

5

10

15

Trennverfahren für alternative Gasgemische für die Verwendung als Isolationsmedien

20 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Rückgewinnung eines Nutzgases aus einem Gasgemisch, bestehend aus einem Nutzgas und zumindest einem Sekundärgas, wobei das Gasgemisch zunächst komprimiert und in einen Druckbehälter überführt wird, wo eine Kühlung erfolgt. Aus dem Druckbehälter wird dann eine sekundärhaltige Gasphase entnommen und verflüssigtes Nutzgas in einen Aufreinigungsbehälter überführt. In dem Aufreinigungsbehälter wird dann das verflüssigte Nutzgas erwärmt und durch Absaugung
25 einer weiteren Gasphase aufgereinigt. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Anlage zur Rückgewinnung eines Nutzgases aus einem Gasgemisch. Schließlich betrifft die Erfindung die Verwendung einer Anlage zur Durchführung eines Verfahrens zur Rückgewinnung eines Nutzgases aus einem Gasgemisch.

In technischen Anwendungen kommen oftmals Gasgemische zum Einsatz. Nach dem Einsatz dieser Gemische ist es meist erforderlich, diese wieder in ihre einzelnen Gasbestandteile zu zerlegen, um die Bestandteile zu entsorgen oder weiterzuverwenden.

Gasgemische kommen beispielsweise als Schutzgas für elektrische Schaltanlagen zum Einsatz. In der Vergangenheit war ein sehr gängiges Schutzgas SF₆, welches sehr gute isolierende Eigenschaften aufweist. Allerdings ist SF₆ klimaschädlich, so dass in jüngerer Vergangenheit andere Schutz- oder Isoliergase entwickelt wurden, die technisch ähnliche Eigenschaften wie SF₆ aufweisen und gleichzeitig umweltfreundlicher sind. Diese alternativen Schutz- oder Isoliergase werden durch Gasgemische gebildet. Beispielsweise basieren solche Gasgemische auf C₄-Nitril (2,3,3,3-Tetrafluoro-2-(trifluoromethyl)propannitril) oder C₅-Keton (1,1,1,3,4,4,4-Heptafluoro-3-(trifluoromethyl)butan-2-on). Diese Gase, auf welchen Gasgemische zur Bildung eines Schutz- oder Isoliergases basieren, werden im Folgenden als Nutzgase bezeichnet. Für die Bildung eines Gasgemisches als Schutz- oder Isoliergas werden dem Nutzgas ein oder mehrere sogenannte Sekundärgase beigemischt. Bei diesen Sekundärgasen kann es sich beispielsweise um Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid handeln. Die Mischungsverhältnisse zwischen Nutzgas und Sekundärgas

werden an die Anwendung, in der das Gasgemisch zum Einsatz kommt angepasst. Bei dem Einsatz eines solchen Gasgemisches, beispielsweise als Isoliergas in einer Schaltanlage, kann es vorkommen, dass diese Gasgemische verunreinigt werden, beispielsweise wenn ungewollt eine Beimischung von Luft entsteht. In diesem Fall entsteht ein Gasgemisch mit weiteren, ungewollten Komponenten, welche auch als Sekundärgase bezeichnet werden.

Es besteht somit Bedarf an Lösungen, Gasgemische bestehend aus einem Nutzgas und zumindest einem Sekundärgas wieder in ihre einzelnen Gaskomponenten zu zerlegen. Zum einen ist es erforderlich, unbeabsichtigt verunreinigte Gasgemische von den Verunreinigungen zu befreien. Darüber hinaus besteht auch Bedarf, nicht verunreinigte Gasgemische wieder in ihre einzelnen Komponenten zu zerlegen um aus den einzelnen Komponenten neue Gasgemische, beispielsweise unter anderen Mischungsverhältnissen der einzelnen Komponenten zueinander zu erzeugen. Ein großer Bedarf an solchen Lösungen besteht insbesondere im Bereich der Schutz- und Isoliergase für elektrische Schaltanlagen. Allerdings müssen auch in anderen technischen Bereichen Gasgemische zuverlässig getrennt und Nutzgase aus Gasmischungen rückgewonnen werden.

Die Aufgabe der Erfindung besteht somit darin, Lösungen vorzuschlagen Gasgemische zuverlässig in ihre einzelnen Komponenten auftrennen zu können.

- 20 Diese Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch ein Verfahren zur Rückgewinnung eines Nutzgases aus einem Gasgemisch, bestehend aus einem Nutzgas und zumindest einem Sekundärgas, umfassend zumindest die Schritte,
- A) Kompression des Gasgemisches in einem Kompressor,
 - B) Überführung des komprimierten Gasgemisches in einen Druckbehälter,
 - 25 C) Kühlen des komprimierten Gasgemisches im Druckbehälter bis das Nutzgas in die flüssige Phase übergeht und eine sekundärgashaltige Gasphase verbleibt, wobei der Druck im Druckbehälter so eingestellt wird, dass er zumindest doppelt so hoch wie der Dampfdruck des Nutzgases bei der aktuellen Temperatur im Druckbehälter liegt und der Druck im Druckbehälter mindestens 5 % niedriger als der Dampfdruck des Sekundärgases bei der aktuellen Temperatur im Druckbehälter liegt,
 - 30 D) Entnahme der sekundärgashaltigen Gasphase aus dem Druckbehälter,
 - E) Überführung des verflüssigten Nutzgases vom Druckbehälter in einen Aufreinigungsbehälter,
 - F) Erwärmung des verflüssigten Nutzgases im Aufreinigungsbehälter,
 - G) Absaugung der Gasphase aus dem Aufreinigungsbehälter solange, bis der Innendruck im Aufreinigungsbehälter dem Dampfdruck des Nutzgases bei der aktuellen Temperatur im Aufreinigungsbehälter entspricht.
 - 35

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dazu vorgesehen ein Gasgemisch aufzutrennen und ein Nutzgas daraus zurückzugewinnen. Das Gasgemisch besteht aus einem Nutzgas und zumindest einem Sekundärgas. Üblicherweise weist das Gasgemisch jedoch mehrere Sekundärgase auf. Durch die Rückgewinnung des Nutzgases aus dem Gemisch bleibt das zumindest eine Sekundärgas übrig, sodass eine Auftrennung des Gasgemisches erfolgt.

In einem ersten Verfahrensschritt erfolgt eine Kompression des Gasgemisches, wofür ein Kompressor verwendet wird. Das Gasgemisch wird dabei auf einen geeigneten Druck verdichtet. Das erfindungsgemäße Verfahren zielt darauf ab, das Nutzgas zu verflüssigen, das oder die Sekundärgase jedoch in der gasförmigen Phase zu erhalten. So ist eine Auftrennung durch Entnahme entweder des gasförmigen Sekundärgases oder des flüssigen Nutzgases besonders einfach. Ein geeigneter Druck, der im ersten Verfahrensschritt durch die Kompression eingestellt wird, ist somit so zu wählen, dass geeigneter Weise das Nutzgas in einem späteren Verfahrensschritt verflüssigt wird, das oder die Sekundärgase jedoch nicht. Idealerweise erfolgt die Einstellung eines solchen geeigneten Druckes ausschließlich durch die initiale Kompression im Kompressor. Alternativ kann zwischen dem Kompressor und dem Druckbehälter oder im Druckbehälter eine zusätzliche Anpassung des Druckes, beispielsweise durch eine weitere Kompression oder eine Entspannung vorgesehen werden.

