „oberes Ende“ einer Rektifikationskolonne ist „Kopf“.

Eine andere Bezeichnung für „unteres Ende“ einer Rektifikationskolonne ist „Sumpf“ oder „Fuß“.

Der Druck, den der mindestens eine Brüdenstrom S_{OA} aufweist, wird mit „ p_{OA} “, seine Temperatur mit

- 35 „ T_{OA} “ bezeichnet. Dies bezieht sich insbesondere auf Druck und Temperatur des mindestens einen Brüdenstroms S_{OA} , wenn er in Schritt (a3) der Rektifikationskolonne RD_A entnommen wird.

Der Druck p_{OA} liegt insbesondere im Bereich von 0.5 bar abs. bis 8 bar abs., bevorzugter im Bereich von 0.6 bar abs. bis 7 bar abs., bevorzugter im Bereich von 0.7 bar abs. bis 6 bar abs., noch

- 40 bevorzugter im Bereich von 1 bar abs. bis 5 bar abs., noch bevorzugter im Bereich von 1 bar abs.

bis 4 bar abs., noch bevorzugter im Bereich von 1.0 bis 2.0 bar abs., und ist am bevorzugtesten 1.1 bar abs.

- Die Temperatur T_{OA} liegt insbesondere im Bereich von 45 °C bis 150 °C, bevorzugter im Bereich von 48 °C bis 140 °C, bevorzugter im Bereich von 50 °C bis 130 °C, noch bevorzugter im Bereich von 60 °C bis 120 °C, noch bevorzugter im Bereich von 60 °C bis 110 °C, noch bevorzugter im Bereich von 65 °C bis 80 °C, am bevorzugtesten bei 67 °C.

- Als Rektifikationskolonne RD_A in Schritt (a3) des Verfahrens kann jede beliebige, dem Fachmann bekannte Rektifikationskolonne 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 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 kleineren Druckverlust pro theoretischer Trennstufe als Böden. Dies hat den Vorteil, dass der Druckverlust in der Rektifikationskolonne RD_A möglichst gering bleibt und somit die mechanische Leistung des Verdichters und die Temperatur des zu verdampfenden Methanol/Wasser-Gemischs gering bleibt.

- 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 Packungen vorgesehen:

- 1) Bevorzugt ist dann
- wenn Schritt (a2) nicht ausgeführt wird: eine Packung oberhalb der Zulaufstelle von S_{AB} ;
 - wenn Schritt (a2) ausgeführt wird und S_{AB} und S_{BB} vermischt werden und dann in RD_A geleitet werden: eine Packung oberhalb der Zulaufstelle der Mischung von S_{AB} und S_{BB} ;
 - wenn Schritt (a2) ausgeführt wird und S_{AB} und S_{BB} getrennt in RD_A geleitet werden: eine Packung oberhalb der Zulaufstellen von S_{AB} und S_{BB} .
- 2) Bevorzugt ist dann außerdem:
- wenn Schritt (a2) nicht ausgeführt wird: eine Packung unterhalb der Zulaufstelle von S_{AB} ;
 - wenn Schritt (a2) ausgeführt wird und S_{AB} und S_{BB} vermischt werden und dann in RD_A geleitet werden: eine Packung unterhalb der Zulaufstelle der Mischung von S_{AB} und S_{BB} ;

- wenn Schritt (a2) ausgeführt wird und S_{AB} und S_{BB} getrennt in RD_A geleitet werden: eine Packung unterhalb den Zulaufstellen von S_{AB} und S_{BB} .

Es kann auch eine Packung oberhalb der Zulaufstelle von S_{AB} bzw. S_{AB} und S_{BB} und mehrere
5 Böden unterhalb der Zulaufstelle von S_{AB} bzw. S_{AB} und S_{BB} vorgesehen sein. Wenn eine unstrukturierte Packung eingesetzt wird, beispielsweise eine Füllkörperpackung, so liegen die Füllkörper üblicherweise auf einem geeigneten Tragrost (z.B. Siebboden oder Gitterboden) auf.

Es ist in der jeweiligen Ausführungsform bevorzugt, dass die Zulaufstelle von S_{AB} bzw. S_{AB} und
10 S_{BB} in der unteren Hälfte der Kolonne RD_A ist, das heißt S_{AB} bzw. S_{AB} und S_{BB} in die untere Hälfte, bevorzugt dem unteren Drittel, bevorzugter dem unteren Viertel der Kolonne RD_A geleitet werden.

Im Schritt (a3) des Verfahrens gemäß der Erfindung wird dann der mindestens eine Brüdenstrom
 S_{OA} umfassend Methanol am oberen Ende der Rektifikationskolonne RD_A entnommen. Der
15 bevorzugte Massenanteil von Methanol in diesem Brüdenstrom S_{OA} ist ≥ 99 Gew.-%, bevorzugter ≥ 99.6 Gew.-%, noch bevorzugter ≥ 99.9 Gew.-%, wobei der Rest insbesondere Wasser ist.

Am unteren Ende von RD_A wird mindestens ein Strom S_{UA} umfassend Wasser entnommen, der
bevorzugt < 1 Gew.-%, bevorzugter ≤ 5000 Gew.-ppm, noch bevorzugter ≤ 2000 Gew.-ppm
20 Methanol aufweisen kann.

Die Entnahme des mindestens einen Brüdenstroms S_{OA} umfassend Methanol am Kopf der
Rektifikationskolonne RD_A bedeutet im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere, dass
der mindestens eine Brüdenstrom S_{OA} als Kopfstrom oder als Seitenabzug oberhalb der Einbauten
25 in der Rektifikationskolonne RD_A entnommen wird.

Die Entnahme des mindestens einen Stroms S_{UA} umfassend Wasser am Sumpf der
Rektifikationskolonne RD_A bedeutet im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere, dass
der mindestens ein Strom S_{UA} als Sumpfstrom oder am unteren Boden der Rektifikationskolonne
30 RD_A entnommen wird.

Die Rektifikationskolonne RD_A wird mit oder ohne, vorzugsweise mit Rücklauf betrieben.

„Mit Rücklauf“ bedeutet, dass der am oberen Ende der Rektifikationskolonne RD_A entnommene
35 Brüdenstrom S_{OA} nicht vollständig abgeführt wird, sondern teilweise kondensiert und wieder der jeweiligen Rektifikationskolonne RD_A zugeführt wird. In den Fällen, in denen ein solcher Rücklauf eingestellt wird, beträgt das Rücklaufverhältnis dabei bevorzugt 0.0001 bis 10, bevorzugter 0.1 bis 5, noch bevorzugter 0.5 bis 2, noch bevorzugter 0.7 bis 1, noch bevorzugter 0.76.

Ein Rücklauf kann dadurch eingestellt werden, dass am Kopf der Rektifikationskolonne RD_A ein Kondensator K_{RD} angebracht wird. In dem Kondensator K_{RD} wird der Brüdenstrom S_{OA} teilweise kondensiert und der Rektifikationskolonne RD_A wieder zugeführt.

4.4 Schritt (b)

5

Im Schritt (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mindestens ein Teil des mindestens einen Brüdenstroms S_{OA} („mindestens ein Teil des mindestens einen Brüdenstroms S_{OA} “ = „mindestens ein Teil von S_{OA} “) verdichtet. Dieser in Schritt (b) verdichtete Teil des mindestens einen Brüdenstroms S_{OA} wird mit „ S_{OA*} “ bezeichnet. Dadurch wird ein gegenüber S_{OA} verdichteter

10 Brüdenstrom S_{OA1} erhalten.

Der Druck, den der Brüdenstrom S_{OA1} aufweist, wird mit „ p_{OA1} “, seine Temperatur mit „ T_{OA1} “ bezeichnet.

15 Der Druck p_{OA1} ist höher als p_{OA} . Der genaue Wert von p_{OA1} kann in Abhängigkeit der Anforderungen in Schritt (d) vom Fachmann eingestellt werden, solange die Bedingung $p_{OA1} > p_{OA}$ erfüllt ist. Der Quotient aus p_{OA1}/p_{OA} (Drücke jeweils in bar abs.) liegt bevorzugt im Bereich von 1.1 bis 10, bevorzugter 1.2 bis 8, bevorzugter 1.25 bis 7, am bevorzugtesten 1.3 bis 6.20 Die Temperatur T_{OA1} ist insbesondere höher als die Temperatur T_{OA} , und der Quotient aus T_{OA1}/T_{OA} (Temperatur jeweils in °C) liegt bevorzugt im Bereich von 1.03 bis 10, bevorzugter 1.04 bis 9, bevorzugter 1.05 bis 8, bevorzugter 1.06 bis 7, bevorzugter 1.07 bis 6, am bevorzugtesten 1.08 bis 5.25 Die bevorzugten Werte von p_{OA1} und T_{OA1} gelten auch bevorzugt für S_{OA11} und S_{OA12} .

Das Verdichten des mindestens einen Teils S_{OA*} des Brüdenstroms S_{OA} in Schritt (b) kann auf jede beliebige, dem Fachmann bekannte Art erfolgen. So kann die Verdichtung zum Beispiel mechanisch und einstufig oder mehrstufig, bevorzugt mehrstufig, durchgeführt werden. Bei einer

30 mehrstufigen Verdichtung können mehrere Verdichter gleicher Bauart oder Verdichter unterschiedlicher Bauart eingesetzt werden. Eine mehrstufige Verdichtung kann mit einer oder mehreren Verdichtermaschinen erfolgen. Der Einsatz einer einstufigen Verdichtung oder einer mehrstufigen Verdichtung ist abhängig vom Verdichtungsverhältnis und somit davon, auf welchen Druck der mindestens eine Teils S_{OA*} des Brüdenstroms S_{OA} verdichtet werden soll.

35

Als Verdichter im erfindungsgemäßen Verfahren, insbesondere zum Verdichten des mindestens einen Teils S_{OA*} des Brüdenstroms S_{OA} zu S_{OA1} in Schritt (b) oder von S_{OA12} zu S_{OA2} in Schritt (e), eignet sich jeder beliebige, dem Fachmann bekannte Verdichter, bevorzugt mechanische Verdichter, mit dem sich Gasströme verdichten lassen. Geeignete Verdichter sind zum Beispiel

ein- oder mehrstufige Turbinen, Kolbenverdichter, Schraubenverdichter, Zentrifugalverdichter oder Axialverdichter.

- Bei einer mehrstufigen Verdichtung werden für die jeweils zu überwindenden Druckstufen
 5 geeignete Verdichter eingesetzt.

- In einer besonderen Ausführungsform des Schrittes (b) wird der Strom S_{OA} , nachdem er am Kopf der Rektifikationskolonne RD_A erhalten wurde und gegebenenfalls der Rücklauf auf die Rektifikationskolonne RD_A von S_{OA} abgetrennt wurde, mit einem ersten Verdichter VD_{AB2}
 10 vorverdichtet, und danach mindestens ein Teil $S_{OA\clubsuit}$ des so vorverdichteten Stroms S_{OA} dem Schritt (b) zugeführt und, insbesondere mit dem Verdichter VD_1 , zu S_{OA1} verdichtet.

- Wenn dabei auch die Ausführungsform $\clubsuit$ durchgeführt wird, wird bevorzugt ein von $S_{OA\clubsuit}$ verschiedener Teil $S_{OA\clubsuit}$ vom so vorverdichteten Stroms S_{OA} abgetrennt und noch bevorzugter mit
 15 mindestens einem weiteren Verdichter $VD_\clubsuit$ verdichtet.

- Alternativ oder zusätzlich kann in dieser bevorzugten Ausführungsform des Schrittes (b) auch, anstatt des Verdichters VD_{AB2} , der der Rektifikationskolonne RD_A nachgeschaltet ist und in dem S_{OA} vorverdichtet wird, ein der Rektifikationskolonne RD_A vorgeschalteter Verdichter VD_{AB1}
 20 eingesetzt werden, mit welchem S_{AB} , S_{BB} , bzw. der Mischung aus S_{AB} und S_{BB} , bevor der jeweilige Strom in RD_A geleitet wird, verdichtet wird.

- Wenn der Brüdenstrom S_{OA} mehreren Verdichtungsstufen unterworfen wird, wird erfindungsgemäß aus S_{OA} der Strom S_{OA1} erst in der letzten Verdichterstufe, nach der die Aufteilung von S_{OA1} in den
 25 Strom S_{OA11} , der im erfindungsgemäßen Schritt (d) eingesetzt wird und in den Strom S_{OA12} , der in Schritt (e) weiter zu S_{OA2} verdichtet wird. Diese Verdichtung, welche S_{OA} in S_{OA1} verdichtet, wird in den Abbildungen und Beispielen mit dem Verdichter VD_1 (in den Abbildungen mit <401> bezeichnet) durchgeführt.

4.5 Schritt (c)

- 30 In Schritt (c) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mindestens ein Seitenstrom S_{ZA} aus RD_A entnommen und wieder in RD_A rückgeführt.

- In einer bevorzugten Ausführungsform des Schritts (c) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein
 35 Seitenstrom S_{ZA} aus RD_A entnommen und wieder in RD_A rückgeführt.

„Seitenstrom S_{ZA} aus RD_A “ bedeutet erfindungsgemäß, dass der Strom an einer Entnahmestelle E_{ZA} unterhalb des Kopfes und oberhalb des Sumpfes von RD_A entnommen wird und insbesondere zusätzlich an einer Zulaufstelle Z_{ZA} (das ist die Stelle, an der der jeweilige Seitenstrom S_{ZA} wieder

in die Rektifikationskolonne RD_A rückgeführt wird) unterhalb des Kopfes und oberhalb des Sumpfes von RD_A wieder in RD_A rückgeführt wird.

Dies bedeutet insbesondere, dass die Entnahmestelle E_{ZA} , und bevorzugt auch die Zulaufstelle Z_{ZA} des jeweiligen Seitenstroms S_{ZA} an der Rektifikationskolonne RD_A unterhalb der Entnahmestellen E_{OA} aller aus RD_A entnommenen Brüdenströme S_{OA} liegt, bevorzugt mindestens 1, noch bevorzugt mindestens 5, noch bevorzugt mindestens 10 theoretische Stufen unterhalb der Entnahmestelle E_{OA} jenes aus RD_A entnommenen Brüdenstroms S_{OA} , dessen Entnahmestelle E_{OA} am weitesten unten an der Rektifikationskolonne RD_A liegt, liegt.

