



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

- (43) Veröffentlichungstag:
06.11.2024 Patentblatt 2024/45

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C25B 1/04 (2021.01) C25B 15/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 23020205.3

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C25B 1/04; C25B 1/042; C25B 15/021;
C25B 15/081; C25B 15/083; C25B 15/085;
C25B 15/087

(22) Anmeldetag: 03.05.2023

- (84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder:
 - Linde GmbH
82049 Pullach (DE)
 - Technische Universität München
80333 München (DE)

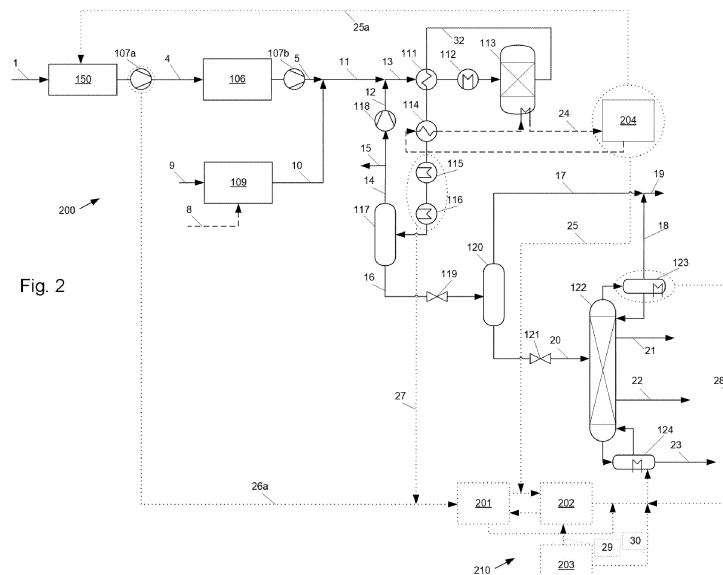
(72) Erfinder:
 - Klein, Harald
80290 München (DE)
 - Peschel, Andreas
82049 Pullach (DE)
 - Fahr, Steffen
80290 München (DE)

(74) Vertreter: Fischer, Werner
Linde GmbH
Intellectual Property EMEA
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(54) VERFAHREN UND ANLAGE ZUR HERSTELLUNG EINES REAKTIONSPRODUKTS

- (57) Es wird ein Verfahren (100, 200) zur Herstellung eines Verfahrensprodukts vorgeschlagen, wobei unter Verwendung einer Wasserelektrolyse (104, 150) Wasserstoff bereitgestellt wird, wobei der Wasserstoff oder ein Teil hiervon mit Kohlendioxid einer exothermen Reaktion unter Freisetzung von Wärme und Erhalt eines das Verfahrensprodukt enthaltenen Produktgemischs unterworfen wird, wobei das Produktgemisch oder ein Teil hiervon einer Destillation unter Verwendung einer oder mehrerer Destillationskolonnen (122) unterworfen

wird, und wobei die eine oder zumindest eine der mehreren Destillationskolonnen (122) unter Verwendung von Wärme beheizt wird. Hierbei ist vorgesehen, dass zumindest ein Teil der Wärme unter Verwendung eines Heizsystems (210) bereitgestellt wird, das eine oder mehrere Wärmepumpen (201) und einen oder mehrere Wärmespeichereinheiten (202) umfasst, und dem in dem Verfahren (100, 200) anfallende Wärme zugeführt wird. Eine entsprechende Anlage ist ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung.



Beschreibung

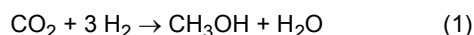
[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Herstellung eines Reaktionsprodukts, insbesondere von Methanol.

Hintergrund

[0002] Derzeit basiert die Herstellung von Methanol und seinen Derivaten (z.B. Dimethylether, DME) meist auf der Reaktion von Synthesegas, das Kohlenmonoxid und Wasserstoff enthält, in einem sogenannten Methanolsynthesekreislauf. Die erwähnten Edukte stammen dabei in herkömmlichen Verfahren typischerweise aus der Dampfreformierung oder partiellen Oxidation von kohlenstoffhaltigen (fossilen) Rohstoffen wie Erdgas, flüssigen Kohlenwasserstoffen oder Kohle.