In einem zweiten Verfahrensschritt wird das komprimierte Gasgemisch in einen Druckbehälter überführt. Der Druckbehälter ist der Ort, an dem eine erste Zerlegung des Gasgemisches in seine einzelnen Komponenten erfolgt. Das Gasgemisch wird unter dem zuvor bei der Kompression erzeugten Druck in den Druckbehälter überführt und dort zunächst zwischengespeichert. Auf dem Weg zwischen dem Kompressor zum Druckbehälter sind Ventile und Einrichtungen zur Reinigung des Gasgemisches, wie beispielsweise Filter vorgesehen werden. Der Druckbehälter umfasst eine Kühleinheit, mit der der Druckbehälter und das darin befindliche Gasgemisch gekühlt werden können. Das im Druckbehälter befindliche Gasgemisch wird nun abgekühlt. Im Druckbehälter wird eine Kombination aus Druck und Temperatur eingestellt, bei der sich das Nutzgas, welches üblicherweise einen deutlich niedrigeren Dampfdruck aufweist als das Sekundärgas, verflüssigt. Gleichzeitig wird die Kombination aus Druck und Temperatur so eingestellt, dass das Sekundärgas im Druckbehälter gasförmig bleibt. Entscheidend dafür, ob ein Gas gasförmig oder flüssig vorliegt ist, ob der vorherrschende Druck oberhalb oder unterhalb des Dampfdrucks des entsprechenden Gases liegt. Der Dampfdruck wiederum ist abhängig von der vorherrschenden Temperatur. Die Bedingung oder der Zustand, ab dem ein Gas vom flüssigen in den gasförmigen Zustand übergeht kann zum einen als der Dampfdruck dieses Gases bezeichnet werden. Anders formuliert entspricht dieser Bedingung auch der Kondensationspunkt, ab dem in die andere Richtung ein Gas vom gasförmigen in den flüssigen Zustand übergeht. Die Bezeichnung Dampfdruck wird üblicherweise verwendet, wenn eine flüssige und eine gasförmige Phase in einer Umgebung zusammen vorliegen. Unterhalb des Dampfdruckes liegt ein Gas in einer solchen Umgebung gasförmig, oberhalb des Dampfdruckes in flüssiger Form vor. Für die Verwendung des Begriffes Kondensationspunkt ist nicht zwingend ein Gemisch aus flüssiger und gasförmiger Phase nötig. Oberhalb des Kondensationspunktes liegt ein Gas stets im gasförmigen Zustand vor. In diesem Fall muss keine Phase von flüssigem Gas vorhanden sein. Die Eigenschaft unterhalb des Dampfdruckes kann somit beim Vorliegen einer rein gasförmigen Phase gleichgesetzt werden mit der Eigenschaft oberhalb des Kondensationspunktes. Erfindungsgemäß wird das gasförmig vorliegende Gasgemisch durch die Kompression im ersten Schritt auf einen Druck verdichtet, der bei der vorherrschenden Temperatur unterhalb des Dampfdruckes sämtlicher Gaskomponenten liegt. In diesem Zustand wird das Gasgemisch in den Druckbehälter eingebracht, wobei sämtliche Komponenten des Gasgemisches in gasförmiger Form vorliegen. Im Druckbehälter wird dann die Temperatur reduziert. Durch diese Reduzierung der Temperatur sinkt der Dampfdruck der Gaskomponenten. Im Druckbehälter wird die Temperatur so weit reduziert, bis der im Druckbehälter vorherrschende Druck deutlich höher ist als der Dampfdruck des Nutzgases bei der einge-

stellten Temperatur. Bei dieser Kombination aus Druck und Temperatur im Druckbehälter geht das Nutzgas in den flüssigen Zustand über. Der Druckbehälter wird so eingestellt, dass er zumindest doppelt so hoch ist wie der Gasdruck des Nutzgases bei den vorherrschenden Bedingungen im Druckbehälter. Der Druck im Druckbehälter wird deswegen deutlich höher als der Gasdruck des Nutzgases eingestellt, dass sichergestellt ist, dass sich das Nutzgas tatsächlich komplett verflüssigt. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass diese komplette Verflüssigung bei Drücken im Druckbehälter besonders gut zu erzielen ist, die 3-5 mal so hoch wie der Dampfdruck des Nutzgases liegen. Die Kombination aus Druck und Temperatur im Druckbehälter wird gleichzeitig so eingestellt, dass dieser mindestens 5 % niedriger als der Dampfdruck des Sekundärgases ist. Durch diesen Abstand vom Dampfdruck des Sekundärgases ist sichergestellt, dass dieses Sekundärgas sicher und komplett in der gasförmigen Phase verbleibt und sich nicht bereits teilweise verflüssigt. Je nach Art des Sekundärgases, kann dieses bei den vorherrschenden Zuständen im Druckbehälter auch gar keinen Dampfdruck aufweisen. Dies ist beispielsweise bei einem Sekundärgas der Fall, welches durch Stickstoff gebildet wird. Falls ein solches Sekundärgas bei den vorherrschenden Bedingungen keinen Dampfdruck hat, ist der Druck im Druckbehälter niedrig genug, um sicherzustellen dass das Sekundärgas in der gasförmigen Phase verbleibt. Andere Sekundärgase, wie beispielsweise Kohlenstoffdioxid weisen bei den vorherrschenden Bedingungen im Druckbehälter einen Dampfdruck auf. Für solche Sekundärgase wird der Druck im Inneren des Druckbehälters bevorzugt zwischen 5 und 40 %, besonders bevorzugt zwischen 10 und 30 % niedriger als der Dampfdruck des Sekundärgases eingestellt. Durch diesen eingestellten Zustand wird bereits ein sehr großer Teil des Sekundärgases aus dem Gasgemisch herausgetrennt. Allerdings verbleiben in der gasförmigen Phase im Druckbehälter auch noch Reste des Nutzgases, umgekehrt verbleiben in der flüssigen Phase, welche größtenteils aus Nutzgas besteht, noch Reste des Sekundärgases.

Nach der ersten Auftrennung des Gasgemisches im Druckbehälter wird die sekundärgashaltige Gasphase aus dem Druckbehälter entnommen. Günstigerweise ist dazu eine entsprechende mit einem Ventil versehene Entnahmeleitung im oberen Bereich des Druckbehälters vorgesehen.

In einem weiteren Verfahrensschritt wird das verflüssigte Nutzgas von dem Druckbehälter in einen Aufreinigungsbehälter überführt. In diesem Aufreinigungsbehälter wird eine zweite Reinigung des Nutzgases durchgeführt mit dem Ziel, darin noch enthaltene Reste des Sekundärgases zu entfernen. Diese Überführung des Nutzgases in den Aufreinigungsbehälter erfolgt üblicherweise getrieben durch den im Druckbehälter vorherrschenden Druck.

Der Aufreinigungsbehälter umfasst dabei zumindest ein Heizgerät, welches den Aufreinigungsbehälter und das darin befindliche, verflüssigte Nutzgas erwärmt. Durch diese Erwärmung im Aufreinigungsbehälter steigt der Dampfdruck der darin befindlichen Gase relativ zu den Bedingungen im Druckbehälter an. Durch den steigenden Dampfdruck gehen die im verflüssigten Nutzgas noch enthaltenen Reste des Sekundärgases in die gasförmige Phase über und treten dadurch aus dem verflüssigten Nutzgas aus. Gleichzeitig wird durch die steigende Temperatur im Aufreinigungsbehälter die Löslichkeit des Sekundärgases oder der Sekundärgase im flüssigen Nutzgas reduziert, sodass diese in die Gasphase übergehen, das flüssige Nutzgas verlassen und das Nutzgas somit aufgereinigt wird.

In einem weiteren Verfahrensschritt wird dann die Gasphase, mit den herausgetrennten Resten des Sekundärgases aus dem Aufreinigungsbehälter abgesaugt. Bei dieser Absaugung kann eine Druckreduzierung im Aufreinigungsbehälter erfolgen. Die Absaugung wird so lange durchgeführt, bis der Innendruck im Aufreinigungsbehälter als Minimalwert dem Dampfdruck des Nutzgases bei der aktuellen Temperatur entspricht. Der vorherrschende Druck im Aufreinigungsbehälter ist somit stets größer oder gleich wie der Dampfdruck des Nutzgases bei der aktuellen Temperatur im Behälter. Um eine gründliche Auftrennung von Nutzgas und Sekundärgas sicherzustellen, wird im Aufreinigungsbehälter der Innendruck bei der Absaugung bis zum Dampfdruck des Nutzgases reduziert. Dadurch werden auch Reste von Sekundärgas wirkungsvoll aus dem Nutzgas herausgetrennt. Bei Drücken, die sehr nahe an Dampfdruck des Nutzgases liegen, beginnt bereits auch das Nutzgas in den gasförmigen Zustand überzugehen. Die aus dem Aufreinigungsbehälter abgesaugte Gasphase kann somit auch anteilig Nutzgas enthalten. Erfindungsgemäß ist jedoch eine Einstellung eines Innendrucks im Aufreinigungsbehälter sehr nahe am Dampfdruck des Nutzgases essenziell für eine gute Reinheit des herausgetrennten oder rückgewonnen Nutzgases, welches in verflüssigter Form im Aufreinigungsbehälter gesammelt wird. Nach Abschluss dieses Verfahrensschrittes liegt im Aufreinigungsbehälter das Nutzgas in flüssiger Form mit einer sehr hohen Reinheit vor. Eine Rückgewinnung der Reste des Nutzgases, die aus dem Aufreinigungsbehälter abgesaugt werden, ist durch optionale Ausführungsformen des Verfahrens, wie weiter unten beschrieben, möglich.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird das erfindungsgemäße Verfahren genau in der Abfolge der einzelnen Verfahrensschritte wie zuvor beschrieben durchgeführt. Es ist aber auch möglich, die Reihenfolge der Verfahrensschritte abzuändern, falls dies im Anwendungsfall zu günstigeren Ergebnissen führt.