10

Dies bedeutet insbesondere außerdem, dass die Entnahmestelle E_{ZA} , und bevorzugt auch die Zulaufstelle Z_{ZA} des jeweiligen Seitenstroms S_{ZA} an der Rektifikationskolonne RD_A oberhalb der Entnahmestellen E_{UA} aller aus RD_A entnommenen Ströme S_{UA} liegt, bevorzugt mindestens 1, noch bevorzugt mindestens 2, noch bevorzugt mindestens 4 theoretische Stufen oberhalb der Entnahmestelle E_{UA} des Stroms S_{UA} , dessen Entnahmestelle E_{UA} am weitesten oben an der Rektifikationskolonne RD_A liegt, liegt.

In den Fällen, in denen mindestens ein Brüdenstrom S_{OA} mindestens teilweise wieder in die Rektifikationskolonne RD_A rückgeführt wird (was der Fall ist, wenn beispielsweise ein Rücklauf an der Rektifikationskolonne RD_A eingestellt wird), liegt insbesondere außerdem die Zulaufstelle Z_{OA} (das ist die Stelle, an der der mindestens eine Brüdenstrom S_{OA} mindestens teilweise wieder in die Rektifikationskolonne RD_A rückgeführt wird) des mindestens einen Brüdenstroms S_{OA} oberhalb der Entnahmestellen E_{ZA} und insbesondere auch oberhalb der Zulaufstellen Z_{ZA} aller aus RD_A entnommenen Seitenströme S_{ZA} , bevorzugt mindestens 1, noch bevorzugt mindestens 5, noch bevorzugt mindestens 10 theoretische Stufen oberhalb der höchsten Stelle aller Entnahme- und Zulaufstellen aller aus RD_A entnommenen Seitenströme S_{ZA} .

In den Fällen, in denen mindestens ein Strom S_{UA} mindestens teilweise wieder in die Rektifikationskolonne RD_A rückgeführt wird, liegt insbesondere außerdem die Zulaufstelle Z_{UA} (das ist die Stelle, an der der mindestens eine Strom S_{UA} mindestens teilweise wieder in die Rektifikationskolonne RD_A rückgeführt wird) des mindestens einen Stroms S_{UA} unterhalb der Entnahmestellen E_{ZA} und insbesondere auch unterhalb der Zulaufstellen Z_{ZA} aller aus RD_A entnommenen Seitenströme S_{ZA} , bevorzugt mindestens 1, noch bevorzugt mindestens 2, noch bevorzugt mindestens 4 theoretische Stufen unterhalb der niedrigsten Stelle aller Entnahme- und Zulaufstellen aller aus RD_A entnommenen Seitenströme S_{ZA} .

Die Entnahmestelle E_{ZA} des Seitenstroms S_{ZA} und die Zulaufstelle Z_{ZA} des Seitenstroms S_{ZA} an der Rektifikationskolonne RD_A können zwischen den gleichen Böden von RD_A positioniert sein. Es ist jedoch auch möglich, dass sie auf unterschiedlicher Höhe liegen.

40

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Erfindung liegt die Entnahmestelle E_{ZA} und bevorzugt auch die Zulaufstelle Z_{ZA} des mindestens einen Seitenstroms S_{ZA} an der Rektifikationskolonne RD_A unterhalb der Zulaufstelle Z_{SAB} , und oberhalb des Sumpfes von RD_A . Noch bevorzugter liegen die Entnahmestelle E_{ZA} und bevorzugt auch die Zulaufstelle Z_{ZA} des mindestens einen Seitenstroms S_{ZA} an der Rektifikationskolonne RD_A auch unterhalb des Verstärkerteils von RD_A .

Die Zulaufstelle Z_{SAB} bezeichnet die unterste Zulaufstelle aller Zulaufstellen von S_{AB} in RD_A , aller Zulaufstellen von S_{BB} in RD_A , und aller Zulaufstellen der Mischung aus S_{AB} und S_{BB} in RD_A .

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Erfindung liegt die Entnahmestelle E_{ZA} und bevorzugter auch die Zulaufstelle Z_{ZA} des mindestens einen Seitenstroms S_{ZA} an der Rektifikationskolonne RD_A im oberen 4/5, bevorzugt oberen 3/4, bevorzugt oberen 7/10, bevorzugter oberen 2/3, bevorzugter oberen 1/2 des Bereichs an der Rektifikationskolonne RD_A , der unterhalb der Zulaufstelle Z_{SAB} liegt, und oberhalb der obersten aller Entnahme- und Zulaufstellen aller aus RD_A entnommenen Ströme S_{UA} liegt.

Noch bevorzugter liegen die Entnahmestelle E_{ZA} und bevorzugt auch die Zulaufstelle Z_{ZA} des mindestens einen Seitenstroms S_{ZA} an der Rektifikationskolonne RD_A dann auch unterhalb des Verstärkerteils von RD_A .

In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Erfindung enthält die Rektifikationskolonne RD_A einen Verstärkerteil, und es liegt die Entnahmestelle E_{ZA} und bevorzugter auch die Zulaufstelle Z_{ZA} des mindestens einen Seitenstroms S_{ZA} an der Rektifikationskolonne RD_A im oberen 4/5, bevorzugt oberen 3/4, bevorzugt oberen 7/10, bevorzugter oberen 2/3, bevorzugter oberen 1/2 des Bereichs an der Rektifikationskolonne RD_A , der unterhalb des Verstärkerteils und oberhalb der obersten aller Entnahme- und Zulaufstellen aller aus RD_A entnommenen Ströme S_{UA} liegt.

4.6 Schritt (d)

Im Schritt (d) des Verfahrens gemäß der Erfindung wird Energie von einem ersten Teil S_{OA11} des verdichteten Brüdenstroms S_{OA1} auf S_{ZA} übertragen, bevor S_{ZA} in RD_A rückgeführt wird.

S_{OA1} wird insbesondere in Schritt (d) zunächst in mindestens zwei Teile S_{OA11} und S_{OA12} aufgeteilt. Das Verhältnis der Massenströme (in kg/h) von S_{OA11} zu S_{OA12} liegt bevorzugt im Bereich von 1 : 99 bis 99 : 1, bevorzugter im Bereich von 1 : 50 bis 50 : 1, noch bevorzugter im Bereich von 1 : 20 bis 30 : 1, noch bevorzugter im Bereich von 5 : 20 bis 15 : 1.

Im Schritt (d) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird Energie vom ersten Teil S_{OA11} auf S_{ZA} übertragen. Durch den Schritt (d) sinkt die Energie von S_{OA11} , so dass insbesondere der Strom S_{OA11} mindestens teilweise kondensiert.

- 5 „Übertragung von Energie“ bedeutet erfindungsgemäß insbesondere „Beheizung“, also Übertragung von Energie in Form von Wärme.

10 „Übertragung von Energie von einem ersten Teil S_{OA11} des verdichteten Brüdenstroms S_{OA1} auf S_{ZA} “ umfasst auch die Fälle, in denen weitere, von S_{OA11} und S_{OA12} verschiedene Teile von S_{OA1} abgetrennt werden. Dies ist beispielsweise in jenen Ausführungsformen der Erfindung der Fall, in denen ein von S_{OA11} und von S_{OA12} verschiedener Teil des Brüdenstroms S_{OA1} , (bezeichnet als „ S_{OA1v} “), von S_{OA1} abgetrennt wird und S_{OA1v} dann in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird.

15 Die Übertragung von Energie von S_{OA11} auf S_{ZA} , bevorzugt die Beheizung von S_{ZA} durch S_{OA11} erfolgt bevorzugt direkt oder indirekt.

20 „Direkt“ bedeutet, dass S_{OA11} mit S_{ZA} kontaktiert wird, ohne dass die beiden Ströme sich mischen, so dass Energie, insbesondere Wärme, von S_{OA11} auf S_{ZA} übergeht.

Dies kann durchgeführt werden, in dem S_{OA11} und S_{ZA} durch einen Zwischenverdampfer V_{ZRD} an der Rektifikationskolonne RD_A geleitet werden und S_{OA11} den S_{ZA} beheizt.

25 Als Wärmeüberträger (anderer Begriff für „Wärmeüberträger“ = „Wärmetauscher“), insbesondere als die nachfolgend genannten Wärmeüberträger WT_X , WT_Y , WT_Z , können die dem Fachmann geläufigen Wärmeüberträger, insbesondere Verdampfer, eingesetzt werden. In Schritt (d) des Verfahrens gemäß der Erfindung erfolgt insbesondere die Übertragung der Energie, bevorzugter Wärme, von S_{OA11} auf S_{ZA} in einem Zwischenverdampfer V_{ZRD} .

30 „Indirekt“ bedeutet insbesondere, dass S_{OA11} mit einem Wärmeträger W_1 , bevorzugt über mindestens einen Wärmeüberträger WT_X , kontaktiert wird, wobei es sich bei dem Wärmeträger nicht um S_{ZA} handelt, W_1 also von S_{ZA} verschieden ist, so dass Energie, bevorzugt Wärme, von S_{OA11} auf W_1 übergeht, ohne dass die beiden Ströme sich mischen, und die Wärme dann von W_1 auf S_{ZA} übergeht, in dem W_1 S_{ZA} kontaktiert, wobei sich S_{ZA} und W_1 mischen oder nicht mischen, bevorzugt aber nicht mischen. Wenn sich W_1 und S_{ZA} dabei nicht mischen, erfolgt die Übertragung der Energie, bevorzugt Wärme, insbesondere in einem weiteren Wärmeüberträger WT_Y .

40 In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann bei indirekter Energieübertragung von S_{OA11} auf S_{ZA} , insbesondere Beheizung von S_{ZA} durch S_{OA11} , auch

zunächst Energie, bevorzugt Wärme von S_{OA11} auf W_1 , bevorzugt durch Kontaktierung über mindestens einen Wärmetauscher WT_x übertragen werden, und dann von W_1 auf einen weiteren, von S_{ZA} verschiedenen Wärmeträger W_2 , bevorzugt durch Kontaktierung über mindestens einen Wärmetauscher WT_y , übertragen werden. Im letzten Schritt erfolgt dann Übertragung der Wärme von W_2 auf S_{ZA} , wobei sich S_{ZA} und W_2 mischen oder nicht mischen, bevorzugt aber nicht mischen. Wenn sich W_2 und S_{ZA} dabei nicht mischen, erfolgt die Übertragung der Energie, bevorzugt Wärme, insbesondere in einem weiteren Wärmeüberträger WT_z .

Es versteht sich von selbst, dass sich in weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dementsprechend noch weitere Wärmeträger W_3 , W_4 , W_5 etc. nutzen lassen.

Als Wärmeträger W_1 bzw. daneben weiter genutzte Wärmeträger W_2 , W_3 , W_4 , W_5 kann jeder dem Fachmann bekannte Wärmeträger genutzt werden, bevorzugt sind sie ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Luft; Wasser; Alkohol-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 ist als Wärmeträger W_1 Wasser oder Luft, noch bevorzugter Wasser.

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

Im Anschluss an Schritt (d) kann S_{OA11} dann wieder der Rektifikationskolonne RD_A , gegebenenfalls zusammen mit Frischmethanol und/oder mit dem Rücklauf der Rektifikationskolonne RD_A , eingespeist werden. In einer bevorzugten Ausführungsform wird von S_{OA11} , insbesondere nach der Übertragung der Energie auf S_{ZA} , weiter Energie übertragen.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Erfindung, wird Energie, bevorzugt Wärme, von S_{OA11} , nachdem S_{OA11} Energie auf S_{ZA} gemäß Schritt (d) übertragen hat, auf S_{OA} übertragen, insbesondere auf den Teil von S_{OA} übertragen, der einer Verdichtung, bevorzugt der Verdichtung in Schritt (b), zugeführt wird, wobei es sich, wenn die Verdichtung in Schritt (b) in mehreren Stufen durchgeführt wird, um die Vorverdichtung von S_{OA} oder die letzte Verdichtung von S_{OA} zu S_{OA1} handeln kann. Bevorzugt handelt es sich dabei um die erste Verdichtung, der der Strom S_{OA} , nachdem der die Kolonne RD_A verlassen hat, unterworfen wird. Dies ermöglicht es, einen Teil der noch von S_{OA11} gespeicherten Restenergie bzw. Restwärme im Prozess einzusetzen, in diesem Fall zur Erwärmung von zu verdichtendem S_{OA} . Zusätzlich werden eventuell in S_{OA} vorhandene Tröpfchen verdampft und so Tropfeneintrag in den Verdichter verhindert, was dessen Lebensdauer erhöht.

Andere, bevorzugte zusätzliche Senken für die Energie, bevorzugt Wärme in S_{OA11} , sind weiter unten beschrieben.

- Der Schritt (d) des erfindungsgemäßen Verfahrens spiegelt einen Aspekt des unerwarteten Effekts der vorliegenden Erfindung wider. Dabei dissipiert die bei der Verdichtung des Brüdenstrom S_{OA} zum verdichteten Brüdenstrom S_{OA1} erhaltene überschüssige Energie nicht ungenutzt, sondern wird in der Rektifikation eingesetzt. Dies erfolgt dergestalt, dass zuerst die Verdichtung von S_{OA} zu S_{OA1} erfolgt, womit eine Einstellung auf den Wert, der für eine Energieübertragung von S_{OA11} auf S_{ZA} optimal ist, ermöglicht wird, und dann ein von S_{OA11} verschiedener Teil S_{OA12} weiter auf S_{OA2} verdichtet werden kann. Die Kondensationswärme, die bei der weiteren Verdichtung von S_{OA12} weiter auf S_{OA2} erhalten wird, wird in die Kolonne im Sumpfverdampfer eingespeist. Die erforderliche zusätzliche Verdichterleistung ist geringer als die dadurch eingesparte Heizdampfleistung. Das erfindungsgemäße Verfahren benötigt weniger Energie als jene des Standes der Technik, die in Beispielen 1 und 2 gezeigt sind. Mit der Verdichtung auf S_{OA2} können Druck- und Temperatur von S_{OA2} so eingestellt werden, dass eine optimale Energieübertragung von S_{OA2} auf S_{UA1} bzw. S_{UA} erfolgen kann.

