

② **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

② Anmeldenummer: **88107027.0**

⑤① Int. Cl.4: **B01D 53/14 , C10K 1/16**

②② Anmeldetag: **02.05.88**

③③ Priorität: **14.05.87 DE 3716199**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.11.88 Patentblatt 88/46

⑥④ Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL SE

⑦① Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft
Abraham-Lincoln-Strasse 21
D-6200 Wiesbaden(DE)**

⑦② Erfinder: **Ranke, Gerhard, Dipl.-Ing.
Feichtetstrasse 6
D-8134 Pöcking(DE)**
Erfinder: **Weiss, Horst, Dipl.-Ing.
Neufriedenheimer Strasse 37a
D-8000 München 70(DE)**

⑦④ Vertreter: **Schaefer, Gerhard, Dr.
Linde Aktiengesellschaft Zentrale
Patentabteilung
D-8023 Höllriegelskreuth(DE)**

⑥④ **Verfahren und Vorrichtung zur Reinigung von Rohgasen unter gleichzeitiger Gewinnung von
Synthese- und Brenngas.**

⑥⑦ Es wird ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur
Reinigung von Kohlevergasungsgasen bei gleichzei-
tiger Gewinnung von Synthese- und Brenngas be-
schrieben. Um ein CO₂-reiches Brenngas bei guter
Flexibilität zu gewinnen und gleichzeitig eine hoch-
konzentrierte H₂S-Fraktion zu erzeugen, wird ein Teil
des auf Synthesegasreinheit gewaschenen Rohgas-
es zur Abstrippung von CO₂ unter Druck aus aus-
schließlich mit CO₂ beladenem Waschmittel verwen-
det, worauf das mit CO₂ beladene Waschmittel für
die Konzentrierung von Schwefelverbindungen im
mit H₂S/COS beladenen Waschmittel verwendet
wird.

EP 0 290 913 A2

Verfahren und Vorrichtung zur Reinigung von Rohgasen unter gleichzeitiger Gewinnung von Synthesegas und Brenngas

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Reinigung von Rohgasen aus der Kohlevergasung unter gleichzeitiger Gewinnung von Synthesegas, von CO₂-reichem Brenngas für die Erzeugung elektrischer Energie mittels Gasturbine und H₂S/COS-reichem Gas für die Schwefelgewinnung in einer Claus-Anlage, wobei das Rohgas konvertiert und nach Konvertierung abgekühlt wird und anschließend im unteren Säulenabschnitt einer Waschsäule H₂S und COS mit mit CO₂ vorbeladenen Waschmittel entfernt werden, während im oberen Abschnitt CO₂ ausgewaschen wird und gereinigtes Synthesegas die Waschsäule verläßt.

Bei der Vergasung von kohlenstoffhaltigen Einsätzen (Kohle, Öl, Raffinerierückstände) entsteht ein Gasgemisch, das bevorzugt aus H₂ and CO besteht, jedoch auch andere Komponenten wie CO₂, H₂S und Inertgase enthält.

Entsprechend der Weiterverwendung des Gases als Synthesegas (z.B. NH₃ oder Methanolsynthese), als Ausgangsprodukt für die H₂ oder CO-Gewinnung oder als Brenngas wird das heiße Rohgas bei bekannten Verfahren zunächst entsprechend den Randbedingungen des geforderten Synthesegases konvertiert, nach Konvertierung teilweise abgekühlt (entweder in einem Wasteheat-Boiler zur Dampferzeugung oder durch Wasserquench) und dann in einer zweistufigen Sauergaswäsche gereinigt, wobei im unteren Säuleabschnitt das H₂S und COS entfernt wird, während im oberen Abschnitt CO₂ auf die geforderte Reinheit ausgewaschen wird. Normalerweise werden für die Entfernung von CO₂, H₂S und COS physikalische Wäschen verwendet.