Des Weiteren ist in dem Vorschlag vorteilhafter Weise vorgesehen, dass das Gasgemisch vor der Kompression A) mittels einer Saugpumpe aus einem Behälter abgesaugt wird, in dem sich das Gasgemisch im Anwendungsfall befindet. In dieser Ausführungsform erfolgt vor der Kompression eine Entnahme des Gasgemisches aus dem Behälter, in dem es technisch eingesetzt wird. Beispielsweise kann ein solcher Behälter das Gehäuse einer elektrischen Schaltanlage sein, in dem das Gasgemisch als Schutz- oder Isoliergas eingesetzt wird. Eine Saugpumpe ermöglicht einen sehr niedrigen Absaugdruck. Durch einen solchen niedrigen Absaugdruck ist sichergestellt, dass das Nutzgas, welches üblicherweise einen sehr niedrigen Dampfdruck aufweist, bei der Absaugung sicher in der gasförmigen Phase verbleibt. Bei der Absaugung des Gasgemisches aus dem Behälter können vor oder nach der Saugpumpe Filter zur Reinigung des abgesaugten Gasgemisches eingebaut werden. In einer Schaltanlage eingesetzte Gasgemische, die als Schutz- oder Isoliergas eingesetzt werden, können direkt aus der Schaltanlage abgesaugt und dann der Kompression zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zugeführt werden. Alternativ kann die Absaugung aus der Schaltanlage oder dem Behälter mittels der Saugpumpe auch in einen Pufferbehälter erfolgen. Das Gasgemisch kann in diesem Fall in diesem Pufferbehälter der Kompression für das erfindungsgemäße Verfahren zugeführt werden. Vorteilhaft am Zwischenspeicher des Gasgemisches in einem Pufferbehälter ist, dass die Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sich an einem anderen Ort als die Anwendung des Gasgemisches befinden kann. In diesem Fall kann die Saugpumpe baulich mit dem Pufferbehälter kombiniert oder aber auch separat zu diesem ausgeführt sein.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des Vorschlags ist vorgesehen, dass das Gasgemisch nach der Absaugung, welche durch die Saugpumpe erfolgt, gereinigt, insbesondere gefiltert wird. In dieser Ausführungsform wird das Gasgemisch bereits vor der Kompression durch den Kompressor, nach der Absaugung gereinigt. Zur Reinigung können verschiedene Arten von Filtern vorgesehen werden.

5

Des Weiteren ist vorgesehen, dass nach der Absaugung G) der Gasphase aus dem Aufreinigungsbehälter eine Abfüllung des im Aufreinigungsbehälter in flüssiger Phase verbleibenden, aufgereinigten Nutzgases erfolgt. In dieser Ausführungsform wird das aufgereinigte Nutzgas, welches sich nach der Absaugung der Gasphase unten im Aufreinigungsbehälter sammelt, aus dem Aufreinigungsbehälter entnommen und ab-

10

gefüllt. Eine solche Abfüllung kann in Speicherbehälter, wie beispielsweise Gasflaschen erfolgen. Das rückgewonnene Nutzgas kann dann in dem Speicherbehälter einem neuen Anwendungsfall zugeführt werden. Beispielsweise kann der Speicherbehälter an eine Mischanlage angeschlossen werden, in der das rückgewonnene Nutzgas einer neuen Gasmischung beigemischt wird.

15

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass das Gasgemisch zwischen der Kompression A) und der Überführung B) getrocknet und/oder gereinigt, insbesondere gefiltert wird. In dieser Ausführungsform erfolgt eine Reinigung und/oder Trocknung des Gasgemisches zwischen der Kompression und dem Druckbehälter. Diese Reinigung und/oder Trocknung kann dabei vor oder während der Überführung B) in den Druckbehälter vorgenommen werden. Unter Trocknung ist zu verstehen, dass im Gasgemisch enthaltene Feuchte oder Feuchtigkeit entfernt wird. Eine Reinigung erfolgt üblicherweise mit der Hilfe von Filtern.

20

Es ist auch möglich eine zweistufige Reinigung vorzunehmen, bei der ein erster Reinigungsschritt vor der Kompression und ein zweiter Reinigungsschritt nach der Kompression erfolgt.

25

Geschickter Weise ist vorgesehen, dass das Gasgemisch bei der Kompression A) auf einen Druck von 5-20 bar, insbesondere 10 bar komprimiert wird. Dieser Druckbereich ist besonders zur Durchführung eines Verfahrens geeignet, bei dem als Nutzgas C4 oder C5 aus einem Gasgemisch rückgewonnen werden soll. Dieser Druck liegt bei den im Druckbehälter vorherrschenden Temperaturen deutlich höher als der Dampfdruck des Nutzgases, jedoch deutlich unter dem Dampfdruck des Sekundärgases. Somit ist dieser Druckbereich besonders geeignet für eine erste Auftrennung von Nutzgas und Sekundärgas.

30

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass das beim Kühlen C) im Druckbehälter das Gasgemisch auf eine Temperatur von -30 bis -60 °C, insbesondere auf eine Temperatur von -45 bis -50 °C abgekühlt wird. Dieser Temperaturbereich beim Kühlen im Druckbehälter ist insbesondere in Kombination mit dem zuvor beschriebenen bevorzugten Druckbereich besonders geeignet zur Rückgewinnung von C4 oder C5 aus einem Gasgemisch. Wie bereits zuvor beschrieben, entstehen bei diesen Parametern beim Kühlen im Druckbehälter Bedingungen, in denen der Druck deutlich höher liegt als der Dampfdruck des Nutzgases, jedoch der Druck gleichzeitig niedriger liegt als der Dampfdruck des Sekundärgases. Unter diesen Bedingungen geht das Nutzgas sicher in den flüssigen Aggregatzustand über, dass Sekundärgas dagegen nimmt einen gasförmigen Zustand an.

35

Des Weiteren ist günstiger Weise vorgesehen, dass das Kühlen C) zwischen 5 und 20 Minuten, insbesondere 10 Minuten lang durchgeführt wird. Üblicherweise erfolgt das Kühlen im Druckbehälter periodisch.

40

Das bedeutet, dass zunächst Gasgemisch von der Kompression in den Druckbehälter überführt wird. Anschließend wird diese Überführung unterbrochen und die Kühlung eingeleitet. Eine Zeitspanne zwischen 5 und 20 Minuten hat sich dabei als besonders gut herausgestellt im Druckbehälter Zustände zu erzeugen, in denen das Nutzgas flüssig, das Sekundärgas jedoch gasförmig vorliegt. Selbstverständlich kann eine
5 Kühlung auch kürzer oder länger als der genannte Bereich vorgenommen werden.

Vorteilhafter Weise ist vorgesehen, dass die Überführung B) des Gasgemisches in den Druckbehälter periodisch erfolgt und vor der Entnahme D) der sekundärgashaltigen Gasphase aus dem Druckbehälter eine Beruhigungszeit abgewartet wird. Günstiger Weise wird die Überführung des Gasgemisches in den Druck-
10 behälter nicht kontinuierlich, sondern periodisch vorgenommen. Das bedeutet, dass in einem ersten Schritt eine Überführung des Gasgemisches von der Kompression in den Druckbehälter erfolgt. In einem zweiten Schritt wird die Überführung unterbrochen und die Kühlung im Druckbehälter ohne weitere Befüllung des Druckbehälters vorgenommen. Nach der Einstellung der gewünschten Parameter im Druckbehälter wird eine Beruhigungszeit abgewartet. Innerhalb dieser Beruhigungszeit entweicht das gasförmig im verflüssig-
15 ten Nutzgas enthaltene Sekundärgas nach oben und sammelt sich gasförmig oberhalb des flüssigen Nutzgases. Ohne Beruhigungszeit wären größere Reste von gasförmigem Sekundärgas in dem flüssigen Nutzgas enthalten. Nach dem Abwarten der Beruhigungszeit und dem Ausgasen des Sekundärgases erfolgt dann die Entnahme der sekundärgashaltigen Gasphase aus dem Druckbehälter.

20 Des Weiteren ist in dem Vorschlag vorteilhafter Weise vorgesehen, dass die bei der Entnahme D) entnommene sekundärgashaltige Gasphase entsorgt oder vernichtet wird. Insbesondere bei Schutz- oder Isoliergasen ist das Sekundärgas nicht umwelt- oder klimaschädlich und gleichzeitig kostengünstig zu beschaffen. Gerade in diesem Fall ist es nicht rentabel, das Sekundärgas für weitere Anwendungen wiederzuverwenden. Eine Entsorgung oder Vernichtung ist hier einfacher und kostengünstiger vorzunehmen.