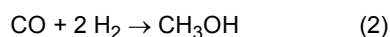
[0003] Um das Ausmaß des globalen Klimawandels durch Kohlendioxidemissionen zu begrenzen, wurde die Nutzung von Kohlendioxid als Kohlenstoffquelle für die Methanolproduktion vorgeschlagen. Für die Methanolproduktion aus Kohlendioxid lassen sich dabei im Wesentlichen zwei Hauptwege unterscheiden:

Der erste Weg kann als direkte Hydrierung von Kohlendioxid beschrieben werden, wobei Kohlendioxid zusammen mit einer wasserstoffhaltigen Coeinspeisung dem Methanolsynthesekreislauf zugeführt wird. Die Bruttoreaktion, die in einem solchen Kreislauf stattfindet, kann mit der nachfolgend angegebenen Reaktionsgleichung (1) beschrieben werden.



[0004] Der zweite Weg umfasst eine Kohlendioxidelektrolyse oder eine Coelektrolyse, mittels derer zumindest ein Teil des Kohlendioxideinsatzes zu Kohlenmonoxid umgewandelt wird, welches dann seinerseits einem Kreislauf zugeführt wird, der dem herkömmlichen Methanolsynthesekreislauf ähnelt.

[0005] Die Bruttoreaktion bei der elektrochemischen Umwandlung von Kohlendioxid in Kohlenmonoxid kann mit der nachfolgend angegebenen Reaktionsgleichung (2) beschrieben werden.



[0006] Unabhängig davon, ob die direkte Hydrierung von Kohlendioxid gemäß Reaktionsgleichung (1) oder ein auf Kohlenmonoxid basierendes Verfahren gemäß Reaktionsgleichung (2) verwendet wird, kann die allgemeine Ausgestaltung eines entsprechenden Kreislaufs wie folgt beschrieben werden:

Die jeweiligen Einsatzströme werden zusammengeführt und auf einen Druck von typischerweise 50-100 bar verdichtet. Je nach Herkunft der Einsatzstoffe können die verschiedenen Einsatzströme dabei separat oder nach der Zusammenführung verdichtet werden. Ein entsprechend gebildeter Gesamteinsatzstrom wird mit einem Rezyklatstrom vereinigt, vorgewärmt, und in einem oder mehreren Katalysatorbetten zur Reaktion gebracht. Der gebildete Produktstrom wird abgekühlt, die flüssigen Reaktionsprodukte werden zumindest teilweise kondensiert und aus dem Kreislauf entfernt, und die gasförmigen Reaktanten werden zumindest teilweise in den erwähnten Rezyklatstrom überführt. Die flüssigen Reaktionsprodukte werden aufgereinigt, typischerweise in einer oder zwei Destillationskolonnen.

[0007] Wenngleich die vorliegende Erfindung nachfolgend überwiegend unter Bezugnahme auf die Methanolsynthese beschrieben wird und diese einen besonders vorteilhaften Anwendungsbereich der Erfindung und ihrer Ausgestaltungen darstellen kann, eignen sich die vorliegende Erfindung ihre Ausgestaltungen nicht nur hierfür, sondern grundsätzlich auch für andere Verfahren, in denen sich die unten erläuterten Vorteile der Erfindung und ihrer Ausgestaltungen entfalten können. Beispiele für entsprechende Verfahren sind unten erwähnt und umfassen grundsätzlich alle Verfahren, in denen eine Destillation flüssiger Reaktionsprodukte bei einer Temperatur oberhalb der Umgebungstemperatur vorgenommen wird.

[0008] Die vorliegende Erfindung stellt sich nunmehr die Aufgabe, entsprechende Verfahren, insbesondere zur Herstellung von Methanol, zu verbessern und insbesondere flexibler und/oder energieeffizienter auszugestalten.

Offenbarung der Erfindung

[0009] Vor diesem Hintergrund werden ein Verfahren und eine Anlage zur Herstellung eines Verfahrensprodukts mit den jeweiligen Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vorgeschlagen. Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

[0010] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, eine oder mehrere Wärmepumpen in Kombination mit einer Speicherung thermischer Energie zu verwenden, um zumindest einen Teil der Wärme bereitzustellen, die für die Reinigung von aus Kohlendioxid hergestelltem Methanol oder anderen Verfahrensprodukten erforderlich ist. Die Wärmepumpe(n) wird bzw. werden eingesetzt, um das Temperaturniveau der Wärme zu erhöhen, so dass es dem

Temperaturniveau entspricht, das von einer verwendeten Reinigungsanlage benötigt wird. Die Speicherung der thermischer Energie ermöglicht es, die betriebliche Flexibilität der Anlage trotz eines hohen Grades der Wärmeintegration zu erhöhen.