4.7 Schritt (e)

- In Schritt (e) des Verfahrens der Erfindung wird ein von S_{OA11} verschiedener Teil des verdichteten Brüdenstroms S_{OA1} , S_{OA12} , weiter verdichtet wird, wodurch ein gegenüber S_{OA11} verdichteter Brüdenstrom S_{OA2} erhalten wird.

- Es versteht sich von selbst, dass S_{OA2} nach Durchführung des Schrittes (e) auch gegenüber S_{OA12} und S_{OA1} verdichtet ist.

- Der Druck, den der Brüdenstrom S_{OA2} aufweist, wird mit „ p_{OA2} “, seine Temperatur mit „ T_{OA2} “ bezeichnet.

- Der Druck p_{OA2} ist höher als p_{OA1} , und der Quotient aus p_{OA2}/p_{OA1} (Drücke jeweils in bar abs.) liegt bevorzugt im Bereich von 1.1 bis 10, bevorzugter 1.2 bis 8, bevorzugter 1.25 bis 7, am bevorzugtesten 1.3 bis 6.

- Die Temperatur T_{OA2} ist insbesondere höher als die Temperatur T_{OA1} und der Quotient aus T_{OA2}/T_{OA1} (Temperatur jeweils in °C) liegt bevorzugt im Bereich von 1.03 bis 10, bevorzugter 1.04 bis 9, bevorzugter 1.05 bis 8, bevorzugter 1.06 bis 7, bevorzugter 1.07 bis 6, am bevorzugtesten 1.08 bis 5.

Das Verdichten von S_{OA12} in Schritt (e) kann nach dem Fachmann geläufigen Verfahren durchgeführt werden. So kann die Verdichtung zum Beispiel mechanisch einstufig oder mehrstufig,

- bevorzugt mehrstufig, durchgeführt werden. Bei einer mehrstufigen Verdichtung können mehrere Verdichter gleicher Bauart oder Verdichter unterschiedlicher Bauart eingesetzt werden. Der Einsatz einer einstufigen Verdichtung oder einer mehrstufigen Verdichtung ist davon abhängig, auf welchen Druck der Brüden S_{OA12} verdichtet werden soll. Eine im Kontext des Schrittes (b) für S_{OA}
- 5 beschriebene Vorverdichtung kann auch für die Verdichtung von S_{OA12} zu S_{OA2} durchgeführt werden, insbesondere genügt im Schritt (e) aber die Verdichtung in einer Stufe, d.h. insbesondere unter Verwendung eines Verdichters VD_x .

4.8 Schritt (f)

- 10 Im Schritt (f) des Verfahrens gemäß der Erfindung wird Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil S_{OA21} von S_{OA2} auf mindestens einen Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} übertragen, bevor S_{UA1} in RD_A rückgeführt wird.

- Bevorzugt wird im Schritt (f) des Verfahrens gemäß der Energie, bevorzugt Wärme, von
- 15 mindestens einem Teil S_{OA21} von S_{OA2} auf einen Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} übertragen, bevor S_{UA1} in RD_A rückgeführt wird.

- Durch den Schritt (f) sinkt die Energie des mindestens einen Teiles S_{OA21} von S_{OA2} , so dass insbesondere der Strom S_{OA21} mindestens teilweise kondensiert

- 20 Schritt (f) des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst folgende bevorzugte Ausführungsformen (f1), (f2), (f3):

- (f1) Energie wird von mindestens einem Teil S_{OA21} von S_{OA2} auf einen Teil S_{UA1} des mindestens
- 25 einen Stromes S_{UA} übertragen, und S_{UA1} dann in RD_A rückgeführt;

(f2) Energie wird von mindestens einem Teil S_{OA21} von S_{OA2} auf einen Teil S_{UA1*} des mindestens einen Stromes S_{UA} übertragen, und von S_{UA1*} wird dann ein Teil S_{UA1} in RD_A rückgeführt;

- 30 (f3) Energie wird von mindestens einem Teil S_{OA21} von S_{OA2} auf den gesamten Strom S_{UA} übertragen und dann wird der gesamte Strom S_{UA} oder nur ein Teil S_{UA1} des Stromes S_{UA} , bevorzugt nur ein Teil S_{UA1} des Stromes S_{UA} , in RD_A rückgeführt.

- Die Übertragung von Energie von mindestens einem Teil S_{OA21} von S_{OA2} auf den mindestens einen
- 35 Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} , bevorzugt die Beheizung des mindestens einen Teils S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} durch mindestens einen Teil S_{OA21} von S_{OA2} , erfolgt bevorzugt direkt oder indirekt.

„Direkt“ bedeutet, dass mindestens ein Teil S_{OA21} von S_{OA2} mit dem mindestens einen Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} kontaktiert wird, ohne dass die beiden Ströme sich mischen, so dass Energie, insbesondere Wärme, von mindestens einem Teil S_{OA2} auf den mindestens einen Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} übergeht.

5

Dies kann dies durchgeführt werden, in dem der mindestens eine Teil S_{OA21} von S_{OA2} und der mindestens eine Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} durch einen Sumpfverdampfer V_{SRD} an der Rektifikationskolonne RD_A geleitet werden und der mindestens eine Teil S_{OA21} von S_{OA2} den mindestens einen Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} beheizt.

10

Als Wärmeüberträger, insbesondere als die nachfolgend genannten Wärmeüberträger WT_X , WT_Y , WT_Z , können die dem Fachmann geläufigen Wärmetauscher, insbesondere Verdampfer, eingesetzt werden. In Schritt (f) des Verfahrens gemäß der Erfindung erfolgt insbesondere die Übertragung der Energie, bevorzugter Wärme, vom mindestens einen Teil von S_{OA2} auf den mindestens einen Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} in einem Sumpfverdampfer V_{SRD} .

15

„Indirekt“ bedeutet insbesondere, dass der mindestens eine Teil S_{OA21} von S_{OA2} mit mindestens einem Wärmeträger W_1 , bevorzugt über mindestens einen Wärmetauscher WT_X , kontaktiert wird, wobei es sich bei dem Wärmeträger nicht um den mindestens einen Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} handelt, W_1 also davon verschieden ist, so dass Energie, bevorzugt Wärme, vom mindestens einen Teil S_{OA21} von S_{OA2} auf den mindestens einen Wärmeträger W_1 übergeht, ohne dass die beiden Ströme sich mischen, und die Wärme dann von W_1 auf den mindestens einen Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} übergeht, in dem W_1 die betreffende Komponente kontaktiert, wobei sich der mindestens eine Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} und W_1 mischen oder nicht mischen, bevorzugt aber nicht mischen.

20

25

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann bei indirekter Energieübertragung vom mindestens einen Teil S_{OA21} von S_{OA2} auf den mindestens einen Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} , insbesondere die Beheizung des mindestens einen Teils S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} durch den mindestens einen Teil S_{OA21} von S_{OA2} , auch zunächst Energie, bevorzugt Wärme von S_{OA2} auf W_1 , bevorzugt durch Kontaktierung über mindestens einen Wärmetauscher WT_X übertragen werden, und dann von W_1 auf einen weiteren, von dem mindestens einen Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} verschiedenen Wärmeträger W_2 , bevorzugt durch Kontaktierung über mindestens einen Wärmetauscher WT_Y , übertragen werden. Im letzten Schritt erfolgt dann Übertragung der Wärme von W_2 auf den mindestens einen Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} , wobei sich der mindestens eine Teil S_{UA1} des mindestens einen Stromes S_{UA} und W_2 mischen oder nicht mischen, bevorzugt aber nicht mischen.

30

35

Es versteht sich von selbst, dass sich in weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dementsprechend noch weitere Wärmeträger W_3 , W_4 , W_5 etc. nutzen lassen.

40

Als Wärmeträger W_1 bzw. daneben weiter genutzte Wärmeträger W_2, W_3, W_4, W_5 kann jeder dem Fachmann bekannte Wärmeträger genutzt werden, bevorzugt sind sie ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Luft; Wasser; Alkohol-Wasser-Lösungen; Salz-Wasser-Lösungen, wozu auch

5 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 ist als Wärmeträger W_1 Wasser oder Luft, am allerbevorzugtesten Wasser.

10

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

Im Anschluss an Schritt (f) kann der mindestens eine Teil S_{OA21} von S_{OA2} dann wieder der

15 Rektifikationskolonne RD_A , gegebenenfalls zusammen mit Frischmethanol und/oder mit dem Rücklauf der Rektifikationskolonne RD_A und/oder mit dem nach Durchführung des Schritts (d) erhaltenen Strom S_{OA11} eingespeist werden. In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Ströme dazu in einem Kondensatbehälter gesammelt, wie er in Abschnitt 4.9.5 beschrieben ist.

20 In einer bevorzugten Ausführungsform wird von mindestens einen Teil S_{OA21} von S_{OA2} , insbesondere nach der Übertragung der Energie auf den mindestens einen Teil S_{UA1} von S_{UA} , weiter Energie übertragen.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Erfindung, wird Energie,

25 bevorzugter Wärme, von mindestens einen Teil S_{OA21} von S_{OA2} , nachdem von diesem Energie auf den mindestens einen Teil S_{UA1} von S_{UA} gemäß Schritt (f) übertragen wurde, auf S_{OA} übertragen, insbesondere auf den Teil von S_{OA} übertragen, der einer Verdichtung, bevorzugt der Verdichtung in Schritt (b), zugeführt wird, wobei es sich um eine Vorverdichtung von S_{OA} oder die Verdichtung von S_{OA} zu S_{OA1} handeln kann. Bevorzugt handelt es sich dabei um die erste Verdichtung, der der

30 Strom S_{OA} , nachdem der die Kolonne RD_A verlassen hat, unterworfen wird. Dies ermöglicht es, einen Teil der noch von dem mindestens einen Teil S_{OA2} gespeicherte Restenergie bzw. Restwärme im Prozess einzusetzen, in diesem Fall zur Erwärmung von zu verdichtendem S_{OA} .

Andere, bevorzugte zusätzliche Senken für die Energie, bevorzugt Wärme, in dem mindestens

35 einen Teil von S_{OA2} , sind weiter unten beschrieben (siehe Abschnitt 4.3).

4.9 Kennzeichnender Schritt (g)

Wie in den Beispielen gezeigt (Vergleich Beispiel 3 mit Beispielen 1 und 2), führt schon die Nutzung des stufenweise verdichteten Brüden S_{OA} , in dem die Stufe des verdichteten Brüden S_{OA1}

- (in Form von S_{OA11}) für die Übertragung der Energie auf den Seitenstrom S_{ZA} und die Stufe des gegenüber S_{OA1} stärker verdichteten Brüden S_{OA2} (in Form des mindestens einen Teils S_{OA21} von S_{OA2}) für die Übertragung der Energie auf den mindestens einen Teil S_{UA1} des Sumpfstromes S_{UA} genutzt wird, zu einer Einsparung von Energie. Diese erhöhte Energieeffizienz des
- 5 erfindungsgemäßen Verfahrens wird somit schon durch die Kombination der Schritt (b) bis (f) gewährleistet.

Diese Energieeffizienz wird durch den kennzeichnenden Schritt (g) des erfindungsgemäßen Verfahrens noch erhöht.

10 4.9.1 Allgemeines

- Im kennzeichnenden Schritt (g) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil von S_{AP} auf mindestens einen Teil eines oder mehrerer Ströme S_{XA} übertragen, und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, zusätzlich oder alternativ Energie,
- 15 bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil von S_{BP} auf mindestens einen Teil eines oder mehrerer Ströme S_{XB} übertragen.

- S_{XA} und S_{XB} sind unabhängig voneinander jeweils aus der Gruppe bestehend aus S_{OA} , S_{OA1} , S_{OA2} ausgewählt. Insbesondere sind S_{XA} und S_{XB} unabhängig voneinander jeweils aus der Gruppe
- 20 bestehend aus S_{OA} , S_{OA1} ausgewählt. Bevorzugt sind S_{XA} und S_{XB} jeweils S_{OA} .

- In anderen Worten wird im kennzeichnenden Schritt (g) Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil von S_{AP} auf mindestens einen Teil eines oder mehrerer Ströme ausgewählt aus S_{OA} , S_{OA1} , S_{OA2} , bevorzugt ausgewählt aus S_{OA} , S_{OA1} , übertragen, und, falls Schritt (a2)
- 25 durchgeführt wird, zusätzlich oder alternativ Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil von S_{BP} auf mindestens einen Teil eines oder mehrerer Ströme ausgewählt aus S_{OA} , S_{OA1} , S_{OA2} , bevorzugt ausgewählt aus S_{OA} , S_{OA1} , übertragen.

- In einer besonders bevorzugten Ausführungsform des kennzeichnenden Schrittes (g) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird demnach Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil von S_{AP} auf mindestens einen Teil des Stroms S_{OA} übertragen, und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, zusätzlich oder alternativ Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil von S_{BP} auf mindestens einen Teil des Stroms S_{OA} übertragen.
- 30

- 35 Durch den erfindungsgemäßen Schritt (g) dissipiert die Restenergie, insbesondere die Restwärme, im Sumpfproduktstrom S_{AP} und/oder Sumpfproduktstrom S_{BP} nicht ungenutzt, sondern wird in das erfindungsgemäße Verfahren integriert. So wird die Energiebilanz des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber nicht erfindungsgemäßen Verfahren (also solchen, die ohne Schritt (g) durchgeführt werden) weiter verbessert.

Die Übertragung von Energie von mindestens einem Teil von S_{AP} auf mindestens einen Teil eines oder mehrerer Ströme S_{XA} bzw. von mindestens einem Teil von S_{BP} auf mindestens einen Teil eines oder mehrerer Ströme S_{XB} erfolgt bevorzugt direkt oder indirekt.

5

„Direkt“ bedeutet, dass mindestens ein Teil von S_{AP} bzw. S_{BP} mit mindestens einem Teil eines oder mehrerer Ströme S_{XA} bzw. S_{XB} kontaktiert wird, ohne dass S_{AP} und S_{XA} bzw. S_{BP} und S_{XB} sich mischen, so dass Energie, insbesondere Wärme, von mindestens einem Teil von S_{AP} auf S_{XA} bzw. von S_{BP} auf S_{XB} übergeht.