Ein bekanntes Verfahren für die gleichzeitige Gewinnung von Synthesegas und einem Brenngas für einen Einsatz zur Erzeugung elektrischer Energie mittels Gasturbinen ist in der DE-OS 34 27 633 beschrieben. Bei diesem Verfahren werden die Rohgasströme getrennt abgekühlt, wobei nur der Rohgasstrom zur Erzeugung von Synthesegas konvertiert wird (d.h. Umsetzung von CO mit Wasserdampf zu H₂ und CO₂), und in zwei parallelen Waschsäulen gewaschen. Dabei wird das Synthesegas zunächst selektiv entschwefelt und anschließend das CO₂ ausgewaschen.

Bei dem bekannten Verfahren wird für die Entschwefelung des Brenngases das überschüssige, mit CO₂ beladene Waschmittel der Synthesegaswäsche verwendet. Durch diese Kombination ist es möglich, einen Teil des CO₂, welches in der Synthesegaswäsche ausgewaschen wurde, ohne zusätzlichen Energieaufwand mit dem Brenngas abzustrippen und damit Kompressionse-

nergie für die Luftzumischung zur Begrenzung der maximalen Verbrennungstemperatur zu sparen.

Das bekannte Verfahren hat neben dem Vorteil der CO₂-Anreicherung im Brenngas jedoch mehrere wesentliche Nachteile.

In der H₂S-Wäsche wird neben H₂S und COS auch viel CO₂ mit ausgewaschen (entsprechend CO₂-Partialdruck und CO₂-Löslichkeit). Bei den üblichen selektiven Sauergaswäschen wird das H₂S und COS in einer nachgeschalteten Anreicherungssäule so weit konzentriert, daß die bei der Warmregenerierung anfallende H₂S-Fraktion in einer Claus-Anlage zu elementarem Schwefel umgesetzt werden kann.

In dieser Anreicherungssäule wird jedoch zum Zurückhalten des H₂S und COS ein kaltes, bereits mit CO₂ beladenes Waschmittel benötigt, um das zusammen mit dem CO₂ freigesetzte H₂S zurückzuwaschen und damit ein schwefelfreies Restgas zu gewinnen. Für diese Rückwaschung wird normalerweise der Waschmittelüberschuß der CO₂-Wäsche verwendet. Bei der in den bekannten Verfahren offenbarten Kombination fehlt jedoch das mit CO₂ beladene Waschmittel. Somit ist keine Anreicherung des H₂S und COS möglich. Dadurch sinkt der Schwefelgehalt der Schwefelfraktion so stark ab, daß keine Claus-Anlage verwendet werden kann. Zwar kann H₂S aus solch einem Gasgemisch mit einer oxidativen Wäsche zu elementarem Schwefel umgesetzt werden, jedoch ist ein Nachteil dieser Wäschen, daß COS nicht reagiert und somit nicht ausgewaschen werden kann. Bei dem hohen COS-Gehalt von unkonvertiertem Rohgas (ca. 4 - 5% des Schwefels liegt als COS vor) treten dadurch beträchtliche Umweltprobleme auf.

Normalerweise wird die Stromerzeugung dem Bedarf angepaßt. Es treten somit tages- und jahreszeitliche Schwankungen auf. Deshalb muß die Gasmenge für die Erzeugung elektrischer Energie durch Kohlenverbrennung ebenfalls variabel sein. Um eine Lastschwankung der Vergasung und des Luftzerlegers zu vermeiden, wird normalerweise angestrebt, die Vergasung konstant zu fahren und die Mengenschwankung des Brenngases in der Synthese aufzufangen. Dies setzt voraus, daß Quench, Konvertierung und die beiden parallelen Wäschen mit schwankenden Randbedingungen fahren müssen, was einen hohen Regelaufwand beim Betrieb der Gesamtanlage voraussetzt.