[0011] Wie erwähnt, wird die vorliegende Erfindung und ihre Ausgestaltungen am Beispiel der Methanolsynthese beschrieben. Die Erfindung und ihre Ausgestaltungen eignen sich jedoch in gleicher Weise für die Verwendung im Zusammenhang mit anderen Verfahren, insbesondere in Form sogenannter "Power-to-Liquids"-Prozesse, die eine entsprechende Produktaufbereitung bei Temperaturen oberhalb der Umgebungstemperatur erfordern, beispielsweise die Herstellung von Dimethylether und Fischer-Tropsch-Synthesen mit Vor-Ort-Verarbeitung (Destillation) der entsprechend erhaltenen Rohprodukte.

[0012] In entsprechenden Verfahren werden Verfahrensedukte, insbesondere Wasserstoff, vorteilhafterweise mittels elektrischer Energie, d.h. insbesondere mittels Elektrolyse, bereitgestellt, so dass nachfolgend kurz auf die Grundlagen entsprechender Elektrolyseverfahren eingegangen werden soll.

[0013] Bei der klassischen Wasserelektrolyse wird eine wässrige alkalische Lösung, typischerweise von Kaliumhydroxid, als Elektrolyt verwendet (AEL, Alkalische Elektrolyse). Die Elektrolyse mit einer uni- oder bipolaren Elektrodenanordnung erfolgt dabei bei Atmosphärendruck oder im industriellen Maßstab auch deutlich darüber. Neuere Entwicklungen bei der Wasserelektrolyse umfassen die Verwendung von protonenleitenden Ionenaustauschmembranen (SPE, Solid Polymer Electrolysis; PEM, Proton Exchange Membranes), bei der das zu elektrolysierende Wasser an der Anodenseite bereitgestellt wird. Auch Elektrolysetechnologien unter Verwendung eines Anionenaustauschermembran (AEM, Anion Exchange Membrane) werden eingesetzt.

[0014] Die bisher genannten Verfahren der Wasserelektrolyse zählen zu den Niedertemperaturverfahren, bei denen das zu elektrolysierende Wasser in der Flüssigphase vorliegt. Daneben wird auch die sogenannte Dampfelektrolyse eingesetzt, die ebenfalls mit alkalischen Elektrolyten (also als AEL) mit angepassten Membranen, beispielsweise Polysulfonmembranen, sowie unter Verwendung von Festoxidelektrolysezellen (SOEC, Solid Oxide Electrolysis Cells) durchgeführt werden können. Letztere umfassen insbesondere dotiertes Zirkondioxid oder Oxide anderer seltener Erden, die bei mehr hohen Temperaturen leitfähig werden. Entsprechende Verfahren werden nachfolgend auch als Hochtemperaturelektrolyse bezeichnet.

[0015] Der Begriff der Elektrolyse soll nachfolgend sämtliche dieser Verfahren umfassen. Insbesondere die Niedertemperaturelektrolyse (PEM, AEL, AEM) eignet sich für einen flexiblen Betrieb, der den Energieübergang zu erneuerbaren Energien unterstützt. Sämtliche Verfahren können im Rahmen der vorliegenden Erfindung und entsprechender Ausgestaltungen, auch in Kombination, eingesetzt werden.

[0016] Industrielle Wärmepumpen ermöglichen die Erhöhung des Temperaturniveaus eines Wärmestroms. Ihr Funktionsprinzip besteht darin, Wärme von einer Wärmequelle auf ein Arbeitsmedium auf einem niedrigen Temperaturniveau zu übertragen, den Druck des Arbeitsmediums zu erhöhen, und dann die Wärme auf einem höheren Temperaturniveau an eine Wärmesenke abzugeben. Die Druckerhöhung kann z.B. durch einen elektrisch angetriebenen Verdichter erfolgen. Oft wird die Arbeitsflüssigkeit auf dem niedrigen Temperaturniveau verdampft und auf dem hohen Temperaturniveau kondensiert, was aber nach dem allgemeinen Funktionsprinzip nicht unbedingt erforderlich ist. Am häufigsten werden Wärmepumpen derzeit für die Warmwasserbereitung eingesetzt, z.B. im Bereich der Gebäudeheizung.