10

Dies kann dies durchgeführt werden, in dem der mindestens ein Teil von S_{AP} und mindestens ein Teil eines oder mehrerer Ströme S_{XA} bzw. S_{BP} und mindestens ein Teil eines oder mehrerer Ströme S_{XB} durch einen Wärmeüberträger WT (wie beispielsweise die in den Abbildungen gezeigten Wärmeüberträger WT_{Δ} , $WT_{\star}$ oder WT_{∇}) geleitet werden und Energie von S_{AP} auf S_{XA} bzw. von S_{BP} auf S_{XB} übertragen wird, insbesondere S_{XA} durch S_{AP} bzw. S_{XB} durch S_{BP} beheizt wird.

15

Als Wärmeüberträger, insbesondere als die nachfolgend genannten Wärmeüberträger WT_X , WT_Y , WT_Z oder auch den vorstehend genannten Wärmeüberträger WT , WT_{Δ} , $WT_{\star}$ oder WT_{∇} können die dem Fachmann geläufigen Wärmetauscher, insbesondere Verdampfer, eingesetzt werden.

20

„Indirekt“ bedeutet insbesondere, dass der mindestens eine Teil von S_{AP} bzw. S_{BP} mit mindestens einem Wärmeträger W_1 , bevorzugt über mindestens einen Wärmetauscher WT_X , kontaktiert wird, wobei es sich bei dem Wärmeträger W_1 nicht um S_{OA} , S_{OA1} oder S_{OA2} handelt, W_1 also davon verschieden ist, so dass Energie, bevorzugt Wärme, vom mindestens einen Teil von S_{AP} bzw. S_{BP} auf den mindestens einen Wärmeträger W_1 übergeht, ohne dass die beiden Ströme sich mischen. Danach werden W_1 und der mindestens ein Teil eines oder mehrerer Ströme S_{XA} bzw. S_{XB} , bevorzugt über mindestens einen Wärmetauscher WT_Y , kontaktiert, wobei die beiden Ströme sich mischen oder nicht mischen, bevorzugt aber nicht mischen, so dass die Energie, bevorzugt Wärme, von W_1 auf S_{XA} bzw. S_{XB} , übergeht.

25

30

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann bei indirekter Energieübertragung auch zunächst Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil von S_{AP} bzw. S_{BP} auf W_1 , bevorzugt durch Kontaktierung über mindestens einen Wärmetauscher WT_X übertragen werden, und dann von W_1 auf einen weiteren Wärmeträger W_2 , bevorzugt durch Kontaktierung über mindestens einen Wärmetauscher WT_Y , übertragen werden, wobei es sich bei den Wärmeträgern W_1 und W_2 nicht um S_{OA} , S_{OA1} oder S_{OA2} handelt. Im letzten Schritt erfolgt dann Übertragung der Wärme von W_2 auf mindestens ein Teil eines oder mehrerer Ströme S_{XA} bzw. S_{XB} , wobei sich W_2 und S_{XA} bzw. S_{XB} mischen oder nicht mischen, bevorzugt aber nicht mischen.

35

40

Es versteht sich von selbst, dass sich in weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dementsprechend noch weitere Wärmeträger W_3 , W_4 , W_5 etc. nutzen lassen.

- Als Wärmeträger W_1 bzw. daneben weiter genutzte Wärmeträger W_2 , W_3 , W_4 , W_5 kann jeder dem Fachmann bekannte Wärmeträger genutzt werden, bevorzugt sind sie ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Luft; Wasser; Alkohol-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 ist als Wärmeträger W_1 Wasser oder Luft, am allerbevorzugtesten Wasser.

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

- Bei dem mindestens einen Teil des einen oder mehrerer Ströme S_{XA} und dem mindestens einen Teil des einen oder mehrerer Ströme S_{XB} , auf den in Schritt (g) des erfindungsgemäßen Verfahrens Energie von S_{AP} bzw. S_{BP} übertragen wird, kann es sich um den jeweiligen gesamten Strom S_{OA} , S_{OA1} , S_{OA2} oder nur einen Teil des jeweiligen Stromes S_{OA} , S_{OA1} , S_{OA2} handeln.

- Insbesondere handelt es sich in Schritt (g) bei dem mindestens einen Teil des Stromes S_{XA} und bei dem mindestens einen Teil des Stromes S_{XB} unabhängig voneinander jeweils um mindestens einen der folgenden Ströme (die unterstrichenen sind bevorzugt):

- um den mindestens einen Teil S_{OA*} von S_{OA} :
- um den Teil S_{OA*} von S_{OA} , falls die vorstehend beschriebene „Ausführungsform ♠“ durchgeführt wird (beschrieben in Abschnitt 4.10.1);
- um den Strom S_{OA1} vor der Abtrennung von S_{OA11} und S_{OA12} ;
- um den Teil S_{OA11} des Stromes S_{OA1} ;
- um den Teil S_{OA12} des Stromes S_{OA1} :
- um den Teil S_{OA*} des Stromes S_{OA1} , falls die vorstehend beschriebene „Ausführungsform ♥“ durchgeführt wird (beschrieben in Abschnitt 4.10.2);
- um den mindestens einen Teil S_{OA21} von S_{OA2} ;
- um den Teil S_{OA*} des Stromes S_{OA2} , falls die vorstehend beschriebene „Ausführungsform ♦“ durchgeführt wird (beschrieben in Abschnitt 4.10.3).

4.9.2 Übertragung von Energie von S_{AP} und/oder S_{BP} vor Verdichtung von S_{XA} und/oder S_{XB}

In einer bevorzugteren Ausführungsform des Schrittes (g) wird der mindestens eine Teil des Stromes S_{XA} verdichtet, nachdem auf ihn in Schritt (g) Energie vom mindestens einen Teil von S_{AP}

übertragen wurde und es wird, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, zusätzlich oder alternativ der mindestens eine Teil des Stromes S_{XB} verdichtet, nachdem auf ihn in Schritt (g) Energie vom mindestens einen Teil von S_{BP} übertragen wurde.

- 5 Diese bevorzugtere Ausführungsform ist besonders vorteilhaft, da dadurch nicht nur die Integration der Energie des Produktstroms S_{AP} und/oder des Produktstroms S_{BP} in das Verfahren gewährleistet wird, sondern zusätzlich dem zu verdichtenden Brüden vor dessen Verdichtung Energie, insbesondere Wärme zugeführt wird. Dadurch wird gegebenenfalls im zu verdichtenden Brüden vorhandene Flüssigkeit, die typischerweise in Form von Tröpfchen vorliegt, in den
- 10 gasförmigen Zustand überführt und/oder die ungewollte Kondensation des Brüden vor oder während der Verdichtung verhindert. Dies ist von Vorteil, da sich Flüssigkeit im zu verdichtenden Strom negativ auf die Mechanik eines Verdichters auswirkt, und die Vermeidung somit dessen Lebensdauer erhöht.

- 15 „Mindestens ein Teil von S_{AP} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, zusätzlich oder alternativ mindestens ein Teil von S_{BP} “ wird im Folgenden als „ S_{AP} bzw. S_{BP} “ abgekürzt.

- In dieser Ausführungsform erfolgt die Übertragung von Energie, bevorzugt Wärme, S_{AP} bzw. S_{BP} auf mindestens einen Teil des Stromes S_{XA} bzw. mindestens einen Teil des Stromes S_{XB} , der im
- 20 erfindungsgemäßen Verfahren verdichtet wird. Gleichzeitig erfolgt diese Übertragung von Energie, bevorzugt Wärme, von S_{AP} bzw. S_{BP} auf den mindestens einen Teil des Stromes S_{XA} bzw. mindestens einen Teil des Stromes S_{XB} , bevor dieser verdichtet wird.

- In einer besonderen Ausführungsform 4.9.2.1 wird in Schritt (g) Energie von S_{AP} bzw. S_{BP} auf den
- 25 mindestens einen Teil des Stromes S_{OA} , S_{OA*} , übertragen, bevor dieser in Schritt (b) verdichtet wird. Erfolgt diese Verdichtung in Schritt (b) mehrstufig, wird bevorzugt in Schritt (g) Energie von S_{AP} bzw. S_{BP} auf den mindestens einen Teil des Stromes S_{OA} , S_{OA*} , übertragen, bevor dieser mindestens einen Teil des Stromes S_{OA} , S_{OA*} , in der ersten Stufe verdichtet wird.

- 30 In einer weiteren besonderen Ausführungsform 4.9.2.2 wird in Schritt (g) Energie von S_{AP} bzw. S_{BP} auf den Strom S_{OA12} übertragen, bevor dieser in Schritt (e) verdichtet wird. Erfolgt diese Verdichtung von S_{OA12} in Schritt (e) mehrstufig, wird bevorzugt in Schritt (g) Energie vom mindestens einen Teil von S_{AP} bzw. S_{BP} auf den Strom S_{OA12} , übertragen, bevor der Strom S_{OA12} in der ersten Stufe verdichtet wird.

35

- Eine weitere besondere Ausführungsform 4.9.2.3 ist wie folgt: Wenn in der Ausführungsform ♣ (beschrieben unter Abschnitt 4.10.1) der Strom S_{OA*} nach Abtrennung vom Brüdenstrom S_{OA} verdichtet wird, bevor er in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird, ist es noch
- 40 bevorzugter, wenn in Schritt (g) Energie von S_{AP} bzw. S_{BP} auf den Strom S_{OA*} übertragen, bevor

dieser verdichtet wird. Erfolgt diese Verdichtung von $S_{OA\clubsuit}$ mehrstufig, wird bevorzugt in Schritt (g) Energie vom mindestens einen Teil von S_{AP} bzw. S_{BP} auf den Strom $S_{OA\clubsuit}$, übertragen, bevor der Strom $S_{OA\clubsuit}$ in der ersten Stufe verdichtet wird.

- 5 Eine weitere besondere Ausführungsform 4.9.2.4 ist wie folgt: Wenn in der Ausführungsform ♥ (beschrieben unter Abschnitt 4.10.2) der Strom $S_{OA\spadesuit}$ nach Abtrennung vom Brüdenstrom S_{OA1} verdichtet wird, bevor er in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird, ist es noch bevorzugter, wenn in Schritt (g) Energie von S_{AP} bzw. S_{BP} auf den Strom $S_{OA\spadesuit}$ übertragen, bevor
- 10 dieser verdichtet wird. Erfolgt diese Verdichtung von $S_{OA\spadesuit}$ mehrstufig, wird bevorzugt in Schritt (g) Energie vom mindestens einen Teil von S_{AP} bzw. S_{BP} auf den Strom $S_{OA\spadesuit}$, übertragen, bevor der Strom $S_{OA\spadesuit}$ in der ersten Stufe verdichtet wird.

- 15 Eine weitere besondere Ausführungsform 4.9.2.5 ist wie folgt: Wenn in der Ausführungsform ♦ (beschrieben unter Abschnitt 4.10.3) der Strom $S_{OA\spadesuit}$ nach Abtrennung vom Brüdenstrom S_{OA2} verdichtet wird, bevor er in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird, ist es noch bevorzugter, wenn in Schritt (g) Energie von S_{AP} bzw. S_{BP} auf den Strom $S_{OA\spadesuit}$ übertragen, bevor
- 20 dieser verdichtet wird. Erfolgt diese Verdichtung von $S_{OA\spadesuit}$ mehrstufig, wird bevorzugt in Schritt (g) Energie vom mindestens einen Teil von S_{AP} bzw. S_{BP} auf den Strom $S_{OA\spadesuit}$, übertragen, bevor der Strom $S_{OA\spadesuit}$ in der ersten Stufe verdichtet wird.

- In den Ausführungsformen des Schrittes (g) des erfindungsgemäßen Verfahrens, in denen S_{XA} und S_{XB} unabhängig voneinander jeweils aus der Gruppe bestehend aus S_{OA} , S_{OA1} ausgewählt sind,
- 25 sind die vorgenannten Ausführungsformen 4.9.2.1 bis 4.9.2.4 bevorzugt.

In den Ausführungsformen des Schrittes (g) des erfindungsgemäßen Verfahrens, in denen S_{XA} und S_{XB} jeweils S_{OA} sind, sind die vorgenannten Ausführungsformen 4.9.2.1 bis 4.9.2.3 bevorzugt.

4.9.3 Bevorzugte Ausführungsform Ω

- 30 Die Ausführungsform des Schrittes (g) des erfindungsgemäßen Verfahrens, in denen S_{XA} und S_{XB} jeweils S_{OA} sind, wird im Folgenden als „Ausführungsform Ω “ bezeichnet. Sie ist besonders vorteilhaft.

- 35 In anderen Worten wird in der Ausführungsform Ω in Schritt (g) des erfindungsgemäßen Verfahrens Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil von S_{AP} auf mindestens einen Teil des Stromes S_{OA} übertragen, und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, zusätzlich oder alternativ Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil von S_{BP} auf mindestens einen Teil des Stromes S_{OA} übertragen.

- Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Ausführungsform Ω ist es möglich, die Energieeffizienz noch weiter zu senken, in dem die Energie, bevorzugt Wärme, eines Teils der Ströme S_{OA1} , S_{OA2} neben der Übertragung auf den Seitenstrom S_{ZA} (im Falle des Teils
- 5 S_{OA11} von S_{OA1}) gemäß Schritt (d) bzw. auf den mindestens einen Teil S_{UA1} des Sumpfstromes S_{UA} (im Falle des mindestens einen Teils S_{OA21} von S_{OA2}) gemäß Schritt (f) noch weiter zu nutzen und dadurch einen weiteren Beitrag zur Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz des erfindungsgemäßen Verfahrens zu erbringen.
- 10 In Ausführungsform Ω ist es demnach bevorzugt, Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} auf das Rohprodukt RP_A und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich auf das Rohprodukt RP_B zu übertragen.
- „[...] das Rohprodukt RP_A und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich das
- 15 Rohprodukt RP_B [...]“ wird im Folgenden als „ RP_A bzw. RP_B “ abgekürzt.
- „Übertragung von Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil von S_{OA1} auf RP_A bzw. RP_B “ umfasst insbesondere die Übertragung von Energie, bevorzugt Wärme,
- 20 (i-1) von S_{OA11} auf RP_A bzw. RP_B , bevor S_{OA11} in Schritt (d) eingesetzt wird;
(ii-1) von S_{OA11} auf RP_A bzw. RP_B , nachdem S_{OA11} in Schritt (d) eingesetzt wurde;
(iii-1) von einem von S_{OA11} , S_{OA12} und S_{OA13} verschiedenen Teil S_{OA14} des Stromes S_{OA1} auf RP_A bzw. RP_B .
- 25 Dabei sind die Ausführungsformen (ii-1) und (iii-1) bevorzugt, und die Ausführungsform (iii-1) ist noch bevorzugter.
- „Übertragung von Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil von S_{OA2} auf RP_A bzw. RP_B “ umfasst insbesondere die Übertragung von Energie, bevorzugt Wärme,
- 30 (i-2) von mindestens einem Teil S_{OA21} von S_{OA2} auf RP_A bzw. RP_B , bevor dieser mindestens eine Teil S_{OA21} von S_{OA2} in Schritt (f) eingesetzt wird;
(ii-2) von mindestens einem Teil S_{OA21} von S_{OA2} auf RP_A bzw. RP_B , nachdem dieser mindestens eine Teil S_{OA21} von S_{OA2} in Schritt (f) eingesetzt wurde;
(iii-2) von einem von S_{OA21} verschiedenen Teil S_{OA22} des Stromes S_{OA2} auf RP_A bzw. RP_B .
- 35 Dabei sind die Ausführungsformen (ii-2) und (iii-2) bevorzugt, und die Ausführungsform (iii-2) ist noch bevorzugter.
- Dazu wird bei der bevorzugten Durchführung der Ausführungsform Ω mindestens ein Teil des betreffenden Stroms, bevorzugt ein Teil des betreffenden Stroms, ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} oder
- 40 ein Wärmeträger W_1 , auf den vorher Energie von dem betreffenden Stroms ausgewählt aus S_{OA1} ,

- S_{OA2} übertragen wurde, über einen Zwischenverdampfer V_{ZA} bzw. V_{ZB} geleitet und die Energie von dem betreffenden Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} bzw. W_1 auf den per Seitenabzug auf RR_A bzw. RR_B abgezogenen Rohproduktstrom übertragen, insbesondere in dem der betreffende mindestens eine Teil des Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} bzw. W_1 zur Beheizung des
- 5 Verdampfers V_{ZA} bzw. V_{ZB} genutzt wird.

- Alternativ, und noch bevorzugter, wird in der Ausführungsform Ω dann mindestens ein Teil des betreffenden Stroms, bevorzugt ein Teil des betreffenden Stroms, ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} oder ein Wärmeträger W_1 , auf den vorher Energie von dem betreffenden Stroms ausgewählt aus S_{OA1} ,
- 10 S_{OA2} übertragen wurde, über einen Sumpfverdampfer V_{SA} bzw. V_{SB} geleitet und die Energie von mindestens dem Teil des betreffenden Strom ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} bzw. W_1 auf den Sumpfproduktstrom S_{AP} bzw. S_{BP} übertragen, insbesondere in dem der betreffende Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} bzw. W_1 zur Beheizung des Verdampfers V_{SA} bzw. V_{SB} genutzt wird.

4.9.4 Plattenpaketverdampfer

- 15 Eine besondere Ausführungsform eines Verdampfers, der als Wärmeüberträger im Rahmen der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden kann, insbesondere aber zur Übertragung von Energie im Rahmen des kennzeichnenden Schritts (g) vorteilhafterweise eingesetzt wird, sind Rohrbündelverdampfer, bevorzugt solche umfassend Plattenpakete. Ein Beispiel eines solchen
- 20 Plattenpaketverdampfers ist in Abbildungen 16 A und 16 B gezeigt.

4.9.5 Kondensatbehälter

- In einer bevorzugten Ausführungsform des vorliegenden Verfahrens werden die im Anschluss an Schritt (d) und (f) erhaltenen Brüdenströme S_{OA11} bzw. S_{OA21} wieder in RD_A rückgeführt. Dies
- 25 erfolgt bevorzugt dadurch, dass diese in einem Behälter, insbesondere einem Kondensatbehälter, gesammelt werden. Bevorzugt wird in diesen Kondensatbehälter auch eventuell zuzuführendes Frischmethanol und der gegebenenfalls in RD_A eingestellt Rücklauf gesammelt. Die jeweiligen Ströme können dem Behälter zugeführt werden, in dem sie durch ein Ventil in den Behälter entspannt werden. Die vereinigten, gegebenenfalls kondensierten Brüden, können dann von dem
- 30 Behälter in RD_A geleitet werden. Eine entsprechende Ausführungsform <419> ist in Abbildung 11 gezeigt.

4.10 Recycling der Brüden der Rektifikationskolonne RD_A als Eduktstrom S_{AE1} und/oder S_{BE1}

- In einer bevorzugten Ausführungsform wird ein Teil mindestens eines der Brüden ausgewählt aus
- 35 S_{OA} , S_{OA1} , S_{OA2} als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt. Noch bevorzugter wird ein Teil mindestens eines der Brüden S_{OA} , S_{OA1} als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt.

- In einer bevorzugteren Ausführungsform wird ein Teil eines der Brüden ausgewählt aus S_{OA} , S_{OA1} , S_{OA2} als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt. Noch bevorzugter wird ein Teil eines der Brüden S_{OA} , S_{OA1} als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt. Noch bevorzugter wird ein Teil des Brüden S_{OA} als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt.
- 5
- 10 Somit ist es vorteilhaft, in einer besonderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens mindestens eine der nachstehend beschriebenen Ausführungsformen ♠, ♥, ♦ zu wählen, bevorzugt eine der nachstehend beschriebenen Ausführungsformen ♠, ♥, am bevorzugtesten die Ausführungsform ♠ zu wählen.

4.10.1 ...auf der Stufe des Brüdenstroms S_{OA}

- 15 In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein von $S_{OA\clubsuit}$ verschiedener Teil des Brüdenstromes S_{OA} , $S_{OA\clubsuit}$, von S_{OA} abgetrennt und $S_{OA\clubsuit}$ dann in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt. Diese Ausführungsform wird als „Ausführungsform ♠“ abgekürzt.
- 20

Noch bevorzugter wird in der Ausführungsform ♠ der Strom $S_{OA\clubsuit}$ nach Abtrennung vom Brüdenstrom S_{OA} verdichtet, bevor er in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird.

- 25 Die Verdichtung des Stroms $S_{OA\clubsuit}$ kann mit dem Fachmann geläufigen Mitteln erfolgen, wie es für die Verdichtung des Stroms $S_{OA\clubsuit}$ gemäß Schritt (b) in Abschnitt 4.4 beschrieben ist. So kann die Verdichtung zum Beispiel mechanisch und einstufig oder mehrstufig, bevorzugt mehrstufig, durchgeführt werden. Bei einer mehrstufigen Verdichtung können mehrere Verdichter gleicher Bauart oder Verdichter unterschiedlicher Bauart eingesetzt werden. Eine mehrstufige Verdichtung kann mit einer oder mehreren Verdichtern erfolgen. Der Einsatz einer einstufigen Verdichtung oder einer mehrstufigen Verdichtung ist abhängig vom Verdichtungsverhältnis und somit davon, auf welchen Druck $S_{OA\clubsuit}$ verdichtet werden soll. Typischerweise erfolgt eine Verdichtung von $S_{OA\clubsuit}$ auf ein Druckniveau, welches dem in der Reaktionskolonne RR_A und/oder RR_B entspricht, in
- 30
- 35 welcher/welchen $S_{OA\clubsuit}$ als Eduktstrom S_{AE1} bzw. S_{AE2} eingesetzt werden soll.

$S_{OA\clubsuit}$ wird bevorzugt mit mindestens einem Verdichter $VD_{\clubsuit}$ verdichtet und dann in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt.

- Insbesondere wird somit zur Verdichtung von $S_{OA\blacktriangle}$ mindestens ein Verdichter $VD_{\blacktriangle}$ eingesetzt. Als Verdichter $VD_{\blacktriangle}$ eignet sich jeder beliebige, dem Fachmann bekannte Verdichter, bevorzugt mechanische Verdichter, mit dem sich Gasströme verdichten lassen. Geeignete Verdichter sind
- 5 zum Beispiel ein- oder mehrstufige Turbinen, Kolbenverdichter, Schraubenverdichter, Zentrifugalverdichter oder Axialverdichter.

4.10.2 ...auf der Stufe des Brüdenstroms S_{OA1}

- 10 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein von S_{OA11} und von S_{OA12} verschiedener Teil des Brüdenstroms S_{OA1} , $S_{OA\blacktriangledown}$, von S_{OA1} abgetrennt und $S_{OA\blacktriangledown}$ dann in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt. Diese Ausführungsform wird als „Ausführungsform $\heartsuit$ “ abgekürzt.
- 15 Noch bevorzugter wird in der Ausführungsform $\heartsuit$ der Strom $S_{OA\blacktriangledown}$ nach Abtrennung vom Brüdenstrom S_{OA1} verdichtet, bevor er in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird.
- 20 Die Verdichtung des Stroms $S_{OA\blacktriangledown}$ kann mit dem Fachmann geläufigen Mitteln erfolgen, wie es für die Verdichtung des Stroms $S_{OA\blacktriangle}$ gemäß Schritt (b) in Abschnitt 4.4 beschrieben ist. So kann die Verdichtung zum Beispiel mechanisch und einstufig oder mehrstufig, bevorzugt mehrstufig, durchgeführt werden. Bei einer mehrstufigen Verdichtung können mehrere Verdichter gleicher Bauart oder Verdichter unterschiedlicher Bauart eingesetzt werden. Eine mehrstufige Verdichtung
- 25 kann mit einer oder mehreren Verdichtermaschinen erfolgen. Der Einsatz einer einstufigen Verdichtung oder einer mehrstufigen Verdichtung ist abhängig vom Verdichtungsverhältnis und somit davon, auf welchen Druck $S_{OA\blacktriangledown}$ verdichtet werden soll. Typischerweise erfolgt eine Verdichtung von $S_{OA\blacktriangledown}$ auf ein Druckniveau, welches dem in der Reaktionskolonne RR_A und/oder RR_B entspricht, in welcher/welchen $S_{OA\blacktriangledown}$ als Eduktstrom S_{AE1} bzw. S_{AE2} eingesetzt werden soll.
- 30 Insbesondere wird dazu mindestens ein Verdichter $VD_{\blacktriangledown}$ eingesetzt. Als Verdichter $VD_{\blacktriangledown}$ eignet sich jeder beliebige, dem Fachmann bekannte Verdichter, bevorzugt mechanische Verdichter, mit dem sich Gasströme verdichten lassen. Geeignete Verdichter sind zum Beispiel ein- oder mehrstufige Turbinen, Kolbenverdichter, Schraubenverdichter, Zentrifugalverdichter oder Axialverdichter.
- 35

4.10.3 ...auf der Stufe des Brüdenstroms S_{OA2}

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein von S_{OA21} verschiedener Teil des Brüdenstroms S_{OA2} , $S_{OA\blacktriangle}$, von S_{OA2} abgetrennt und $S_{OA\blacktriangle}$ dann in

Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt. Diese Ausführungsform wird als „Ausführungsform ♦“ abgekürzt.

- 5 Noch bevorzugter wird in der Ausführungsform ♦ der Strom S_{OA*} nach Abtrennung vom Brüdenstrom S_{OA2} verdichtet, bevor er in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird.

- 10 Die Verdichtung des Stroms S_{OA*} kann mit dem Fachmann geläufigen Mitteln erfolgen, wie es für die Verdichtung des Stroms S_{OA*} gemäß Schritt (b) in Abschnitt 4.4 beschrieben ist. So kann die Verdichtung zum Beispiel mechanisch und einstufig oder mehrstufig, bevorzugt mehrstufig, durchgeführt werden. Bei einer mehrstufigen Verdichtung können mehrere Verdichter gleicher Bauart oder Verdichter unterschiedlicher Bauart eingesetzt werden. Eine mehrstufige Verdichtung kann mit einer oder mehreren Verdichtermaschinen erfolgen. Der Einsatz einer einstufigen
- 15 Verdichtung oder einer mehrstufigen Verdichtung ist abhängig vom Verdichtungsverhältnis und somit davon, auf welchen Druck S_{OA*} verdichtet werden soll. Typischerweise erfolgt eine Verdichtung von S_{OA*} auf ein Druckniveau, welches dem in der Reaktionskolonne RR_A und/oder RR_B entspricht, in welcher/welchen S_{OA*} als Eduktstrom S_{AE1} bzw. S_{AE2} eingesetzt werden soll.

- 20 Insbesondere wird dazu mindestens ein Verdichter VD_* eingesetzt. Als Verdichter VD_* eignet sich jeder beliebige, dem Fachmann bekannte Verdichter, bevorzugt mechanische Verdichter, mit dem sich Gasströme verdichten lassen. Geeignete Verdichter sind zum Beispiel ein- oder mehrstufige Turbinen, Kolbenverdichter, Schraubenverdichter, Zentrifugalverdichter oder Axialverdichter.

4.11 Bevorzugter Aspekt: Verfahren zur Umalkoholisierung eines Alkalimetallalkoholats

- 25 In einer vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Energie, die in mindestens einem der Ströme S_{OA1} , S_{OA2} umfasst ist, für den Betrieb anderer industrieller Verfahren verwendet. Dies ist insbesondere in Verbundstandorten (Chemieparks, Technologieparks) vorteilhaft, in denen stets Bedarf für Heizwärme besteht. Gerade bei Verbunden
- 30 mit mehreren Anlagen zur Alkalimetallalkoholatherstellung kann diese Energie vorteilhaft genutzt werden. Solch Verbunde umfassen typischerweise auch Verfahren zur Herstellung von Alkalimetallalkoholaten durch Umalkoholisierung. Solche Verfahren zur Umalkoholisierung sind dem Fachmann bekannt und beispielsweise in WO 2021/122702 A1, US 3,418,383 A, DE 27 26 491 A1 und CS 213119 B1 beschrieben sind.