25 Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des Vorschlags ist vorgesehen, dass die Überführung E) des verflüssigten Nutzgases dann erfolgt, wenn der Druckbehälter über 0,75 +/- 20 % kg/L mit Gasgemisch befüllt ist. Die Befüllung und auch die Entleerung bzw. die Überführung des verflüssigten Nutzgases in den Aufreinigungsbehälter erfolgt bevorzugt periodisch. Die Überführung des verflüssigten Nutzgases erfolgt günstiger
30 Weise dann, wenn in dem Druckbehälter eine Füllichte von 0,75 +/- 20 % kg/L, 0,75 kg/L mit einer Toleranz von plus oder minus 20%, vorliegt. Bei einer höheren Füllichte verbleibt nicht genügend Raum im Druckbehälter zur Sammlung der sekundärgashaltigen Gasphase. Bei einer niedrigeren Füllichte ist im Druckbehälter nur wenig flüssige Nutzgasphase enthalten und die Überführung somit nicht effizient. Die genannten Füllichten haben sich in der Praxis als geeignet herausgestellt. Bei Veränderung der Form oder der
35 Größe des Druckbehälters können allerdings auch andere Bereiche der Füllichte optimal zur Einleitung der Überführung des verflüssigten Nutzgases sein.

Des Weiteren ist vorgesehen, dass der Aufreinigungsbehälter vor der Überführung E) des verflüssigten Nutzgases evakuiert wird. In dieser Ausführungsform wird der Aufreinigungsbehälter entleert oder evaku-
40 iert, bevor die flüssige Nutzgasphase aus dem Druckbehälter überführt wird. Dadurch ist im Aufreinigungsbehälter kein oder ein nur sehr geringer Gegendruck vorhanden und die flüssige Nutzgasphase kann un-

gehindert in den Aufreinigungsbehälter überführt werden. Darüber hinaus wird so sichergestellt, dass die überführte Nutzgasphase nicht durch im Aufreinigungsbehälter befindliches Restgas verunreinigt wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Erwärmung F) des verflüssigten Nutzgases im Aufreinigungsbehälter durch ein elektrisch betriebenes Heizgerät erfolgt. In dieser Ausführungsform wird die Erwärmung durch ein elektrisches oder elektronisches Heizgerät vorgenommen. Solche Heizgeräte sind besonders einfach in ihrer Leistung regelbar, was eine Gestaltung der Bedingungen im Inneren des Aufreinigungsbehälters besonders einfach macht. Üblicherweise sind im Inneren des Aufreinigungsbehälters ein oder mehrere Temperatursensoren vorgesehen, die in einen Regelkreis zur Steuerung des Heizgerätes eingebunden sind.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Erwärmung F) des verflüssigten Nutzgases im Aufreinigungsbehälter durch einen Wärmetauscher als Heizgerät erfolgt, der die beim Kühlen C) des komprimierten Gasgemisches im Druckbehälter entstehende Abwärme nutzt und dem Aufreinigungsbehälter zuführt. Bei der Kühlung des Gasgemisches im Druckbehälter kommt üblicherweise eine Wärmepumpe zum Einsatz. Dabei entsteht außerhalb des Druckbehälters Abwärme, die wiederum günstiger Weise zur Erwärmung des Nutzgases im Aufreinigungsbehälter eingesetzt werden kann. Ein solcher Wärmetauscher reduziert den gesamten Energieverbrauch für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens signifikant und gestaltet eine Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens sehr energieeffizient.

Des Weiteren ist günstiger Weise vorgesehen, dass die Erwärmung einerseits durch den Wärmetauscher und andererseits zusätzlich durch das elektrische Heizgerät erfolgt. In dieser Ausführungsform erfolgt die Erwärmung durch eine Kombination eines Wärmetauschers mit einem elektrischen Heizgerät. Günstiger Weise wird ein Grundanteil der Erwärmung durch den besonders energieeffizienten Wärmetauscher vorgenommen. Die Feinregelung der Temperatur im Aufreinigungsbehälter wird durch ein elektrisches Heizgerät vorgenommen, welches nahezu in Echtzeit und sehr fein regelbar ist. Diese Feinregelung ist wichtig um im Aufreinigungsbehälter Bedingungen einzustellen, bei denen der vorherrschende Druck sehr nahe am Dampfdruck des Nutzgases liegt. Eine Kombination aus Wärmetauscher und elektrischem Heizgerät ist somit zum einen energieeffizient wie auch sehr wirkungsvoll für eine reine Abtrennung oder Rückgewinnung des Nutzgases.

Vorteilhafter Weise ist vorgesehen, dass die bei der Absaugung G) aus dem Aufreinigungsbehälter entnommene Gasphase in den Druckbehälter zurückgeführt wird. Die aus dem Aufreinigungsbehälter abgesaugte Gasphase besteht größtenteils aus Sekundärgas, enthält aber auch noch Reste von Nutzgas. Zur Rückgewinnung dieser Reste von Nutzgas wird die Gasphase günstiger Weise erneut dem Verfahren zugeführt. Bevorzugt geschieht dies dadurch, dass die Gasphase über einen Kompressor oder eine Pumpe erneut dem Druckbehälter zugeführt wird. In der Gasphase noch enthaltenes Nutzgas wird dann in einem zweiten Verfahrensdurchlauf rückgewonnen. Diese Rückführung der Gasphase aus dem Aufreinigungsbehälter ins Verfahren bewirkt eine besonders effektive Rückgewinnung des Nutzgases.

Des Weiteren ist in dem Vorschlag vorteilhafter Weise vorgesehen, dass die Absaugung G) der Gasphase aus dem Aufreinigungsbehälter durch einen Kompressor erfolgt. In dieser Ausführungsform erfolgt die Ab-

saugung aus dem Aufreinigungsbehälter durch einen Kompressor, der die abgesaugte Gasphase zusätzlich komprimiert. Für diese Absaugung kann entweder der gleiche Kompressor verwendet werden, der zur initialen Kompression A) eingesetzt wird oder es kann alternativ ein anderer oder weiterer Kompressor verwendet werden. Durch die Verwendung des gleichen Kompressors wie bei der initialen Kompression A)

5 Wird dieser zweifach genutzt, was die Gestaltung einer Anlage zur Durchführung des Verfahrens vereinfacht.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des Vorschlags ist vorgesehen, dass bei der Abfüllung H) des im Aufreinigungsbehälter in flüssiger Phase verbleibenden, aufgereinigten Nutzgases dieses in einen evakuierten Druckbehälter abgefüllt wird. Durch die vorherige Evakuierung des Druckbehälters, in den das aufgereinigte Nutzgas abgefüllt werden soll, ist sichergestellt, dass das Nutzgas nicht wieder verunreinigt wird. Gleichzeitig herrscht in dieser Ausführungsform in dem zur Abfüllung vorgesehenen Druckbehälter kein oder nur ein sehr geringer Gegendruck, wodurch die Abfüllung einfach und effizient ist.

Des Weiteren ist vorgesehen, dass die Dampfdruckkurve des Nutzgases unterhalb der Dampfdruckkurve des Sekundärgases verläuft. Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders geeignet zur Auftrennung von Gasgemischen, bei denen das rückzugewinnende Nutzgas einen niedrigeren Dampfdruck und/oder einen höheren Kondensationspunkt aufweist als das Sekundärgas. Die Rückgewinnung bzw. Trennung des Gasgemisches beruht auf diesem Unterschied im Dampfdruck. Im Bereich elektrischer Schaltanlagen

15 kommen als Schutz- oder Isoliergase oftmals Gasmischungen zum Einsatz, die als Nutzgas C4 oder C5 enthalten. Diese beiden Gase weisen beide einen sehr niedrigen Dampfdruck auf, der deutlich niedriger ist als der Dampfdruck üblicherweise verwendeter Sekundärgase wie Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid. Stickstoff weist oberhalb der kritischen Temperatur gar keinen Dampfdruck auf. Der Kondensationspunkt des Nutzgases ist in diesem Fall höher als der Kondensationspunkt von Stickstoff.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass während der Absaugung G) der Gasphase aus dem Aufreinigungsbehälter der Innendruck und die Temperatur im Aufbereitungsbehälter kontinuierlich durch Sensoren gemessen werden und eine Steuerung, basierend auf den Messwerten dieser Sensoren, die Absaugung G) beendet, sobald der Dampfdruck des Nutzgases im Aufreinigungsbehälter erreicht ist.

Die Absaugung der Gasphase aus dem Aufreinigungsbehälter erfolgt so lange, bis der Innendruck im Behälter dem Dampfdruck des Nutzgases unter den dort vorliegenden Bedingungen entspricht. Für eine Rückgewinnung eines möglichst reinen Nutzgases ist es wichtig, dass der Innendruck im Aufreinigungsbehälter möglichst nahe an den Dampfdruck des Nutzgases herangeführt wird. Vorteilhaft ist somit eine automatische, elektronische Regelung des Innendrucks. Dazu sind im Aufbereitungsbehälter einer oder

30 mehrere Druck- und/oder Temperatursensoren vorgesehen. Die Messwerte dieser Sensoren werden für eine elektronische Regelung der Absaugung der Gasphase sowie zur Regelung des Heizgerätes und der Temperatur im Aufbereitungsbehälter verwendet.