[0017] Angesichts der akuten Notwendigkeit, die Prozessindustrie zu dekarbonisieren, werden Wärmepumpen auch zunehmend für den Einsatz in der chemischen Industrie in Betracht gezogen. Da Dampf das häufigste Heizmedium in der chemischen Industrie darstellt, wurden Wärmepumpen entwickelt, die Dampf erzeugen. Der durch indirekte Wärmeübertragung mit dem Arbeitsmedium der Wärmepumpe erzeugte Dampf kann direkt genutzt oder weiter aufbereitet werden, z.B. durch eine Dampfverdichtung.

[0018] Speziell bei Destillationskolonnen kann ein methanolreiches, gasförmiges Kopfprodukt verdichtet und gegen den Verdampfer derselben Kolonne kondensiert werden. Obwohl es sich hierbei nicht um einen geschlossenen Wärmepumpenkreislauf handelt, wie er zuvor beschrieben wurde, folgt das Vorgehen dem gleichen allgemeinen Prinzip.

[0019] Erneuerbare Energiequellen wie Wind und Sonne sind hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit nicht oder nur schwer planbar, d.h. ihre Verfügbarkeit schwankt im Laufe der Zeit. Um sicherzustellen, dass die Energie bei Bedarf verfügbar ist, kann sie gespeichert werden, z.B. in Form von elektrochemischer, chemischer oder thermischer Energie. Die Speicherung von elektrochemischer Energie, z.B. in Batterien, ist effizient, aber kostenintensiv. Die Speicherung chemischer Energie erfordert die Durchführung einer chemischen Reaktion und ist oft verlustbehaftet und langsam in der Bereitstellung.

[0020] Die Speicherung thermischer Energie ist dagegen vergleichsweise günstig und flexibel. Ihr Nachteil besteht herkömmlicherweise darin, dass thermische Energie nicht ohne weiteres mit hohem Wirkungsgrad in andere Energieformen, z.B. elektrische Energie, umgewandelt werden kann. Eine einfache und kostengünstig herzustellende Form der Speicherung thermischer Energie ist die Speicherung sensibler Wärme bzw. thermischer Energie in Zement. Der Speicher wird hierbei geladen, indem Zement mit Dampf erhitzt wird, und entladen, indem die im Zement gespeicherte Wärme genutzt wird, um Wasser zum Sieden zu bringen und entsprechend Dampf zu erzeugen. Die Speicherung latenter Wärme bzw. thermischer Energie ist demgegenüber teurer, besitzt aber den Vorteil, dass ein konstantes Tem-

peraturniveau vorliegt. Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung ermöglichen eine besonders vorteilhafte Speicherung thermischer Energie.

[0021] Die Aufbereitung von Methanol aus einer Methanolsynthese kann eine erhebliche Menge an Wärme erfordern. Die direkte Hydrierung von Kohlendioxid ist aufgrund der geringeren Bildung von Nebenprodukten und der höheren Ausgereiftheit der Wasserelektrolyse im Vergleich zur Kohlendioxidelektrolyse besonders attraktiv. Dieser Weg führt jedoch zu einer weniger exothermen Reaktion als der konventionelle Weg und zu einem höheren Wasseranteil in der Flüssigkeit, die aus dem Synthesekreislauf ausgeschleust wird. Daher benötigt die Reinigungseinheit mehr Wärme für den Betrieb, hat aber weniger Wärme aus der Reaktion zur Verfügung. Wird in diesem Zusammenhang eine Hochtemperaturelektrolyse zur Bereitstellung des Edukts Wasserstoff verwendet, erhöht sich der Wärmebedarf weiter. Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung lösen dieses Problem durch den Einsatz von Wärmepumpen.

[0022] Der Einsatz von Wärmepumpen zur Anhebung des Temperaturniveaus von Wärme, die aus Teilen des Prozesses zur Verfügung steht, ist effizienter als die rein elektrische Erzeugung von Wärme. Allerdings werden dadurch Teile der Anlage, die ansonsten relativ unabhängig voneinander arbeiten könnten, direkt miteinander gekoppelt. Im Falle einer Dampfverdichtung, wie sie oben erwähnt wurde, erfordert eine Erhöhung der Verdampferlast mehr Wärme, die nicht ohne weiteres von einem Dampfkondensator zur Verfügung gestellt werden kann, es sei denn, die Verdampferlast wird zunächst erhöht. Mit anderen Worten leidet eine derartige Ausgestaltung herkömmlicherweise unter einer schlechten Dynamik, es sei denn, sie wird mit zusätzlichen Einrichtungen gekoppelt, die nur für Laständerungen verwendet werden, wie beispielsweise Anfahrheizungen. Ausgestaltungen der Erfindung lösen auch dieses Problem durch die Kombination der jeweils vorgeschlagenen Ansätze.