- 35 In einem besonderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird im Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung Energie von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} in einem Verfahren zur Herstellung eines Alkoholats $McOR$ verwendet, wobei in diesem

Verfahren M_cOR' mit $R''OH$ zu einem Rohprodukt umfassend M_cOR'' , $R'OH$ und gegebenenfalls $R''OH$ umgesetzt wird.

5 R' und R'' sind dabei zwei voneinander verschiedene C_1 bis C_7 -Kohlenwasserstoffreste, wobei in einer bevorzugten Ausführungsform der Kohlenwasserstoffrest R' mindestens ein Kohlenstoffatom weniger als R'' aufweist.

Bei den C_1 bis C_7 -Kohlenwasserstoffresten handelt es sich insbesondere um C_1 bis C_7 -Alkylreste.

10 Noch bevorzugter ist R' Methyl und R'' aus Ethyl, *n*-Propyl, *iso*-Propyl, *sec*-Butyl, 2-Methyl-2-butyl, *tert*-Butyl, 2-Methyl-2-pentyl, 3-Methyl-3-pentyl, 3-Ethyl-3-pentyl, 2-Methyl-2-hexyl, 3-Methyl-3-hexyl ausgewählt, insbesondere aus Ethyl, *iso*-Propyl, 2-Methyl-2-butyl, 3-Methyl-3-pentyl, 3-Ethyl-3-pentyl ausgewählt.

15 Bevorzugt sind R' und R'' dabei zwei voneinander verschiedene C_1 bis C_4 -Kohlenwasserstoffreste, wobei in einer noch bevorzugteren Ausführungsform der Kohlenwasserstoffrest R' mindestens ein Kohlenstoffatom weniger als R'' aufweist. Bei den C_1 bis C_4 -Kohlenwasserstoffresten handelt es sich insbesondere um C_1 bis C_4 -Alkylreste.

20 Noch bevorzugter ist R' Methyl und R'' ein C_2 bis C_4 -Kohlenwasserstoffrest, bei dem es sich bevorzugt um einen C_2 bis C_4 -Alkylrest handelt. Noch bevorzugter ist R' dann Methyl und R'' ist aus Ethyl, *n*-Propyl, *iso*-Propyl, *sec*-Butyl ausgewählt.

Am bevorzugtesten ist $R' = \text{Methyl}$ und $R'' = \text{Ethyl}$.

25 M_c ist ein Metall ausgewählt aus Lithium, Natrium, Kalium, bevorzugt Kalium, Natrium, bevorzugter Natrium.

Das bevorzugte Verfahren zur Umalkoholisierung unter Verwendung der Energie mindestens eines Teils eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} kann nach dem Fachmann bekannten Methoden durchgeführt werden.

30 In einer Ausführungsform werden beispielsweise M_cOR' mit $R''OH$ in einem geeigneten Behälter, beispielsweise einem Rührkessel vermischt und die Umsetzung unter Zufuhr der Energie mindestens eines Teils eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} durchgeführt. Die Energiezufuhr erfolgt beispielsweise über einen Wärmeüberträger **WT**, mit dem Energie von mindestens einem
35 Teil eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} auf die Reaktionsmischung umfassend M_cOR' mit $R''OH$ übertragen wird. Der sich bildende Alkohol $R'OH$ verdampft, und es wird das Rohprodukt umfassend M_cOR'' und gegebenenfalls $R''OH$ erhalten.

40 In einem bevorzugten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird im Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung in einer Reaktivrektifikationskolonne **RR_C** ein Eduktstrom **S_{CE1}** umfassend

McOR' und gegebenenfalls $\text{R}'\text{OH}$ mit einem Eduktstrom $\text{S}_{\text{CE}2}$ umfassend $\text{R}''\text{OH}$ im Gegenstrom zu einem Rohprodukt RP_C umfassend McOR'' und $\text{R}'\text{OH}$ umgesetzt,

wobei am unteren Ende von RR_C ein Sumpfproduktstrom S_{CP} umfassend McOR'' entnommen wird

- 5 und am oberen Ende von RR_C ein Brüdenstrom S_{CB} umfassend $\text{R}'\text{OH}$ entnommen wird,

und wobei Energie von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt aus $\text{S}_{\text{OA}1}$, $\text{S}_{\text{OA}2}$ auf das Rohprodukt RP_C übertragen wird.

- 10 Das Verfahren gemäß dem bevorzugten Aspekt der Erfindung (im Folgenden auch als „Umalkoholisierung“ bezeichnet) wird insbesondere in einer Reaktivrektifikationskolonne RR_C durchgeführt. Als Reaktivrektifikationskolonnen eignen sich Kolonnen, wie sie unter Abschnitt 4.1.1 im Kontext des Schrittes (a1) für RR_A beschrieben sind.

- 15 Die Reaktionskolonne RR_C wird mit oder ohne, vorzugsweise mit Rücklauf betrieben. Wird ein Rücklauf eingestellt, wird insbesondere der Brüden S_{CB} teilweise oder vollständig über einen Kondensator K_{RRC} geleitet, und der kondensierte Brüden kann dann wieder der Reaktionskolonne RR_C zugeführt oder, wenn $\text{R}' = \text{Methyl}$ ist, als Eduktstrom $\text{S}_{\text{AE}1}$ oder $\text{S}_{\text{BE}1}$ eingesetzt werden. Er kann, wenn $\text{R}' = \text{Methyl}$ ist, auch als Frischmethanol-Strom in RD_A eingesetzt werden.

20

Bei der Umalkoholisierung wird am unteren Ende von RR_C ein Sumpfproduktstrom S_{CP} umfassend McOR'' entnommen. Am oberen Ende von RR_C wird ein Brüdenstrom S_{CB} umfassend $\text{R}'\text{OH}$ entnommen.

- 25 In einer bevorzugten Ausführungsform wird, wenn $\text{R}' = \text{Methyl}$ ist, als Eduktstrom $\text{S}_{\text{CE}1}$ umfassend McOR' und gegebenenfalls $\text{R}'\text{OH}$ mindestens ein Teil von S_{AP} eingesetzt und wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ (wenn M_A und M_B unterschiedliche Alkalimetalle sind oder wenn M_A und M_B dasselbe Alkalimetall sind, insbesondere wenn M_A und M_B unterschiedliche Alkalimetalle sind) oder zusätzlich (insbesondere wenn M_A und M_B dasselbe Alkalimetall sind) mindestens ein
- 30 Teil von S_{BP} eingesetzt. Besonders bevorzugt ist dann $\text{R}'' = \text{Ethyl}$. Es findet dann demnach eine Umalkoholisierung von Alkalimetallmethanolat zum entsprechenden Alkalimetallethanolat statt.

Wenn S_{BP} und S_{AP} das gleiche Alkalimetallmethanolat umfassen, können diese beiden Ströme auch getrennt oder gemischt als $\text{S}_{\text{CE}1}$ eingesetzt werden, das heißt insbesondere erst vermischt

- 35 und dann der Kolonne RR_C als Eduktstrom $\text{S}_{\text{CE}1}$ zugeleitet werden oder getrennt der Kolonne RR_C als zwei Eduktströme $\text{S}_{\text{CE}1}$ zugeleitet werden.

Der Eduktstrom $\text{S}_{\text{CE}2}$ umfasst $\text{R}''\text{OH}$. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt der Massenanteil von $\text{R}''\text{OH}$ in $\text{S}_{\text{CE}2}$ bei ≥ 85 Gew.-%, noch bevorzugter bei ≥ 90 Gew.-%, wobei $\text{S}_{\text{CE}2}$ ansonsten

- 40 insbesondere McOR'' oder ein anderes Vergällungsmittel aufweist. Der als Eduktstrom $\text{S}_{\text{CE}2}$

eingesetzte Alkohol $R''OH$ kann auch handelsüblicher Alkohol mit einem Alkoholmassenanteil von mehr als 99.8 Gew.-% und einem Massenanteil an Wasser von bis zu 0.2 Gew.-% sein.

„Umsetzung eines Eduktstroms S_{CE1} umfassend M_cOR' und gegebenenfalls $R'OH$ mit einem
 5 Eduktstrom S_{CE2} umfassend $R''OH$ im Gegenstrom“ wird erfindungsgemäß insbesondere dadurch gewährleistet, dass die Zulaufstelle mindestens eines Teils des Eduktstroms S_{CE1} umfassend M_cOR' an der Reaktionskolonne RR_C oberhalb der Zulaufstelle des Eduktstroms S_{CE2} umfassend $R''OH$ liegt.

10 Die Reaktionskolonne RR_C wird mit oder ohne, vorzugsweise mit Rücklauf betrieben.

Die Reaktionskolonne RR_C umfasst in einer bevorzugten Ausführungsform mindestens einen Verdampfer, der insbesondere aus Zwischenverdampfern V_{ZC} und Sumpfverdampfern V_{SC} ausgewählt ist. Die Reaktionskolonne RR_C umfasst besonders bevorzugt mindestens einen
 15 Sumpfverdampfer V_{SC} .

Im Falle der Reaktionskolonne RR_C wird bei der Zwischenverdampfung mindestens ein Seitenstrom S_{ZC} aus RR_C entnommen („abgezogen“) und dem mindestens einen Zwischenverdampfer V_{ZC} zugeführt.

20

Im Falle der Reaktionskolonne RR_C wird bei der Sumpfverdampfung mindestens ein Strom, beispielsweise S_{CP} aus RR_C entnommen („abgezogen“) und mindestens ein Teil, im Falle von S_{CP} bevorzugt ein Teil, dem mindestens einen Sumpfverdampfer V_{SC} zugeführt.

25 Geeignete Verdampfer, die als Zwischenverdampfer und Sumpfverdampfer eingesetzt werden können, sind im Abschnitt 4.2.2 beschrieben.

Bei der Umalkoholisierung wird Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} auf das Rohprodukt RP_C übertragen. Dies geschieht bevorzugt
 30 dadurch, dass Energie von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} auf S_{CE1} oder S_{CE2} bevor sie in RR_C geleitet werden, übertragen wird, und dann von S_{CE1} bzw. S_{CE2} auf das in RR_C befindliche Rohprodukt RP_C , mit dem sie sich mischen, übertragen wird.

Demnach wird Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt
 35 aus S_{OA1} , S_{OA2} , insbesondere von mindestens einem Strom ausgewählt aus S_{OA11} , S_{OA12} , S_{OA2} , bevorzugt von mindestens einem Strom ausgewählt aus S_{OA11} , einem Teil von S_{OA2} auf das Rohprodukt RP_C übertragen.

„Übertragung von Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil von S_{OA1} auf das
 40 Rohprodukt RP_C “ umfasst auch die Übertragung von Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens

einem Strom ausgewählt aus S_{OA11} , S_{OA12} , Strom S_{OA1} vor dessen Auftrennung in S_{OA11} , S_{OA12} , auf das Rohprodukt RP_C .

- 5 Daneben kann auch Rohprodukt RP_C über einen Zwischenverdampfer V_{ZC} oder einen Sumpfverdampfer V_{SC} geleitet werden und in V_{ZC} bzw. V_{SC} Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} auf das Rohprodukt RP_C übertragen werden.

- 10 Daneben kann auch der Sumpfproduktstrom S_{CP} teilweise über einen Sumpfverdampfer V_{SC} geleitet und dann teilweise wieder in RR_C rückgeführt werden, wobei in V_{SC} Energie, bevorzugt Wärme, von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} auf den rückgeführten Teil von S_{CP} übertragen wird und dann, in der Kolonne RR_C , von S_{CP} auf in der Kolonne befindliches Rohprodukt RP_C übertragen wird.

- 15 Die Übertragung der Energie von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} auf die genannten Ströme erfolgt dabei direkt oder indirekt, das heißt ohne bzw. mit Wärmeträger W_1 , entsprechend wie in Abschnitt 4.1.4 beschrieben.

- 20 Die bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ermöglicht es, die Energie aus S_{OA1} , S_{OA2} , insbesondere aus S_{OA2} , S_{OA11} , S_{OA12} effizient einzusetzen. Dadurch sinkt der Gesamtenergiebedarf.

5. Beispiele

- Die nicht erfindungsgemäßen Beispiele 1 bis 3 und das erfindungsgemäße Beispiel 4 wurden wie in den Abbildungen 1 bis 3 und 9 gezeigt durchgeführt, wobei die in den Abbildungen 1 bis 3 und 9
- 5 gezeigte optionale Führung des Rücklaufs <311> und die in Abbildungen 3 und 9 gezeigte Verdichtung des Stromes S_{OA*} <307> mit Verdichter VD_* <411> in den jeweiligen Beispielen 1 bis 4 nicht realisiert wurden.