Beide Stränge (Gasabkühlung, Konvertierung und beide Sauergaswäschen) müssen für die jeweils maximale Gasmenge ausgelegt werden. Daher sind beide Stränge überdimensioniert und

arbeiten normalerweise nicht bei optimalen Betriebsbedingungen. Gleichzeitig bedingt eine Überdimensionierung höhere Investitionskosten.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Reinigung von Rohgasen bei gleichzeitiger Gewinnung von Synthese- und Brenngas so auszugestalten, daß bei guter Flexibilität unter gleichzeitiger Erzeugung einer hochkonzentrierten H₂S-Fraktion ein CO₂-reiches Brenngas gewonnen wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Teil des gewonnenen Synthesegases abgezweigt, zur Abstrippung von CO₂ unter Druck aus dem ausschließlich mit CO₂ beladenen Waschmittel aus dem oberen Säulenabschnitt verwendet und als mit CO₂ angereichertes Brenngas gewonnen wird, worauf das ausschließlich mit CO₂ beladene, teilweise gestrippte Waschmittel für die Konzentrierung von Schwefelverbindungen in einer H₂S-Anreicherungssäule verwendet wird.

Als Waschmittel können dabei Methanol, Ethanol, Aceton, N-Methylpyrrolidon, Dimethylformamid, Propylencarbonat oder Polyethylenglykoldialkylether eingesetzt werden.

Durch die erfindungsgemäße Verfahrensführung wird das Brenngas mit CO₂ angereichert, und gleichzeitig steht das nur mit CO₂ beladene Waschmittel für die H₂S-Anreicherungssäule zur Verfügung, da das abgezweigte Synthesegas keine Schwefelverbindungen enthält und das abgestrippte CO₂ die benötigte Lösungswärme dem Waschmittel entzieht, wodurch sich dieses abkühlt. Vom Kältehaushalt her ist das Abstreifen unter Druck gleichwertig mit einer Entspannung des beladenen Waschmittels und dabei teilweiser Verdampfung von CO₂, welches in den bekannten Verfahren angewandt wird.

Ein zusätzlicher Vorteil besteht darin, daß die Gaserzeugung, Konvertierung und Sauergaswäsche bei konstanten Bedingungen durchgeführt werden können, während nur die Strippsäule mit der variablen Brenngasmenge beaufschlagt wird.

Erfindungsgemäß wird die Konvertierung, obwohl sie für die Gewinnung von Brenngas nicht erforderlich ist, doch zur Erzeugung von z.B. H₂, Methanol- oder NH₃-Synthesegas benötigt und somit vor der Abkühlung des Rohgases durchgeführt.

In weiterer Ausbildung des Erfindungsgedankens kann ein Teil des Rohgases vor der Konvertierung abgezweigt und unkonvertiert der Sauergaswäsche unterzogen werden. Dieses Verfahren wird man bevorzugt anwenden, wenn entweder für die Weiterverarbeitung zusätzlich zu dem Brenngas ein unkonvertiertes Gas benötigt wird, z.B. für die Gewinnung von reinem CO oder wenn keine großen Lastschwankungen des Brenngases erwartet werden, z.B., wenn die elektrische Energie,

mittels Gasturbinen gewonnen, nur für die Synthesegaserzeugung und Weiterverarbeitung benötigt wird (autarke Anlage).

Normalerweise wird die CO₂-Stripfung bei dem Druck der Waschsäule durchgeführt. Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens jedoch sieht vor, falls die Gaserzeugung wegen der nachfolgenden Synthese bei einem Druck durchgeführt wird, der höher liegt als der benötigte Druck für die Brennkammer, das abgezweigte Synthesegas vor der CO₂-Strippsäule in einer Expansionsturbine energieleistend auf den Druck der Brennkammer zu entspannen und die CO₂-Stripfung erst bei reduziertem Druck zu unternehmen.

Nach einer besonderen Ausgestaltungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens können auch andere Gase, die bestimmte Randbedingungen erfüllen, zusätzlich zu dem Brenngas bei der Abstrippung des CO₂ unter Druck verwendet werden, z.B. Purgas aus der Methanolsynthese, Restgase aus einer Stickstoffwäsche oder N₂ aus einem Luftzerlegt.