Geschickter Weise ist vorgesehen, dass die Überführung B) des komprimierten Gasgemisches in den Druckbehälter periodisch oder kontinuierlich erfolgt. Wie bereits zuvor dargestellt, erfolgt diese Überführung günstiger Weise periodisch. Dabei wird zu einer Zeit der Druckbehälter befüllt und zu einer anderen Zeit, in der keine Befüllung stattfindet, der Inhalt des Druckbehälters gekühlt und so das Gasgemisch getrennt.

Alternativ ist es jedoch auch möglich, die Befüllung des Druckbehälters und damit auch die Entnahme der aufgetrennten Gasphasen kontinuierlich zu gestalten. Ein solch kontinuierlicher Prozess erhöht den zeitlichen Wirkungsgrad entsprechender Anlagen. Da ein kontinuierlicher Prozess zusätzlichen Aufwand erzeugt ist dieser hauptsächlich bei Großanlagen wirtschaftlich rentabel.

5

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Überführung E) durch den im Druckbehälter vorherrschenden Druck getrieben wird. In dieser Ausführungsform erfolgt die Überführung des verflüssigten Nutzgases vom Druckbehälter in den Aufreinigungsbehälter getrieben durch den im Druckbehälter vorherrschenden Druck. Besonders wirkungsvoll ist diese Ausführungsform in Kombination mit einer zuvor vorgenommenen Evakuierung des Aufreinigungsbehälters. Für die Überführung der flüssigen Nutzgasphase müssen so keine zusätzlichen Anlagenkomponenten, wie Pumpen oder dergleichen vorgesehen werden. Durch die Erwärmung im Aufreinigungsbehälter steigt der Dampfdruck des Nutzgases dort gegenüber dem Dampfdruck bei Raumtemperatur an. Somit kann das Nutzgas in der flüssigen Phase vom gekühlten Druckbehälter in den erwärmten Aufreinigungsbehälter überführt werden. Alternativ ist es selbstverständlich möglich, insbesondere auch unterstützend Anlagenkomponenten vorzusehen, welche die Überführung in den Aufreinigungsbehälter vornehmen. Beispielsweise könnte der sowieso vorhandene Kompressor zur Unterstützung der Überführung der flüssigen Phase in den Aufreinigungsbehälter eingesetzt werden.

10

15

Die Aufgabe der Erfindung wird ebenfalls gelöst durch eine Anlage zur Rückgewinnung eines Nutzgases aus einem Gasgemisch, wobei die Anlage zumindest folgende Komponenten aufweist:

20

- einem Kompressor für Kompression des Gasgemisches,
- einen Druckbehälter zur Aufnahme des komprimierten Gasgemisches,
- wobei der Druckbehälter eine Kühleinheit zur Kühlung des komprimierten Gasgemisches aufweist,
- und der Druckbehälter eine Entnahmeleitung für die sekundärgashaltige Gasphase aufweist,
- 25 - und der Druckbehälter über eine Überführungsleitung mit einem Aufreinigungsbehälter verbunden ist, die der Überführung des verflüssigten Nutzgases dient,
- wobei an dem Aufreinigungsbehälter ein Heizgerät zur Erwärmung des verflüssigten Nutzgases,
- eine Absaugeinheit an einer Absaugleitung, die die Gasphase aus dem Aufreinigungsbehälter absaugt,
- 30 - sowie eine Abfüllleitung vorgesehen ist und
- über die Abfüllleitung aufgereinigtes Nutzgas abfüllbar ist.

Eine erfindungsgemäße Anlage ist dafür geeignet und dazu vorgesehen das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen und dabei ein Nutzgas aus einem Gasgemisch zurückzugewinnen. An dieser Stelle sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Offenbarungen, die zu den Anlagenkomponenten im Rahmen der Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemacht werden auch in Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Anlage offenbart sind.

35

Die erfindungsgemäße Anlage weist einen Kompressor auf, der dazu vorgesehen ist das Gasgemisch zu komprimieren und dem Druckbehälter zuzuführen. Der Kompressor ist über zumindest eine Verbindungsleitung mit dem Druckbehälter verbunden. In dem Druckbehälter findet die erste Trennung des Gasgemisches statt. Der Druckbehälter umfasst dabei eine Kühleinheit, die dazu vorgesehen ist den Inhalt des

40

Druckbehälters zu kühlen. Darüber hinaus umfasst der Druckbehälter eine Entnahmeleitung, die dazu vorgesehen ist die sekundärgashaltige Gasphase aus dem Druckbehälter zu entfernen. Die Entnahmeleitung ist dabei im oberen Bereich des Druckbehälters angeschlossen, wobei sich dieser Anschluss oberhalb des Flüssigkeitsspiegels der verflüssigten Nutzgasphase befindet. Darüber hinaus umfasst der Druckbehälter eine Überführungsleitung die zudem Aufreinigungsbehälter führt. Die Überführungsleitung ist dazu vorgesehen, die flüssige Nutzgasphase aus dem Druckbehälter zu entnehmen und in den Aufreinigungsbehälter zu überführen. Die Überführungsleitung ist am Druckbehälter im unteren Bereich angeschlossen unterhalb des Flüssigkeitsspiegels der Nutzgasphase. Die erfindungsgemäße Anlage umfasst weiterhin den bereits erwähnten Aufreinigungsbehälter, der dazu vorgesehen ist eine zweite Trennung des Gasgemisches vorzunehmen. Das aus dem Druckbehälter überführte Nutzgas enthält noch Reste an Sekundärgas, die im Aufreinigungsbehälter zum allergrößten Teil aus dem Nutzgas entfernt werden. Mit einer erfindungsgemäßen Anlage ist eine Reinheit des rückgewonnenen Nutzgases von mehr als 99 % möglich. Der Aufreinigungsbehälter umfasst ein Heizgerät welches dazu vorgesehen ist den Inhalt des Aufreinigungsbehälters zu erwärmen. Dieses Heizgerät kann auch mehrere Komponenten aufweisen beispielsweise eine elektrisch betriebene Komponente und eine Komponente, die mit einem Wärmetauscher verbunden ist, welcher die Abwärme der Kühlung aus dem Druckbehälter nutzt. Weiterhin umfasst der Aufreinigungsbehälter zumindest eine Absaugeinheit mit zumindest einer Absaugleitung. Die Absaugeinheit ist dazu vorgesehen, die sekundärgashaltige Gasphase aus dem Aufreinigungsbehälter zu entnehmen. Zur Entnahme des rückgewonnenen, gereinigten Nutzgases ist verbunden mit dem Aufreinigungsbehälter zumindest eine Abfüllleitung. Über diese Abfüllleitung wird das rückgewonnene Nutzgas aus der erfindungsgemäßen Anlage entnommen.

Eine erfindungsgemäße Anlage besteht aus zuverlässigen technischen Komponenten und ist einfach aufgebaut. Somit ist eine erfindungsgemäße Anlage sehr zuverlässig und ermöglicht dabei die Rückgewinnung von Nutzgas mit sehr hoher Reinheit.

Vorteilhafter Weise ist vorgesehen, dass an der Absaugeinheit eine Regeleinheit vorgesehen ist, die solange die Gasphase aus dem Aufreinigungsbehälter absaugt, bis der Innendruck im Aufreinigungsbehälter dem Dampfdruck des Nutzgases bei der aktuellen Temperatur im Aufreinigungsbehälter entspricht. In dieser Ausführungsform der Anlage ist eine elektronische oder computergesteuerte Regeleinheit vorgesehen, die die Bedingungen, insbesondere Druck und Temperatur im Aufreinigungsbehälter regelt. Diese Regeleinheit verwendet als Input Messwerte von im Inneren des Aufreinigungsbehälters angeordneten Sensoren. Als Output beeinflusst die Regeleinheit die Absaugung der Gasphase aus dem Aufreinigungsbehälter. Dazu kann die Regeleinheit beispielsweise die Öffnung eines Ventils in der Absaugleitung beeinflussen. Eine analoge Regeleinheit kann auch am Druckbehälter vorgesehen werden um die dortige Entnahme der sekundärgashaltigen Gasphase zu regeln. Die Regeleinheit kann durch eine Anlagensteuerung gebildet werden oder auch Teil einer Anlagensteuerung sein.

Des Weiteren ist günstiger Weise vorgesehen, dass am Druckbehälter mindestens ein Druck- oder Temperatursensor angeordnet ist, der bzw. die mit einer Anlagensteuerung verbunden ist/sind. In dieser Ausführungsform, ist zumindest am Druckbehälter, günstiger Weise jedoch auch am Aufreinigungsbehälter mindestens ein Druck- oder Temperatursensor angeordnet, der mit einer Anlagensteuerung oder einer

Regeleinheit verbunden ist. Günstiger Weise sind mehrere Druck- und Temperatursensoren vorgesehen, die ihre Messwerte als Input in eine automatische Regelung der Bedingungen im Druckbehälter und oder im Aufreinigungsbehälter weiterleiten.