[0023] Die primäre Energiequelle der Methanolproduktion mit elektrochemisch erzeugtem Wasserstoff und/oder Kohlenmonoxid ist Elektrizität, deren Verfügbarkeit im Laufe der Zeit schwanken kann, insbesondere bei Verwendung von erneuerbaren Energiequellen wie Wind und Sonne. Elektrochemische Verfahren wie die Elektrolyse unter Einsatz von Protonenaustauschmembranen (PEM) ermöglichen einen äußerst flexiblen Betrieb. Groß angelegte chemische Prozesse wie die Methanolsynthese weisen jedoch eine viel langsamere Dynamik auf. Ein hoher Grad an Wärmeintegration verschlimmert dieses Problem in der Regel noch. Er erschwert beispielsweise die Inbetriebnahme einer entsprechenden Anlage deutlich. Auch dieses Problem wird durch den Einsatz der vorliegenden Erfindung gelöst.

[0024] In dem vorgeschlagenen Verfahren zur Herstellung eines Verfahrensprodukts, bei dem es sich insbesondere um Methanol handeln kann, wird unter Verwendung einer Wasserelektrolyse Wasserstoff bereitgestellt, wobei der Wasserstoff oder ein Teil hiervon mit Kohlendioxid einer exothermen Reaktion unter Freisetzung von Wärme und Erhalt eines das Verfahrensprodukt enthaltenen Produktgemischs unterworfen wird, wobei das Produktgemisch oder ein Teil hiervon einer Destillation unter Verwendung einer oder mehrerer Destillationskolonnen unterworfen wird, und wobei die eine oder zumindest eine der mehreren Destillationskolonnen unter Verwendung von Wärme beheizt wird. Hierbei wird zumindest ein Teil der Wärme unter Verwendung eines Heizsystems bereitgestellt, das eine oder mehrere Wärmepumpen und einen oder mehrere Wärmespeichereinheiten umfasst, und dem in dem Verfahren anfallende Wärme zugeführt wird. Hinsichtlich der hier erzielbaren Vorteile wird auf die obigen Erläuterungen ausdrücklich verwiesen.

[0025] Die in der exothermen Reaktion freigesetzte Wärme kann zu einem ersten Anteil zur Erzeugung von Dampf in einem Dampfsystem verwendet und zu einem zweiten Anteil stromab hiervon in einem oder mehreren Prozessgaswärmetauschern abgeführt werden. Die Wärmeanteile fallen dabei auf unterschiedlichen Temperaturniveaus an und können zielgerichtet genutzt werden.

[0026] Die in dem Verfahren anfallende Wärme, die dem Heizsystem zugeführt wird, kann insbesondere zumindest einen Teil der Wärme umfassen, die in dem einen oder den mehreren Prozessgaswärmetauschern abgeführt wird. Entsprechende, auf einem niedrigeren Temperaturniveau anfallende Wärme kann insbesondere mittels der Wärmepumpe(n) vorteilhafterweise auf ein höheres Temperaturniveau angehoben werden, um diese verwenden und/oder speichern zu können.

[0027] In Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung kann die Wasserelektrolyse als Niedertemperaturelektrolyse durchgeführt werden oder eine Niedertemperaturelektrolyse umfassen. Diese ermöglicht, wie zuvor erläutert, einen besonders flexiblen Betrieb und weist keine zusätzlichen Wärmeanforderungen auf.

[0028] Die Niedertemperaturelektrolyse kann in Ausgestaltungen der Erfindung eine Protonenaustauschmembranelektrolyse, Anionenaustauschmembranelektrolyse und/oder alkalische Elektrolyse umfassen. Die vorliegende Erfindung und ihre Ausgestaltung sind damit mit einer breiten Palette an Elektrolyseoptionen realisierbar.