Erfindungsgemäß erfolgt die Konzentrierung von Schwefelverbindungen in der H₂S-Anreicherungssäule durch Zurückwaschen des freigesetzten H₂S/COS mit dem mit CO₂ beladenen Waschmittel aus der CO₂-Abstrippsäule, wodurch das H₂S/COS im Sumpf der H₂S-Anreicherungssäule angereichert wird und wobei N₂ zur CO₂-Abstrippung aus dem Waschmittel verwendet wird.

Mit besonderem Vorteil wird dabei das kalte Waschmittel seitlich der Anreicherungssäule entnommen und nach Anwärmung gegen regeneriertes Waschmittel der Säule in einem tieferen Abschnitt wieder zugeführt.

Weiterhin wird das mit H₂S beladene Waschmittel zur Gewinnung von einer H₂S/COS-reichen Gasfraktion und von regeneriertem Waschmittel für die Waschsäule einer Warmregenerierung unterzogen.

In weiterer Ausgestaltung des Erfindungsgedankens wird das in der Anreicherungssäule anfallende Restgas (bevorzugt CO₂ und N₂, jedoch H₂S-frei) nach Anwärmung gegen ankommendes Rohgas zusammen mit der Verbrennungsluft verdichtet und dem Brenngas vor der Brennkammer zugemischt.

Von besonderem Vorteil ist dabei, daß, da CO₂ eine höhere spezifische Wärme als Luft hat, zur Senkung der Verbrennungstemperatur in der Brennkammer weniger Gas verdichtet werden muß.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß durch die Rückführung keine Waschmitteldampfemissionsprobleme auftreten, da das Restgas entsprechend Druck und Temperatur mit Waschmitteldampf gesättigt ist.

Normalerweise ist es wirtschaftlich sinnvoll und

auch aufgrund örtlicher Umweltschutzbestimmungen notwendig, das beladene Waschmittel auf einem Zwischendruck zu entspannen und die anfallenden Flashgase (bevorzugt H₂ und CO) nach Kompression zum Rohgas zurückzuführen. Bei Zumischung des Restgases zum Brenngas, gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Erfindungsgedankens, ist dabei von Vorteil, daß die Zwischenentspannungsbehälter und der Rückführverdichter entfallen, da die brennbaren Bestandteile mit verbrannt werden.

Die Erfindung betrifft überdies eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einer Waschsäule, einer CO₂-Abstrippsäule und einer H₂S-Anreicherungsäule, wobei von einer Leitung, die Synthesegas von der Waschsäule ableitet, eine zweite Leitung abzweigt, die in den unteren Abschnitt der CO₂-Abstrippsäule führt. Die Waschsäule ist mit der CO₂-Abstrippsäule so verbunden, daß eine Leitung für CO₂ beladenes Waschmittel von dem oberen Teil der Waschsäule zu der Abstrippsäule führt, die wiederum mit der Anreicherungsäule verbunden ist, wobei eine Leitung für H₂S/COS-reiches Waschmittel von dem unteren Abschnitt der Waschsäule zu der Anreicherungsäule führt. Weiterhin führt eine Leitung von der Unterseite der Anreicherungsäule über einen Warmregenerierer, der mit einer Claus-Anlage verbunden ist, und einen Wärmetauscher zu dem oberen Abschnitt der Waschsäule, wobei der Wärmetauscher mit einer seitlich von der Anreicherungsäule herführenden Leitung verbunden ist.