- 5 Eine Anlage zur Rückgewinnung eines Nutzgases aus einem Gasgemisch kann besonders effizient unter Verwendung einer Anlagensteuerung betrieben werden. Diese Anlagensteuerung ist dazu vorgesehen, die Anlage zumindest teilweise automatisch zu betreiben. Neben den bereits beschriebenen Sensoren zur Ermittlung von Druck oder Temperatur werden dazu optional weitere Sensoren vorgesehen. So können beispielsweise in den Leitungen vom Kompressor zum Druckbehälter, vom Druckbehälter zum Aufrei-
- 10 nungsbehälter und/oder vom Aufreinigungsbehälter zurück zum Kompressor Durchflusssensoren vorgesehen werden, welche die durchfließenden Massenströme ermitteln und an die Anlagensteuerung kommunizieren. Darüber hinaus können Sensoren zur Ermittlung der Masse oder des Gewichtes der Gasmischung im Druckbehälter und im Aufreinigungsbehälter vorgesehen werden. Über die Messwerte dieser Sensoren kann die Anlagensteuerung dann automatisch auch die Dichte in den Behältern ermitteln. Die Anlagen-
- 15 steuerung ist ebenfalls dazu vorgesehen, insbesondere im Druckbehälter und im Aufreinigungsbehälter in Echtzeit die Dampfdrücke der einzelnen Komponenten zu berechnen und die Regelung der Innendrucke und die Temperaturen entsprechend den Vorgaben des Verfahrens zu regeln. Darüber hinaus kann die Anlagensteuerung auf die verschiedenen Ventile einwirken, welche bei der Durchleitung des Gasgemisches durch die Anlage oder bei der Entnahme der auf getrennten Komponenten benötigt werden. Schließ-
- 20 lich können Sensoren vorgesehen werden, die die Feuchtigkeit und die Verschmutzung des Gasgemisches durch Partikel ermitteln. Basierend auf den Signalen dieser Sensoren kann die Anlage dann automatisch regeln, ob eine Trocknung oder eine Reinigung des Gasgemisches erfolgen soll und dazu Einfluss auf Filter und/oder Trocknungseinheiten nehmen.
- 25 In einer weiteren Ausführungsform können Sensoren in der Entnahmeleitung zur Entnahme der sekundär-gashaltigen Gasphase aus dem Druckbehälter angeordnet werden, welche die verbleibende Menge an Nutzgas in dieser entnommenen Gasphase überwachen. Basierend auf den Signalen dieser Sensoren kann dann bei niedriger Nutzgaskonzentration die entnommene Gasphase zur Entsorgung in die Atmo-
- 30 sphäre abgelassen werden. Ist die Nutzgaskonzentration zu hoch, kann die Gasphase auch erneut dem Verfahren zugeführt werden, um die verbleibenden Reste an Nutzgas zu entfernen oder zumindest zu reduzieren.

- Weiterhin können Sensoren in Flussrichtung nach dem Anschluss, über den das zu trennende Gasgemisch der Anlage oder dem Verfahren zugeführt wird, angeordnet werden, welche die Zusammensetzung des
- 35 Gasgemisches, insbesondere den Anteil des Nutzgases, den Anteil des Sekundärgases und die Reinheit dieser Gase ermitteln. Basierend auf den Signalen dieser Sensoren kann die Anlagensteuerung dann ermitteln, wie viel Gasgemisch maximal der Anlage oder dem Verfahren zur Aufreinigung zugeführt werden kann. Diese Bestimmung der Gaszusammensetzung kann selbstverständlich auch kontinuierlich erfolgen und die Anlagensteuerung basierend auf den ermittelten Signalen ebenfalls kontinuierlich die aufgenom-
- 40 mene Menge an Gasgemisch regeln.

Die Aufgabe der Erfindung wird ebenfalls gelöst durch die Verwendung einer Anlage nach einer der zuvor beschriebenen Ausführungsformen, zur Rückgewinnung des Nutzgases C4-Nitril (2,3,3,3-Tetrafluoro-2-(trifluoromethyl)propanitril) und/oder C5-Keton (1,1,1,3,4,4,4-Heptafluoro-3-(trifluoromethyl)butan-2-on) aus einem Gasgemisch mit mindestens einem oder mehreren der folgenden Sekundärgase: Sauerstoff, Stickstoff und/ oder Kohlenstoffdioxid, insbesondere unter Durchführung oder Verwendung des Verfahrens nach einer der zuvor beschriebenen Ausführungsformen. Eine erfindungsgemäße Anlage ist besonders gut geeignet zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Nutzgase C4-Nitril, auch bezeichnet mit der CAS-Nummer 42532-60-5, und C5-Keton, auch bezeichnet mit der CAS-Nummer 756-12-7, weisen beide einen sehr niedrigen Dampfdruck auf. Dieser Dampfdruck ist deutlich niedriger als der Dampfdruck typischer Sekundärgase bei Gasmischungen, die als Schutz- oder Isoliergas verwendet werden, wie beispielsweise Stickstoff oder Kohlenstoffdioxid. Eine erfindungsgemäße Anlage ist aus einfachen Komponenten aufgebaut und sehr gut geeignet, Gasmischungen bei denen die einzelnen Komponenten voneinander abweichende Dampfdrücke aufweisen, effizient und mit großer Reinheit zu trennen. Eine erfindungsgemäße Anlage kann darüber hinaus sehr kompakt aufgebaut werden, so dass sie als mobile Anlage betrieben werden kann.

In diesem Zusammenhang wird insbesondere darauf hingewiesen, dass alle in Bezug auf die Anlage beschriebenen Merkmale und Eigenschaften aber auch Verfahrensweisen sinngemäß auch bezüglich der Formulierung des erfindungsgemäßen Verfahrens übertragbar und im Sinne der Erfindung einsetzbar und als mitoffenbart gelten. Gleiches gilt auch in umgekehrter Richtung, das bedeutet, nur in Bezug auf das Verfahren genannte, bauliche also vorrichtungsgemäße Merkmale können auch im Rahmen der Vorrichtungs- oder Anlagenansprüche berücksichtigt und beansprucht werden und zählen ebenfalls zur Offenbarung.

In den Zeichnungen ist die Erfindung insbesondere in einem Ausführungsbeispiel schematisch dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anlage,

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

In den Figuren sind gleiche oder einander entsprechende Elemente jeweils mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und werden daher, sofern nicht zweckmäßig, nicht erneut beschrieben. Die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sind sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragbar. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiterhin können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anlage. Ganz unten rechts ist ein Anschluss 101 zu sehen, über den ein zu trennendes Gasgemisch der Anlage zugeführt werden kann. Der Anschluss 101 kann direkt mit einer Anwendung, beispielsweise einer elektrischen Schaltanlage verbunden werden. Alternativ kann an den Anschluss 101 aber auch ein Transportbehälter für eine Gas Mischung, beispielsweise eine Gasflasche angeschlossen werden. Vom Anschluss 101 aus führt eine Verbindungsleitung zur Saugpumpe 21. Diese Verbindungsleitung kann durch das Ventil 132 geöffnet und geschlossen werden. Ausgehend vom Anschluss 101 führt eine Bypassleitung an der Saugpumpe 21 vorbei. Über diese Bypassleitung kann die Saugpumpe 21 umgangen werden. Die Bypassleitung kann durch das Ventil 131 geöffnet und geschlossen werden. Die Anlage bietet somit die Möglichkeit, Gasgemisch vom Anschluss 101 mithilfe der Saugpumpe 21 anzusaugen oder alternativ das Gasgemisch getrieben durch außerhalb der Anlage vorliegenden Druck über die Bypassleitung den nächsten Anlagenkomponenten bzw. Verfahrensschritten zuzuführen. Die Einstellung, welcher Weg ausgehend von dem Anschluss 101 gewählt werden soll, kann über die Ventile 132 und 131 vorgenommen werden. In Flussrichtung nach der Saugpumpe 21 oder der Bypassleitung ist ein Filter 122 zu sehen. In diesem Filter kann das Gasgemisch gereinigt werden und dabei beispielsweise im Gasgemisch befindliche Schwebstoffe entfernt werden. In Flussrichtung nach dem Filter 122 ist der Kompressor 11 angeordnet. Dieser Kompressor 11 saugt Gasgemisch aus der in Flussrichtung davorliegenden Leitung an und verdichtet dieses. Bei Betrieb der Anlage wird der Kompressor 11 bevorzugt so geregelt, dass der Druck nach dem Kompressor 11 bereits so eingestellt ist, dass nach Weiterführung des Gasgemisches in den Druckbehälter 93 die gewünschte Verflüssigung des Nutzgases erfolgt. In der Praxis hat sich ein eingestellter Ausgangsdruck des Kompressors 11 von 5-20 bar, bevorzugt 10 bar als besonders geeignet herausgestellt. In Flussrichtung nach dem Kompressor ist in einer Verbindungsleitung ein weiteres Ventil 201 und ein weiterer Filter 121 angeordnet. Das Ventil 201 ermöglicht ein Öffnen und Schließen der vom Kompressor 11 wegführenden Leitung. Der Filter 121 ist dazu vorgesehen, dass bereits komprimierte Gasgemisch zu reinigen. In der in Flussrichtung nach dem Kompressor 11 verlaufenden Leitung kann zusätzlich eine Trocknungseinheit vorgesehen werden, mit der Feuchtigkeit aus dem Gasgemisch entfernt wird.