5.1 Beispiel 1 (nicht erfindungsgemäß), entspricht Abbildung 1:

- 10 Ein Strom wässriger NaOH (50 Gew.-%) S_{AE2} <102> von 100 kg/h wird mit 30 °C am Kopf einer Reaktionskolonne RR_A <100> zugeführt. Im Gegenstrom wird ein dampfförmiger Methanolstrom S_{AE1} <103> von 1034.9 kg/h am Sumpf der Reaktionskolonne RR_A <100> zugeführt. Die Reaktionskolonne RR_A <100> wird bei einem Kopfdruck von 2.15 bar abs. betrieben. Am Sumpf der Kolonne RR_A <100> wird ein nahezu wasserfreier Produktstrom S_{AP} <104> von 219.7 kg/h
- 15 entnommen (30 Gew.-% Natriummethanolat in Methanol). Am Verdampfer V_{SA} <105> der Reaktionskolonne RR_A <100> werden ca. 24 kW Heizleistung mit Hilfe von Niederdruckdampf eingespeist. Ein dampfförmiger Methanol-Wasser-Strom S_{AB} <107> wird am Kopf der Reaktionskolonne RR_A <100> entnommen, davon werden 80 kg/h im Kondensator K_{RRA} <108> kondensiert und als Rücklauf auf die Reaktionskolonne RR_A <100> zurückgeführt, der
- 20 verbleibende Strom von 915.2 kg/h wird einer Rektifikationskolonne RD_A <300> zugeführt. Die Rektifikationskolonne RD_A <300> wird bei einem Kopfdruck von 2.0 bar abs. betrieben. Am Sumpf der Rektifikationskolonne RD_A <300> wird ein flüssiger Wasserstrom S_{UA} <304> von 72.2 kg/h abgeführt (500 Gew.-ppm Methanol). Am Kopf der Rektifikationskolonne RD_A <300> wird ein dampfförmiger Methanolstrom S_{OA} <302> (2 bar, 83 °C; 200 Gew.-ppm Wasser) von 1903.6 kg/h
- 25 entnommen, davon werden 63.9 kg/h in einem Kondensator K_{RD} <407> kondensiert, der verbleibende Strom wird einem ersten Verdichter VD_{AB2} <303> zugeführt und dort auf 2.6 bar abs. verdichtet. Anschließend wird der Strom aufgeteilt, ein Strom S_{OA*} <307> von 1034.9 kg/h wird zu der Reaktionskolonne RR_A <100> zurückgeführt. Der Rest S_{OA*} <306> von 804.8 kg/h wird einer mehrstufigen Verdichtung mit Zwischenkühlung zugeführt. Im Verdichter VD_1 <401> wird der Strom
- 30 auf $p_{OA1} = 4.8$ bar abs. und $T_{OA1} = 156$ °C verdichtet, man erhält Strom S_{OA1} <403>. In der anschließenden Zwischenkühlung im Zwischenkühler WT_x <402> wird der Strom auf 145 °C abgekühlt, wobei rund 4.4 kW an Wärme über Kühlwasser abgeführt werden. Im Verdichter VD_x <405> wird der Strom S_{OA1} <403> schließlich weiter auf 9.0 bar und 200 °C verdichtet, man erhält Strom S_{OA2} <404>. Im nachfolgenden Kondensator, der zugleich der Sumpfverdampfer V_{SRD} <406>
- 35 der Rektifikationskolonne RD_A <300> ist, werden die ca. 238 kW an Heizleistung für die Rektifikationskolonne RD_A <300> zur Verfügung gestellt. Der dabei kondensierende Methanolstrom <404> wird zusammen mit 191.9 kg/h Frischmethanol (1000 Gew.-ppm Wasser) <408> und den 63.9 kg/h zuvor kondensierten Brüden gemischt und zurück auf den Kopf der Rektifikationskolonne RD_A <300> aufgegeben.

Die Verdichterleistung beträgt in Summe rund 55 kW. Zusammen mit den 24 kW für den Heizdampf ergibt sich ein Leistungsbedarf von rund 79 kW für Verdichter und Heizdampf.

5.2 Beispiel 2 (nicht erfindungsgemäß), entspricht Abbildung 2:

- 5 Die Anordnung im nicht erfindungsgemäßen Beispiel 2 entspricht jenem gemäß Beispiel 1 mit folgenden Unterschieden:

- Die Rektifikationskolonne **RD_A** <300> weist einen Zwischenverdampfer **V_{ZRD}** <409> auf. Dabei wird der Rektifikationskolonne **RD_A** <300> ein Flüssigkeitsstrom **S_{ZA}** <305> mit 94 °C entnommen. Auf diesen wird im Zwischenverdampfer **V_{ZRD}** <409> rund 230 kW Wärme übertragen, wobei der Strom teilweise verdampft und anschließend wieder der Rektifikationskolonne **RD_A** <300> zugeführt wird. Am Kopf der Rektifikationskolonne **RD_A** <300> wird ein dampfförmiger Methanolstrom **S_{OA}** <302> (200 Gew.-ppm Wasser) von 1887.1 kg/h entnommen, davon werden 89.4 kg/h in einem Kondensator **K_{RD}** <407> kondensiert. Der verbleibende Strom wird wie im Beispiel 1 in einem ersten Verdichter **VD_{AB2}** <303> auf 2.6 bar abs. verdichtet. Anschließend wird ein Teilstrom von 1034.9 kg/h zur Reaktionskolonne **RR_A** <100> zurückgeführt. Der Rest von 762.8 kg/h wird auf 5.6 bar abs. und 168 °C verdichtet, man erhält Strom **S_{OA1}** <403>. Im nachfolgenden Kondensator, der zugleich der Zwischenverdampfer **V_{ZRD}** <409> der Rektifikationskolonne **RD_A** <300> ist, werden die ca. 230 kW an Heizleistung für die Rektifikationskolonne **RD_A** <300> zur Verfügung gestellt. Der dabei kondensierende Methanolstrom <403> wird zusammen mit 191.9 kg/h Frischmethanol <408> und den 89.4 kg/h zuvor kondensierten Brüden gemischt und zurück auf den Kopf der Rektifikationskolonne **RD_A** <300> aufgegeben. Am Sumpfverdampfer **V_{SRD}** <406> der Rektifikationskolonne **RD_A** <300> werden ca. 20 kW Heizleistung mit Hilfe von Niederdruckdampf eingetragen. Gegenüber Beispiel 1 muss der Brüdenstrom nicht auf 9 bar abs., sondern nur auf 5.6 bar abs. verdichtet werden, um die Wärme an den Verdampfer **V_{ZRD}** <409> abgeben zu können, da die Siedetemperatur im Zwischenverdampfer **V_{ZRD}** <409> geringer als im Sumpfverdampfer **V_{SRD}** <406> ist.

- Die Verdichterleistung beträgt in Summe somit nur rund 38 kW (statt 55 kW), dafür erhöht sich der Heizdampfbedarf gegenüber Beispiel 1 auf rund 44 kW, da im Sumpfverdampfer **V_{SRD}** <406> eine Heizleistung von 20 kW erforderlich ist und diese mit Wärme mithilfe von Niederdruckdruck eingetragen wird.

Der Leistungsbedarf für Verdichter und Heizdampf beträgt in Summe somit rund 82 kW.

- 35 5.3 Beispiel 3 (nicht erfindungsgemäß), entspricht Abbildung 3:

Die Anordnung im nicht erfindungsgemäßen Beispiel 3 entspricht jener gemäß den Beispielen 1 und 2 mit folgenden Unterschieden:

Am Kopf der Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ wird ein dampfförmiger Methanolstrom $S_{OA} <302>$ (200 Gew.-ppm Wasser) von 1898.9 kg/h entnommen, davon werden 33.9 kg/h in einem Kondensator $K_{RD} <407>$ kondensiert. Der verbleibende Strom wird wie im Beispiel 2 in einem ersten Verdichter $VD_{AB2} <303>$ auf 2.6 bar abs. verdichtet und anschließend ein Teilstrom $S_{OA*} <307>$ von 1034.9 kg/h zur Reaktionskolonne $RR_A <100>$ zurückgeführt. Der Rest $S_{OA*} <306>$ von 830.1 kg/h wird zunächst auf 5.6 bar abs. und 169 °C verdichtet, wodurch man den Strom $S_{OA1} <403>$ erhält. Von diesem Strom wird ein Teil $S_{OA11} <4031>$ (761.7 kg/h) in einen nachfolgenden Kondensator geleitet, der zugleich der Zwischenverdampfer $V_{ZRD} <409>$ der Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ ist, und ca. 230 kW an Heizleistung für die Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ zur Verfügung gestellt. Der andere Teil $S_{OA12} <4032>$ (68.4 kg/h) wird anschließenden in einer Zwischenkühlung im Zwischenkühler $WT_x <402>$ auf ca. 154 °C abgekühlt, wobei ca. 0.5 kW an Wärme über Kühlwasser abgeführt werden. Anschließend wird der Strom $S_{OA12} <4032>$ in einem weiteren Verdichter $VD_x <405>$ verdichtet, man erhält Strom $S_{OA2} <404>$ mit $p_{OA2} = 9.0$ bar und $T_{OA2} = 196$ °C. Im nachfolgenden Kondensator, der zugleich der Sumpfverdampfer $V_{SRD} <406>$ der Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ ist, werden ca. 20 kW an Heizleistung für die Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ zur Verfügung gestellt. Die im Zwischen- und Sumpfverdampfer $V_{ZRD} <409>$ und $V_{SRD} <406>$ kondensierten Methanolströme $S_{OA11} <4031>$ und $S_{OA2} <404>$ werden zusammen mit 191.9 kg/h Frischmethanol $<408>$ und den 33.9 kg/h zuvor kondensierten Brüden gemischt und zurück auf den Kopf der Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ aufgegeben.

Der Verdichterleistung beträgt in Summe rund 42 kW (statt 55 kW in Beispiel 1). Da kein Niederdruckdampf für den Sumpfverdampfer $V_{SRD} <406>$ erforderlich ist, müssen wie in Beispiel 1 nur rund 24 kW mittels Heizdampf zur Verfügung gestellt werden. Der Leistungsbedarf für Verdichter und Heizdampf sinkt in Summe somit auf rund 66 kW.

Gegenüber Beispiel 1 muss nur ein geringerer Brüdenstrom auf 9 bar abs. verdichtet werden, ein Großteil des Brüdenstroms muss wie in Beispiel 2 nur auf 5.6 bar abs. verdichtet werden, so dass die Gesamt-Verdichterleistung sinkt. Gegenüber Beispiel 2 ist im stationären Betrieb jedoch kein Niederdruckdampf im Sumpfverdampfer $V_{SRD} <406>$ erforderlich, sodass der Heizdampfbedarf gegenüber Beispiel 2 sinkt.

Die aufzuwendende Gesamtenergie wird durch das Verfahren gemäß Beispiel 3 minimiert.

Dennoch weist diese Ausführungsform den Nachteil auf, dass die im Strom $S_{AP} <104>$ vorhandene Energie ungenutzt dissipiert. Strom $S_{AP} <104>$ wird mit einer Temperatur von 105 °C am Sumpf der Kolonne $RR_A <100>$ erhalten. Da dieser Strom $S_{AP} <104>$ bei der erhaltenen Temperatur von 105 °C nicht handhabbar und lagerfähig ist, muss er erst auf 50 °C abgekühlt werden, bevor er in einen Lagertank gefahren werden kann. Dies geschieht üblicherweise, in dem er abkühlen gelassen wird, wodurch ein Teil der in ihm gespeicherten Energie ungenutzt dissipiert. Ebenso wenig wird die Restenergie des kondensierten Stroms $<4031>$ verwendet.

5.4 Beispiel 4 (erfindungsgemäß), entspricht Abbildung 9:

Die für das erfindungsgemäße Beispiel 4 genutzte Verfahren ist in Abbildung 9 dargestellt. Dieses
 5 entspricht dem Verfahren nach Beispiel 3 mit folgenden Unterschieden.

Der Teil des Brüdenstroms $S_{OA} <302>$, der nicht als Rücklauf über den Kondensator $K_{RD} <407>$ auf die Rektifikationskolonne $RD_A <300>$ rückgeführt wird, wird über den Wärmeübertrager $WT_{AB2} <418>$ geführt. Dieser Wärmeübertrager $WT_{AB2} <418>$ besteht aus einem Behälter, in dem
 10 mehrere Platten-Wärmeübertrager-Pakete installiert werden können (vgl. Abbildung 16 A). In $WT_{AB2} <418>$ sind zwei Plattenpakete installiert, um die Restwärmen der Ströme $S_{AP} <104>$ und $S_{OA1} <4031>$ für das System nutzbar zu machen. Der kondensierte Strom $S_{OA1} <4031>$ wird bevorzugt über das erste Plattenpaket $<81>$ gefahren und der Sumpfstrom $S_{AP} <104>$ wird bevorzugt über das zweite Plattenpaket $<82>$ gefahren. In beiden Plattenpaketen werden ein Teil
 15 der jeweiligen Restwärmen auf den Brüdenstroms $S_{OA} <302>$, übertragen, der dadurch um 10 K (von 67 °C auf 77 °C) überhitzt wird. Zum einen kann so eine Tropfenbildung (durch Druckverluste) auf der Saugseite des Verdichters $VD_{AB2} <303>$ verhindert werden, zum anderen wird die Überhitzung in der Reaktionskolonne $RR_A <100>$ genutzt. Die Heizleistung des dampfbetriebenen Sumpfordampfers $V_{SA} <105>$ wird durch die Wärmeintegration des Wärmeübertragers $WT_{AB2} <418>$ um 46 % reduziert. Durch die Überhitzung des durch den Wärmeüberträger $WT_{AB2} <418>$ geleiteten Teil des Brüdenstroms $S_{OA} <302>$ steigt die Leistung der mehrstufigen Verdichtung in den Verdichtern $VD_{AB2} <303>$ und $VD_1 <401>$ außerdem um 3 %. Zusätzlich wird durch diese Maßnahme die Wahrscheinlichkeit der Tropfenbildung auf der Saugseite der Verdichter, welche insbesondere das Laufrad stark beschädigen kann, stark reduziert. Somit erhöht sich die Laufzeit
 20 des mehrstufigen Verdichters. Der Sumpfstrom $S_{AP} <104>$ wird schließlich durch diese Vorgehensweise auf 87 °C gekühlt, wodurch seine Handhabung bei der Lagerung deutlich vereinfacht wird.

Ergebnis: Durch die Vorgehensweise gemäß Beispiel 3, den Brüdenstrom stufenweise zu
 30 verdichten und damit den Zwischenverdampfer und Sumpfordampfer mit dem unterschiedlich verdichteten Brüden zu betreiben, kann überraschenderweise Energie eingespart werden. Zusätzlich erlaubt die erfindungsgemäße Vorgehensweise gemäß Beispiel 4 eine weitere Einsparung von Energie und ermöglicht, wenn die Energieübertragung vom Sumpfstrom $S_{AP} <104>$ vor der Verdichtung des Teils des Brüdenstromes $S_{OA} <302>$ erfolgt, eine Verlängerung
 35 der Lebensdauer der Verdichter. Zusätzlich vereinfacht sich die Handhabung des Sumpfstroms $S_{AP} <104>$.

Abbildung 17 zeigt den Vergleich der in den jeweiligen Beispielen aufzuwendenden Energie. Aus dieser Abbildung geht hervor, dass das erfindungsgemäße Vorgehen gemäß Beispiel 4 das energieeffizienteste ist.