Im folgenden sei die Erfindung anhand eines schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Ein Rohgas, welches H₂ und CO, jedoch auch CO₂, H₂S, COS und Inertgase enthält, wird nach Zugabe einer kleinen Menge Methanol in einem Wärmetauscher 1 abgekühlt und über einen Methanol/H₂O-Abscheider 2 in den unteren Abschnitt einer Waschsäule 3 geführt, in der das Gas von CO₂ und H₂S/COS befreit wird, indem es mit durch Leitung 19 herangeführtem Methanol beriebelt wird, das die Verunreinigungen aufnimmt. Das dadurch gewonnene Synthesegas zieht über eine Leitung 4 aus der Waschsäule ab. Ein Teil wird abgezweigt und über eine Leitung 5 in den unteren Abschnitt einer CO₂-Abstrippsäule 6 geführt. CO₂-beladenes Methanol wird seitlich der Waschsäule entnommen und über eine Leitung 7 in den oberen Abschnitt der CO₂-Abstrippsäule 6 geführt, wo das abgezweigte Synthesegas benützt wird, um CO₂ abzustrippen und als CO₂-angereichertes Brenngas über eine Leitung 8 in eine Brennkammer geleitet zu werden. Das kalte, teilweise abgestripte, mit CO₂-beladene Methanol verläßt die Abstrippsäule über eine Leitung 9. Im in einer H₂S-Anreicherungsäule 10 dient dieses Waschmittel dazu, das

in dieser Säule aus dem über Leitung 11 von der Waschsäule hereingeführten, mit H₂S/COS beladenen Waschmittel freigesetzte H₂S/COS zurückzuwaschen, wodurch das H₂S/COS im Sumpf der H₂S-Anreicherungsäule 10 angereichert wird. Seitlich der Anreicherungsäule wird das kalte Methanol über eine Leitung 12 einem Wärmetauscher 13 zugeführt, wo es in Wärmeaustausch mit regeneriertem Methanol erwärmt wird. Danach wird es der Anreicherungsäule im unteren Abschnitt wieder zugeführt. Über eine Leitung 14 wird dem unteren Abschnitt der Anreicherungsäule N₂ zugeführt, wo es CO₂ aus dem außerdem mit H₂S/COS beladenen Methanol abstrippt, welches über Leitung 15 in einen Warmregenerierer 16 geführt wird. In dem Warmregenerierer 16 wird außerdem über Leitung 21 das Methanol/H₂O-Kondensat aus dem Abscheider 2 eingespeist. Vom Warmregenerierer 16 führt eine Leitung 17 das H₂S/COS-reiche Gas in eine Claus-Anlage 18 und eine Leitung 19 regeneriertes Methanol zurück in die Waschsäule 3. CO₂ und N₂ enthaltendes Restgas wird über Leitung 20 aus der Anreicherungsäule 10 abgeführt.

Die bei einem beispielhaften Verfahren umgesetzten Stoffmengen und -zusammensetzungen sowie einige Drücke und Temperaturen sind in der Stoffbilanz der Tabelle zusammengefaßt.

T a b e l l e
Stoffbilanz

bezugszeichen Stoffart	1 Rohgas	4 Synthese- gas	7 CH ₃ OH	8 Brenn- gas	14 Strip- gas	17 Sauer- gas	19 CH ₃ OH	20 Restgas	11 CH ₃ OH
Komponenten Vol%									
H ₂	56,6	96,9		82,0		2,0		0,2	
N ₂ + CO + CH ₄	1,9	3,1		2,6	100,0			10,1	
CO ₂	40,8	10 ppm		15,4		64,3		89,7	
H ₂ S/COS	0,7	0,1 ppm		1 ppm		33,7		10 ppm	
Menge	100.000	24.620	62t/h zuzügl. gelöste Kompon.	39.860	3.750	2.180	125 t/h zuzügl. gelöste Kompon.	37.090	63 t/h zuzügl. gelöste Kompon.
Druck	58	56		55	4	2		1,1	
Temperatur °C	35	25		25	20	30		25	