Ausgehend vom Filter 121 verläuft eine Verbindungsleitung zum Druckbehälter 93, welche durch das Ventil 139 geöffnet und geschlossen werden kann. Über dieses Ventil 139 kann somit bestimmt werden, ob Gasgemisch dem Druckbehälter 93 zugeführt wird oder nicht. Üblicherweise erfolgt die Befüllung des Druckbehälters periodisch, d.h. das Ventil 139 ist zeitweise geöffnet und zeitweise geschlossen. Die Steuerung dieses Ventils 139 kann durch eine Anlagensteuerung erfolgen. Selbstverständlich kann das Ventil 139 auch manuell geöffnet oder geschlossen werden. Der Druckbehälter 93 ist länglich ausgeführt, wobei dessen längste Abmessung im Wesentlichen vertikal orientiert ist. Die vom Ventil 139 zum Druckbehälter 93 verlaufende Leitung ist im oberen Bereich, insbesondere im oberen Drittel des Druckbehälters 93 mit diesem verbunden. Der Druckbehälter 93 ist druckdicht und druckfest ausgeführt. Der Druckbehälter 93 umfasst eine Kühleinheit 931, welche den Druckbehälter und das darin befindliche Gasgemisch abkühlt. In der Darstellung ist die Kühleinheit 931 zickzackförmig dargestellt. In der Realität werden günstigerweise im Druckbehälter 93 wendel- oder spiralförmig verlaufende Kühlleitungen über einen großen Bereich der Länge des Druckbehälters 93 angeordnet. Dadurch ist sichergestellt, dass der Druckbehälter 93 und dessen Inhalt gleichmäßig und wirkungsvoll gekühlt werden. Die Kühleinheit 931 kühlt den Inhalt des Druckbehälters 93 bevorzugt auf eine Temperatur zwischen -30 und -60 °C, besonders bevorzugt auf einen Bereich

von -45 bis -50 °C ab. Ebenfalls im oberen Drittel mit dem Druckbehälter 93 verbunden ist eine Entnahmeleitung 1401. Diese Entnahmeleitung 1401 dient dazu, die sich im Druckbehälter 93 bildende sekundärgashaltige Gasphase aus dem Druckbehälter 93 zu entnehmen. Zur Steuerung oder Regelung dieser Entnahme ist das Ventil 140 in der Entnahmeleitung 1401 angeordnet. Die Entnahmeleitung 1401 endet an dem Anschluss 105. Der Anschluss 105 ist dazu vorgesehen mit einem Behälter verbunden zu werden, über den die sekundärgashaltige Gasphase aus der Anlage entfernt werden kann. Die entnommene sekundärgashaltige Gasphase kann danach entsorgt oder weiterverwendet werden. Am untersten Punkt des Druckbehälters 93 ist eine Überführungsleitung 1351 angeschlossen, welche über die beiden Ventile 135 und 134 geöffnet und geschlossen werden kann. Die Überführungsleitung 1351 verbindet den Druckbehälter 93 mit dem rechts daneben dargestellten Aufreinigungsbehälter 95. In der schematischen Ansicht in Fig. 1 ist der Aufreinigungsbehälter 95 kleiner dargestellt als der Druckbehälter 93. In der Praxis hat sich jedoch herausgestellt, dass die Anlage optimal funktioniert, wenn Druckbehälter und Aufreinigungsbehälter 95 in etwa die gleiche Größe aufweisen. Über die Überführungsleitung 1351 wird das verflüssigte Nutzgas aus dem Druckbehälter 93 in den Aufreinigungsbehälter 95 überführt. Im Druckbehälter 93 wird ein erster Trennschritt zur Trennung von Nutzgas und Sekundärgas vorgenommen. Das aus dem Druckbehälter 93 entnommene Nutzgas weist jedoch noch Reste von Sekundärgas auf, welche im Aufreinigungsbehälter 95 entfernt werden. Im Aufreinigungsbehälter 95 findet somit ein zweiter Trennschritt von Nutzgas und Sekundärgas statt.

Der Aufreinigungsbehälter 95 umfasst ein Heizgerät 951, welches den Aufreinigungsbehälter 95 und das darin enthaltene Gas erwärmt. Die Steuerung oder Regelung des Heizgerätes 951 erfolgt bevorzugt über eine Anlagensteuerung. In der dargestellten Ausführungsform ist das Heizgerät 951 als elektrisches Heizgerät ausgeführt. Alternativ können jedoch auch andere Typen von Heizgeräten 951 zum Einsatz kommen, wie beispielsweise ein Wärmetauscher, der die Abwärme der Kühleinheit 931 des Druckbehälters 93 nutzt.

Im Aufreinigungsbehälter 95 wird das bereits vorgereinigte, flüssige Nutzgas erwärmt. Der Druck im Aufreinigungsbehälter 95 wird dabei so geregelt, dass sich dieser Innendruck sehr nahe am Dampfdruck des Nutzgases bei den im Aufreinigungsbehälter 95 vorherrschenden Bedingungen befindet. Der Innendruck wird dabei geringfügig größer gewählt als dieser Dampfdruck. Dadurch wird erreicht, dass sich Reste an Sekundärgas, welches sich im flüssigen Nutzgas befinden aufgrund ihres wesentlich höheren Dampfdruckes aus dem flüssigen Nutzgas ausgasen. Die Reste an Sekundärgas sammeln sich dann gasförmig im oberen Bereich des Aufreinigungsbehälters 95. Zur Entnahme dieses gesammelten Sekundärgases ist eine Absaugungsleitung 1331 oben am Aufreinigungsbehälter 95 angeschlossen. Diese Absaugungsleitung 1331 kann über das Ventil 133 geöffnet und geschlossen werden. Bei der Absaugung des gasförmigen Sekundärgases aus dem Aufreinigungsbehälter 95 reduziert sich der Druck im Inneren des Aufreinigungsbehälters 95. Die Anlage wird so geregelt, dass der Innendruck im Aufreinigungsbehälter 95 minimal dem Dampfdruck des Nutzgases entspricht. Unten am Aufreinigungsbehälter 95 ist eine Abfüllleitung 1361 angeschlossen, welche über das Ventil 136 geöffnet und geschlossen werden kann. Am Ende dieser Abfüllleitung 1361 ist der Anschluss 103 vorgesehen. Am Anschluss 103 wird das zuvor in zwei Stufen rückgewonnene und gereinigte Nutzgas aus der Anlage entfernt. Dazu kann am Anschluss 103 beispielsweise ein Druckbehälter angeschlossen werden, in den das flüssige Nutzgas abgefüllt wird. Mithilfe dieses Druckbehälters kann das rückgewonnene Nutzgas anschließend seiner weiteren Verwendung zugeführt werden.

Die Absaugleitung 1331 verbindet den Aufreinigungsbehälter 95 mit der Leitung, die die Saugpumpe 21 und die Bypassleitung um die Saugpumpe 21 mit dem Kompressor 11 verbindet. Über die Absaugleitung 1331 kann die aus dem Aufreinigungsbehälter 95 abgesaugte Gasphase erneut dem Kompressor 11 zugeführt werden. Die abgesaugte Gasphase enthält Reste an Nutzgas. Durch die Rückführung der abgesaugten Gasphase aus dem Aufreinigungsbehälter 95 zum Kompressor 11 wird diese Gasphase, welche auch ein Gasgemisch darstellt, erneut den Trennschritten im Druckbehälter 93 und im Aufreinigungsbehälter 95 zugeführt. Durch diese Rückführung ist sichergestellt, dass auch die nach einem ersten Aufreinigen in der Gasphase verbleibenden Reste an Nutzgas in einem weiteren Verfahrensdurchlauf rückgewonnen werden. Somit ist eine nahezu komplette Rückgewinnung des Nutzgases aus der Gasmischung möglich.