[0029] Der Niedertemperaturelektrolyse kann in Ausgestaltungen der Erfindung Elektrolysewasser zugeführt werden, dem Wärme in einem Elektrolysewasserwärmetauscher entzogen wird, wobei die in dem Verfahren anfallende Wärme, die dem Heizsystem zugeführt wird, zumindest einen Teil der in dem Elektrolysewasserwärmetauscher dem Elektrolysewasser entzogenen Wärme umfasst. Hierdurch ist eine vorteilhafte Nutzung entsprechender Wärme möglich, welche insbesondere mittels der Wärmepumpe(n) auf ein geeignetes Temperaturniveau angehoben werden kann.

[0030] Die in dem Verfahren anfallende Wärme, die dem Heizsystem zugeführt wird, kann im Falle einer Niedertemperaturelektrolyse insbesondere Wärme des in dem Dampfsystem erzeugten Dampfes umfassen. Diese Wärme kann insbesondere ohne Anhebung des Temperaturniveaus mittels der Wärmepumpe(n) erfolgen und direkt in die Wärme-

speichereinheit eingespeist bzw. geeignet verwendet werden.

[0031] Zusätzlich bzw. alternativ kann die Wasserelektrolyse als Hochtemperaturelektrolyse durchgeführt werden oder eine Hochtemperaturelektrolyse umfassen. Wie erwähnt, wird für diese insbesondere weitere Wärme benötigt. Die Hochtemperaturelektrolyse kann insbesondere als eine Festoxidelektrolyse durchgeführt werden.

[0032] In Ausgestaltungen der Erfindung kann der Hochtemperaturelektrolyse ein wasserstoffreicher Strom entnommen werden, der unter Freisetzung von Verdichtungswärme einer Verdichtung unterworfen wird, wobei die in dem Verfahren anfallende Wärme, die dem Heizsystem zugeführt wird, zumindest einen Teil der Verdichtungswärme umfassen kann. Auch diese Wärme kann mittels der Wärmepumpe(n) auf ein geeignetes Temperaturniveau gebracht werden.

[0033] In dem Verfahren kann die Hochtemperaturelektrolyse insbesondere unter Verwendung von Wärme durchgeführt werden, die Wärme des in dem Dampfsystem erzeugten Dampfs oder einen Teil hiervon umfasst, wobei die in dem Verfahren anfallende Wärme, die dem Heizsystem zugeführt wird, nur einen Teil oder keine Wärme des in dem Dampfsystem erzeugten Dampfs umfasst. Auf diese Weise kann diese Wärme besonders zielgerichtet eingesetzt werden.

[0034] In Ausgestaltungen der Erfindung kann das Heizsystem unter Verwendung einer Dampfverdichtung und/oder einer elektrischen Heizung betrieben werden, wobei zu weiteren Details auf die untigen Erläuterungen verwiesen wird.

[0035] Wie erwähnt, kann in dem Verfahren insbesondere Methanol als das Verfahrensprodukt hergestellt werden. Andere Verfahren und die dabei erzeugten Verfahrensprodukte sind oben erläutert.

[0036] Die vorgeschlagene Anlage zur Herstellung eines Verfahrensprodukts ist dafür eingerichtet, unter Verwendung einer Wasserelektrolyse Wasserstoff bereitzustellen, den Wasserstoff oder einen Teil hiervon mit Kohlendioxid einer exothermen Reaktion unter Freisetzung von Wärme und Erhalt eines das Verfahrensprodukt enthaltenen Produktgemischs zu unterwerfen, das Produktgemisch oder einen Teil hiervon einer Destillation unter Verwendung einer oder mehrerer Destillationskolonnen zu unterwerfen, und die eine oder zumindest eine der mehreren Destillationskolonnen unter Verwendung von Wärme zu beheizen.

[0037] Die vorgeschlagene Anlage weist ein Heizsystem mit einer oder mehreren Wärmepumpen und einer oder mehreren Wärmespeichereinheiten auf und ist dafür eingerichtet, zumindest einen Teil der Wärme unter Verwendung des Heizsystems bereitzustellen und dem Heizsystem in dem Verfahren anfallende Wärme zuzuführen.

[0038] Zu weiteren Merkmalen und Vorteilen einer entsprechenden Anlage und Ausgestaltungen hiervon sei auf die obigen Erläuterungen betreffend das erfindungsgemäß vorgeschlagene Verfahren und seine Ausgestaltungen ausdrücklich verwiesen, da diese hierfür in gleicher Weise gelten.