6. Abkürzungen

Reaktionskolonne RR_A	<100>
Eduktstrom S_{AE2} , umfassend z.B. NaOH-, LiOH-, oder KOH-Lösung (wässrig oder methanolisch)	<102>
Eduktstrom S_{AE1} , umfassend Methanol	<103>
Sumpfproduktstrom S_{AP} , umfassend Methanol und Na-, K-, oder Li-Methanolat	<104>
Sumpfverdampfer V_{SA}	<105>
Sumpfverdampfer V_{SA} (optional)	<106>
Brüdenstrom S_{AB}	<107>
Kondensator K_{RRA}	<108>
Teil des Stromes S_{AP} , von welchem keine Energie übertragen wird (optional)	<309>
Zwischenverdampfer V_{ZA}	<110>
Seitenstrom S_{ZAA}	<111>
Reaktionskolonne RR_B	<200>
Eduktstrom S_{BE2} , umfassend z.B. KOH-Lösung (wässrig oder methanolisch)	<202>
Eduktstrom S_{BE1} , umfassend Methanol	<203>
Sumpfproduktstrom S_{BP} , umfassend Methanol und K-Methanolat	<204>
Sumpfverdampfer V_{SB}	<205>
Sumpfverdampfer V_{SB} (optional)	<206>
Brüdenstrom S_{BB}	<207>
Kondensator K_{RRB}	<208>
Zwischenverdampfer V_{ZB}	<210>
Seitenstrom S_{ZBA}	<211>
Rektifikationskolonne RD_A	<300>
Brüdenstrom S_{OA}	<302>
Verdichter VD_{AB2} ; dies ist der Verdichter, der erfindungsgemäß den Strom S_{OA} oder einen Teil des Stroms S_{OA} vorverdichtet. Mindestens ein Teil S_{OA*} des so vorverdichteten Stroms S_{OA} wird dann im Verdichter VD_1 zu S_{OA1} verdichtet	<303>
Sumpfstrom S_{UA} umfassend Wasser	<304>
Seitenstrom S_{ZA}	<305>
S_{OA*} (Teil von S_{OA} , der in Verdichter VD_1 zu S_{OA1} verdichtet wird)	<306>
S_{OA*} : von S_{OA*} verschiedener Teil des Brüdenstromes S_{OA}	<307>
S_{OA*} : von S_{OA11} verschiedener Teil des verdichteten Brüdenstroms S_{OA1}	<308>
Einbauten in RD_A	<310>
optionale Führung des Rücklaufs eines Teils von S_{OA}	<311>
S_{UA1} (Teil des Sumpfstroms S_{UA})	<320>

Verdichter VD₁ ; dies ist der Verdichter, der erfindungsgemäß den Strom S_{OA} oder einen Teil S_{OA*} des Stromes S_{OA} zu S_{OA1} verdichtet	<401>
Zwischenkühler WT_x (optional, wenn gepunktet dargestellt)	<402>
gegenüber Brüdenstrom S_{OA} verdichteter Brüdenstrom S_{OA1}	<403>
S_{OA11} (Teil des verdichteten Brüdenstroms S_{OA1} , von dem Energie auf Seitenstrom S_{ZA} übertragen wird)	<4031>
S_{OA12} (Teil des verdichteten Brüdenstroms S_{OA1} , der zum Brüdenstrom S_{OA2} verdichtet wird)	<4032>
S_{OA13} (Teil des verdichteten Brüdenstroms S_{OA1} , der als Rücklauf auf die Kolonne RD_A rückgeführt wird)	<4033>
S_{OA2} : gegenüber Brüdenstrom S_{OA1} verdichteter Brüdenstrom. Von ihm bzw. einem Teil S_{OA21} wird Energie auf den Sumpfstrom S_{UA} übertragen.	<404>
Teil S_{OA21} von S_{OA2}	<4041>
Verdichter VD_x	<405>
Sumpfordampfer V_{SRD}	<406>
Kondensator K_{RD}	<407>
Optionaler Strom frischen Methanols	<408>
Zwischenverdampfer V_{ZRD}	<409>
Sumpfordampfer V_{SRD}*	<410>
Verdichter VD_*	<411>
Wärmeüberträger WT_*	<412>
Verdichter VD_v	<415>
Wärmeüberträger WT_v	<416>
Wärmeüberträger WT_*	<417>
Wärmeüberträger WT_{AB2}	<418>
Kondensatbehälter	<419>
Optionaler Druckausgleich	<420>
Pumpe	<501>
Wärmeträgermedium W₁	<502>
Reaktivrektifikationskolonne RR_C	<600>
Eduktstrom S_{CE1}	<602>
Eduktstrom S_{CE2}	<603>
Sumpfproduktstrom S_{CP}	<604>
Sumpfordampfer V_{SC}	<605>
Sumpfordampfer V_{SC}*	<606>
Brüdenstrom S_{CB}	<607>
Kondensator K_{RRC}	<608>
Kondensat des Brüdenstroms S_{CB}	<609>

Seitenstrom S_{zc}	<610>
Zwischenverdampfer V_{zc}	<611>
Besonderer Wärmeüberträger	<8>
Platten (oder auch „Plattenpaket“)	<81>, <82>, <83>
Bereiche innerhalb des Behälters	<80>, <87>, <88>, <89>
Dem zu beheizendem Strom S_{oA} zugewandte Seite der Platte <83>	<831>
Dem zu beheizendem Strom S_{oA} abgewandte Seite der Platte <83>	<832>
Behälter	<84>
Ventile	<85>, <86>
Perforation	<90>

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung mindestens eines Alkalimetallmethanolats der Formel M_AOCH_3 , wobei M_A ein Metall ausgewählt aus Natrium, Kalium, Lithium ist, wobei:
- 5 (a1) ein Eduktstrom S_{AE1} umfassend Methanol mit einem Eduktstrom S_{AE2} umfassend $MAOH$ im Gegenstrom in einer Reaktivrektifikationskolonne RR_A zu einem Rohprodukt RP_A umfassend $MAOCH_3$, Wasser, Methanol, $MAOH$ umgesetzt wird,
- 10 wobei am unteren Ende von RR_A ein Sumpfproduktstrom S_{AP} umfassend Methanol und $MAOCH_3$ entnommen wird und am oberen Ende von RR_A ein Brüdenstrom S_{AB} umfassend Wasser und Methanol entnommen wird,
- (a2) und gegebenenfalls, gleichzeitig mit und räumlich getrennt von Schritt (a1), ein Eduktstrom
- 15 S_{BE1} umfassend Methanol mit einem Eduktstrom S_{BE2} umfassend $MBOH$ im Gegenstrom in einer Reaktivrektifikationskolonne RR_B zu einem Rohprodukt RP_B umfassend $MOCH_3$, Wasser, Methanol, $MBOH$ umgesetzt wird, wobei M_B aus Natrium, Kalium, Lithium ausgewählt ist,
- wobei am unteren Ende von RR_B ein Sumpfproduktstrom S_{BP} umfassend Methanol und $MOCH_3$
- 20 entnommen wird und am oberen Ende von RR_B ein Brüdenstrom S_{BB} umfassend Wasser und Methanol entnommen wird,
- (a3) mindestens ein Teil des Brüdenstroms S_{AB} , und, wenn Schritt (a2) durchgeführt wird, mindestens ein Teil des Brüdenstrom S_{BB} , vermischt mit S_{AB} oder getrennt von S_{AB} , in eine
- 25 Rektifikationskolonne RD_A geleitet wird und in RD_A in mindestens einen Brüdenstrom S_{OA} umfassend Methanol, der am oberen Ende von RD_A entnommen wird, und mindestens einen Strom S_{UA} umfassend Wasser, der am unteren Ende von RD_A entnommen wird, aufgetrennt wird,
- (b) mindestens ein Teil von S_{OA} , S_{OA*} , verdichtet wird, wodurch ein gegenüber S_{OA} verdichteter
- 30 Brüdenstrom S_{OA1} erhalten wird,
- (c) mindestens ein Seitenstrom S_{ZA} aus RD_A entnommen wird und wieder in RD_A rückgeführt wird,
- (d) Energie von einem ersten Teil S_{OA11} des verdichteten Brüdenstroms S_{OA1} auf S_{ZA} übertragen
- 35 wird, bevor S_{ZA} in RD_A rückgeführt wird,
- (e) ein von S_{OA11} verschiedener Teil des verdichteten Brüdenstroms S_{OA1} , S_{OA12} , weiter verdichtet wird, wodurch ein gegenüber S_{OA11} verdichteter Brüdenstrom S_{OA2} erhalten wird,

(f) Energie von mindestens einem Teil S_{OA21} von S_{OA2} auf mindestens einen Teil S_{UA1} von S_{UA} übertragen wird, bevor S_{UA1} in RD_A rückgeführt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

5

(g) Energie von mindestens einem Teil von S_{AP} auf mindestens einen Teil eines oder mehrerer Ströme S_{XA} übertragen wird, und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, zusätzlich oder alternativ Energie von mindestens einem Teil von S_{BP} auf mindestens einen Teil eines oder mehrerer Ströme S_{XB} übertragen wird,

10

wobei S_{XA} und S_{XB} unabhängig voneinander jeweils aus der Gruppe bestehend aus S_{OA} , S_{OA1} , S_{OA2} ausgewählt sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in Schritt (d) Energie von S_{OA11} auf S_{ZA} in einem Zwischenverdampfer V_{ZRD} übertragen wird.

15

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei in Schritt (f) Energie von mindestens einem Teil S_{OA21} von S_{OA2} auf den mindestens einen Teil S_{UA1} von S_{UA} in einem Sumpfverdampfer V_{SRD} übertragen wird.

20

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei Energie von S_{OA11} , nachdem Energie von S_{OA11} auf S_{ZA} gemäß Schritt (d) übertragen wurde, auf S_{OA} übertragen wird, und/oder Energie von mindestens einem Teil S_{OA21} von S_{OA2} , nachdem Energie von diesem auf den mindestens einen Teil S_{UA1} von S_{UA} gemäß Schritt (f) übertragen wurde, auf S_{OA} übertragen wird.

25

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei mindestens zwei der Kolonnen ausgewählt aus Rektifikationskolonne RD_A , Reaktionskolonne RR_A und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, Reaktionskolonne RR_B in einem Kolonnenmantel untergebracht sind, wobei die Kolonnen mindestens teilweise durch eine bis zum Boden der Kolonne durchgezogene Trennwand voneinander getrennt sind.

30

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein von S_{OA*} verschiedener Teil des Brüdenstroms S_{OA} , S_{OA*} , von S_{OA} abgetrennt wird und S_{OA*} dann in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird.

35

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Strom S_{OA*} nach Abtrennung vom Brüdenstrom S_{OA} verdichtet wird, bevor er in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird.

40

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei ein von S_{OA11} und von S_{OA12} verschiedener Teil des Brüdenstroms S_{OA1} , $S_{OA\vee}$, von S_{OA1} abgetrennt wird und $S_{OA\vee}$ dann in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird.
- 5
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Strom $S_{OA\vee}$ nach Abtrennung vom Strom S_{OA1} verdichtet wird, bevor er in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird.
- 10
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei ein von S_{OA21} verschiedener Teil des Brüdenstroms S_{OA2} , $S_{OA\star}$, von S_{OA2} abgetrennt wird und $S_{OA\star}$ dann in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird.
- 15
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Strom $S_{OA\star}$ nach Abtrennung vom Brüdenstrom S_{OA2} verdichtet wird, bevor er in Schritt (a1) als Eduktstrom S_{AE1} und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich in Schritt (a2) als Eduktstrom S_{BE1} eingesetzt wird.
- 20
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der mindestens eine Teil des Stromes S_{XA} verdichtet wird, nachdem auf ihn in Schritt (g) Energie vom mindestens einen Teil von S_{AP} übertragen wurde und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, zusätzlich oder alternativ der mindestens eine Teil des Stromes S_{XB} verdichtet wird, nachdem auf ihn in Schritt (g) Energie vom mindestens einen Teil von S_{BP} übertragen wurde.
- 25
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei in Schritt (g) S_{XA} und S_{XB} unabhängig voneinander jeweils aus der Gruppe bestehend aus S_{OA} , S_{OA1} ausgewählt sind.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei in Schritt (g) S_{XA} und S_{XB} jeweils S_{OA} sind.
- 30
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei Energie von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} auf das Rohprodukt RP_A und, falls Schritt (a2) durchgeführt wird, alternativ oder zusätzlich auf das Rohprodukt RP_B übertragen wird.
- 35
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei Energie von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt aus S_{OA1} , S_{OA2} in einem Verfahren zur Herstellung eines Alkoholats M_cOR'' verwendet wird, wobei in diesem Verfahren M_cOR' mit $R''OH$ zu einem Rohprodukt umfassend M_cOR'' , $R'OH$ und gegebenenfalls $R''OH$ umgesetzt wird,
- wobei R' und R'' zwei voneinander verschiedene C_1 bis C_7 -Kohlenwasserstoffreste sind und M_c ein
- 40 Metall ausgewählt aus Lithium, Natrium, Kalium ist.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei in einer Reaktivrektifikationskolonne **RR_C** ein Eduktstrom **S_{CE1}** umfassend **M_COR'** mit einem Eduktstrom **S_{CE2}** umfassend **R''OH** im Gegenstrom zu einem Rohprodukt **RP_C** umfassend **M_COR''** und **R'OH** umgesetzt wird,
- 5 wobei am unteren Ende von **RR_C** ein Sumpfproduktstrom **S_{CP}** umfassend **M_COR''** entnommen wird und am oberen Ende von **RR_C** ein Brüdenstrom **S_{CB}** umfassend **R'OH** entnommen wird,
- und wobei Energie von mindestens einem Teil eines Stroms ausgewählt aus **S_{OA1}**, **S_{OA2}** auf das
- 10 Rohprodukt **RP_C** übertragen wird.
18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei **R' = Methyl** ist.
19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei **S_{AP}** nach dem Verfahren nach Anspruch 1 bis 15 erhalten
- 15 wird, und wobei mindestens ein Teil von **S_{AP}** als **S_{CE1}** eingesetzt wird.
20. Verfahren nach Anspruch 18, wobei **S_{BP}** nach dem Verfahren nach Anspruch 1 bis 15 unter Durchführung des Schrittes (a2) erhalten wird, und wobei mindestens ein Teil von **S_{BP}** als **S_{CE1}** eingesetzt wird.
- 20
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei **R'' = Ethyl** ist.