Ansprüche

1. Verfahren zur Reinigung von Rohgasen aus der Kohlevergasung unter gleichzeitiger Gewinnung von Synthesegas, von CO₂-reichem Brenngas für die Erzeugung elektrischer Energie mittels Gasturbine und von H₂S/COS-reichem Gas für die Schwefelgewinnung in einer Claus-Anlage, wobei das Rohgas konvertiert und nach Konvertierung abgekühlt wird und anschließend im unteren Säulenabschnitt einer Waschsäule H₂S und COS mit CO₂ vorbeladenem Waschmittel entfernt werden, während im oberen Abschnitt CO₂ ausgewaschen wird und gereinigtes Synthesegas die Waschsäule verläßt, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des gewonnenen Synthesegases abgezweigt, zur Abstrippung von CO₂ unter Druck aus dem ausschließlich mit CO₂ beladenen Waschmittel aus dem oberen Säulenabschnitt verwendet und als mit CO₂ angereichertes Brenngas gewonnen wird, worauf das ausschließlich mit CO₂ beladene, teilweise gestrippte Waschmittel für die Konzentrierung von Schwefelverbindungen in einer H₂S-Anreicherungssäule verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des Rohgases vor der Konvertierung abgezweigt und unkonvertiert in einer weiteren Waschsäule entschwefelt wird und das entschwefelte unkonvertierte Gas zur CO₂-Abstrippung verwendet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Waschmittel Methanol, Ethanol, Aceton, N-Methylpyrrolidon, Dimethylformamid, Propylencarbonat oder Polyethylenglykoldialkylether verwendet werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Waschmittel im oberen Abschnitt der Sauer gaswaschsäule gekühlt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das abgezweigte Synthesegas vor der CO₂-Strippsäule in eine Expansionsturbine energieleistend auf den Druck der Brennkammer entspannt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Abstrippung von CO₂ unter Druck dem Brenngas andere Gase zugemischt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die anderen Gase Purgegase aus einer Methanolsynthese, Restgase aus einer Stickstoffwäsche oder N₂ aus einem Luftzerleger sind.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Konzentrierung von Schwefelverbindungen in der H₂S-Anreicherungssäule durch Zurückwaschen des zusammen mit der Hauptmenge des CO₂ im Strippschnitt der H₂S-Anreicherungssäule freigesetzten H₂S/COS mit dem kalten, mit CO₂ beladenen Waschmittel aus der CO₂-Abstrippsäule erfolgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das kalte Waschmittel der H₂S-Anreicherungssäule seitlich entnommen und nach Anwärmung gegen regeneriertes Waschmittel der Säule in einem tieferen Abschnitt wieder zugeführt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß in der H₂S-Anreicherungssäule N₂ zur CO₂-Abstrippung verwendet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das mit H₂S beladene Waschmittel zur Gewinnung von einer H₂S/COS-reichen Gasfraktion und von regeneriertem Waschmittel für die Waschsäule einer Warmregenerierung unterzogen wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das in der H₂S-Anreicherungssäule anfallende Restgas nach Anwärmung gegen ankommendes Rohgas zusammen mit der Verbrennungsluft verdichtet und dem Brenngas vor der Brennkammer zugemischt wird.

13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einer Waschsäule, einer CO₂-Abstrippsäule und einer H₂S-Anreicherungssäule, dadurch gekennzeichnet, daß von einer Leitung (4), die Synthesegas von der Waschsäule (3) ableitet, eine zweite Leitung (5) abzweigt, die in den unteren Abschnitt der CO₂-Abstrippsäule (6) führt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Waschsäule (3) mit der CO₂-Abstrippsäule (6) so verbunden ist, daß eine Leitung (7) für mit CO₂ beladenem Waschmittel von dem oberen Teil der Waschsäule (3) zu der Abstrippsäule (6) führt, die über eine Leitung (9) wiederum mit der H₂S-Anreicherungssäule (10) verbunden ist, wobei eine Leitung (11) für H₂S/COS-reiches Waschmittel von dem unteren Abschnitt der Waschsäule (3) zu der Anreicherungssäule (10) führt, und daß Leitungen (15,19) von der Unterseite der Anreicherungssäule (10) über einen Warmregenerierer (16), der mit einer Claus-Anlage (18) verbunden ist, und einen Wärmetauscher (13) zu dem oberen Abschnitt der Waschsäule (3) führen, wobei der Wärmetauscher (13) mit einer seitlich von der Anreicherungssäule (10) herführenden Leitung (12) verbunden ist.