Durch die Ventile 133, 131 und 132 kann eingestellt werden, ob der Kompressor 11 entweder über den Anschluss 101 zugeführte Gasmischung, über die Absaugleitung 1331 rückgeführte Gasphase oder eine Mischung aus beidem ansaugt, komprimiert und dem Druckbehälter 93 zuführt. Günstiger Weise wird diese Einstellung, welche Gasmischungen vom Kompressor 11 komprimiert und befördert werden automatisch durch eine Anlagensteuerung vorgenommen. Die Anlagensteuerung greift dabei auf die Signale mehrerer, verschiedener Sensoren zurück, die an verschiedenen Stellen in der Anlage angeordnet sind.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens. In Fig. 2 ist eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens als Flussdiagramm dargestellt. Zu Beginn des Verfahrens erfolgt eine Absaugung 30 aus der Anwendung, in der sich das zu trennende Gasgemisch befindet. Diese Absaugung kann entweder direkt aus der Anwendung erfolgen oder aus einem Pufferbehälter, mit dessen Hilfe das Gasgemisch von der eigentlichen Anwendung zur Anlage transportiert wird, in der das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird. Die Absaugung 30 kann dabei beispielsweise, wie zuvor beschrieben, über eine Saugpumpe 21 erfolgen. Nach der Absaugung ist eine Reinigung 31 vorgesehen, bei der Verschmutzungen und Feuchtigkeit aus dem Gasgemisch entfernt werden. Diese Reinigung 31 stellt einen optionalen Verfahrensschritt dar, der bei entsprechend reiner Gasmischung auch weggelassen werden kann. Im nächsten Schritt erfolgte Kompression A, welche bevorzugt durch einen Kompressor vorgenommen wird. Bei der Kompression A wird die Gasmischung verdichtet, bevorzugt auf einen Druck von etwa 10 bar. Bei dieser Kompression A verlassen alle Komponenten, also Nutzgas und Sekundär-gas(e), den Kompressor 11 gasförmig und es findet noch keine Verflüssigung statt. In Flussrichtung nach dem Kompressor 11, in dem sich Leitungen und Komponenten befinden, die Raumtemperatur aufweisen, ist es jedoch möglich, dass sich bereits Teile des Nutzgases verflüssigen und bereits verflüssigt in den Druckbehälter 93 gelangen. Nach der Kompression A findet eine weitere optionale Trocknung/Reinigung 32 statt. Auch diese Trocknung/Reinigung 32 kann bei entsprechend reiner Gasmischung weggelassen werden. Günstiger Weise wird bei der Absaugung 30 und vor oder nach der Kompression A die Reinheit des Gasgemisches über Sensoren festgestellt und basierend auf den Sensorsignalen die Schritte Reinigung 31 und Trocknung /Reinigung 32 nur bei Bedarf durchgeführt. Anschließend erfolgt die Überführung B der Gasmischung in den Druckbehälter 93, in dem eine erste Trennung des Gasgemisches erfolgt. Diese Trennung wird über die Kühlung C im Druckbehälter 93 vorgenommen. Das im Druckbehälter 93 befindliche Gasgemisch wird auf eine bevorzugte Temperatur zwischen -45° und -50° °C abgekühlt. Bei dieser Temperatur und dem zuvor durch die Kompression A eingestellten Druck erfolgt dann eine Verflüssigung des Nutzgases. Bei dem Nutzgas kann es sich beispielsweise um C4-Nitril oder C5-Keton handeln, welche beide einen sehr niedrigen Dampfdruck aufweisen. Während der Kühlung C wird der Innendruck im Druckbehälter 93 so eingestellt oder geregelt, dass er deutlich größer, insbesondere mindestens doppelt so groß

wie der Dampfdruck des Nutzgases und gleichzeitig deutlich niedriger, insbesondere 5- 40 % niedriger als der Dampfdruck des Sekundärgases ist. Dadurch geht bereits der allergrößte Teil des Sekundärgases in die gasförmige Phase über, das Nutzgas dagegen verflüssigt sich und sammelt sich im Druckbehälter 93. Die sekundärgashaltige Gasphase wird durch die Entnahme D aus dem Druckbehälter 93 entfernt. Dadurch wird bereits der allergrößte Teil als Sekundärgas aus der Gasmischung herausgetrennt. Die entnommene sekundärgashaltige Phase wird anschließend durch die Entsorgung/Vernichtung 33 aus dem Verfahren entnommen. Anschließend oder parallel zur Entnahme D erfolgt eine Überführung E des flüssigen Nutzgases vom Druckbehälter 93 in den Aufreinigungsbehälter 95. Diese Überführung E erfolgt bevorzugt alleine durch den im Druckbehälter 93 vorherrschenden Druck, der das flüssige Nutzgas weiter in den Aufreinigungsbehälter 95 treibt. Die anschließende Erwärmung F des flüssigen Nutzgases erfolgt durch ein Heizgerät 951 im Aufreinigungsbehälter 95. Das flüssige Nutzgas wird dabei auf eine Temperatur von etwa 0 bis 20 °C erwärmt. Nach oder während der Erwärmung F erfolgt eine Absaugung G der Gasphase aus dem Aufreinigungsbehälter 95. Erwärmung F und Absaugung G werden dabei so geregelt, dass der Innendruck im Aufreinigungsbehälter 95 geringfügig größer ist als der Dampfdruck des Nutzgases unter den im Aufreinigungsbehälter 95 vorherrschenden Bedingungen. Der Innendruck im Aufreinigungsbehälter 95 liegt somit deutlich näher am Dampfdruck des Nutzgases als der Innendruck im Druckbehälter 93. Durch diesen in der Nähe des Dampfdruckes liegenden Innendruck im Aufreinigungsbehälter 95 werden wirkungsvoll die letzten Reste an Sekundärgas, welches noch in flüssiger Form im Nutzgas vorliegt, in die gasförmige Phase überführt und durch die Absaugung F aus dem Gasgemisch entfernt. Unten im Aufreinigungsbehälter 95 verbleibt somit in flüssiger Form das Nutzgas mit einer sehr hohen Reinheit. Über das erfindungsgemäße Verfahren ist eine Reinheit von >99 % erreichbar. Aus dem Aufreinigungsbehälter 95 wird das gereinigte, flüssige Nutzgas durch die Abfüllung H entnommen. Die aus dem Aufreinigungsbehälter 95 bei der Absaugung G entnommene Gasphase enthält noch Reste an Nutzgas. Zur Rückgewinnung dieser letzten Reste an Nutzgas wird die Gasphase durch die Rückführung 34 erneut der Kompression A und den darauffolgenden Verfahrensschritten zugeführt. Die letzten Reste an Nutzgas werden somit in einem zweiten Verfahrensdurchlauf rückgewonnen, wodurch das Verfahren einen sehr hohen Rückgewinnungsgrad aufweist.

Die jetzt mit der Anmeldung und später eingereichten Ansprüche sind ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Schutzes.

Sollte sich hier bei näherer Prüfung, insbesondere auch des einschlägigen Standes der Technik, ergeben, dass das eine oder andere Merkmal für das Ziel der Erfindung zwar günstig, nicht aber entscheidend wichtig ist, so wird selbstverständlich schon jetzt eine Formulierung angestrebt, die ein solches Merkmal, insbesondere im Hauptanspruch, nicht mehr aufweist. Auch eine solche Unterkombination ist von der Offenbarung dieser Anmeldung abgedeckt.

Es ist weiter zu beachten, dass die in den verschiedenen Ausführungsformen beschriebenen und in den Figuren gezeigten Ausgestaltungen und Varianten der Erfindung beliebig untereinander kombinierbar sind. Dabei sind einzelne oder mehrere Merkmale beliebig gegeneinander austauschbar. Diese Merkmalskombinationen sind ebenso mit offenbart.

Die in den abhängigen Ansprüchen angeführten Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin. Jedoch sind diese nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

5

Merkmale, die nur in der Beschreibung offenbart wurden oder auch Einzelmerkmale aus Ansprüchen, die eine Mehrzahl von Merkmalen umfassen, können jederzeit als von erfindungswesentlicher Bedeutung zur Abgrenzung vom Stande der Technik in den oder die unabhängigen Anspruch/Ansprüche übernommen werden, und zwar auch dann, wenn solche Merkmale im Zusammenhang mit anderen Merkmalen erwähnt wurden beziehungsweise im Zusammenhang mit anderen Merkmalen besonders günstige Ergebnisse er-

10

reichen.

15

20

25

30

Bezugszeichenliste

	11	Kompressor
5	21	Saugpumpe
	30	Absaugung
	31	Reinigung
	32	Trocknung/Reinigung
	33	Entsorgung/Vernichtung
10	34	Rückführung
	93	Druckbehälter
	95	Aufreinigungsbehälter
	101	Anschluss
15	103	Anschluss
	105	Anschluss
	121	Filter
	122	Filter
	131	Ventil
20	132	Ventil
	133	Ventil
	134	Ventil
	135	Ventil
	136	Ventil
25	139	Ventil
	140	Ventil
	201	Ventil
	931	Kühleinheit
	951	Heizgerät
30		
	1331	Absaugleitung/Absaugungsleitung
	1351	Überführungsleitung
	1361	Abfüllleitung
	1401	Entnahmeleitung
35		
40		