[0039] Entsprechendes gilt auch für eine Anlage, die gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung dazu eingerichtet ist, ein Verfahren gemäß einer beliebigen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung durchzuführen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0040] Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend rein beispielhaft unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung beschrieben, wobei

Figur 1 ein Verfahren gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung veranschaulicht, und

Figur 2 ein Verfahren gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung veranschaulicht.

Ausführungsformen der Erfindung

[0041] Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen werden lediglich zu dem Zweck beschrieben, den Leser beim Verständnis der beanspruchten und zuvor erläuterten Merkmale zu unterstützen. Sie stellen lediglich repräsentative Beispiele dar und sollen hinsichtlich der Merkmale der Erfindung nicht abschließend und/oder beschränkend betrachtet werden. Es versteht sich, dass die zuvor und nachfolgend beschriebenen Vorteile, Ausführungsformen, Beispiele, Funktionen, Merkmale, Strukturen und/oder anderen Aspekte nicht als Beschränkungen des Umfangs der Erfindung, wie er in den Ansprüchen definiert ist, oder als Beschränkungen von Äquivalenten zu den Ansprüchen zu betrachten sind, und dass andere Ausführungsformen verwendet und Änderungen vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der beanspruchten Erfindung abzuweichen.

[0042] Unterschiedliche Ausführungsformen der Erfindung können weitere zweckmäßige Kombinationen der beschriebenen Elemente, Komponenten, Merkmale, Teile, Schritte, Mittel usw. umfassen, aufweisen, aus ihnen bestehen oder im Wesentlichen aus ihnen bestehen, auch wenn solche Kombinationen hier nicht spezifisch beschrieben sind. Darüber hinaus kann die Offenbarung andere Erfindungen umfassen, die gegenwärtig nicht beansprucht sind, die aber in Zukunft beansprucht werden können, insbesondere wenn sie vom Umfang der unabhängigen Ansprüche umfasst sind.

[0043] Erläuterungen, die sich auf Vorrichtungen, Apparate, Anordnungen, Systeme usw. gemäß Ausführungsformen

der vorliegenden Erfindung beziehen, können auch für Verfahren, Prozesse, Methoden usw. gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gelten und umgekehrt. Gleiche, gleich wirkende, in ihrer Funktion einander entsprechende, baulich identisch oder vergleichbar aufgebaute Elemente, Verfahrensschritte usw. können mit identischen Bezugszeichen angegeben sein.

[0044] Wie bereits erwähnt, wird gemäß Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, Wärmepumpen in Kombination mit thermischen Energiespeichern zu verwenden, um zumindest einen Teil der Wärme bereitzustellen, die für die Reinigung einer oder mehrerer flüssiger Komponenten benötigt wird, die in einem Methanolreaktor produziert werden, wobei die vorliegende Erfindung aber nicht auf die Methanolsynthese oder bestimmte Elektrolyseverfahren beschränkt ist.

[0045] Vor diesem Hintergrund zeigt die Figur 1 ein Verfahren zur Herstellung von Methanol gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden. Das dargestellte, insgesamt mit 100 bezeichnete Verfahren kann als sogenanntes "Power-to-Methanol"-Verfahren aufgefasst werden. Es arbeitet auf Basis der PEM-Elektrolyse.

[0046] In dem Verfahren 100 wird ein Wasserstrom 1 einer ersten Reinigungsstufe 101 zugeführt, danach mit einem Rezyklatstrom 2 vereinigt, in einem hier der Eindeutigkeit halber als Elektrolysewasserwärmetauscher 102 bezeichneten Wärmetauscher abgekühlt, in einer zweiten Reinigungsstufe 103 weiter aufgereinigt und der PEM-Elektrolyse 104, d. h. einem entsprechenden Elektrolysestack bekannter Art zugeführt.

[0047] Ein der PEM-Elektrolyse 104 entnommener Kathodenstrom 3 wird in einem Phasentrenner 105 unter Erhalt eines wasserstoffreichen Gasstroms 4 phasengetreunt, welcher einer Wasserstoffaufreinigung 106 unterworfen und sodann unter Verwendung eines Verdichters 107 unter Erhalt eines entsprechenden, verdichteten Gasstroms 5 auf ein geeignetes Druckniveau verdichtet wird.

[0048] Ein dem PEM-Elektrolysestack entnommener Anodenstrom 6 wird in einem Phasentrenner 108 unter Erhalt eines sauerstoffreichen Gasstroms 7 phasengetreunt, wobei, wie in Form einer strichpunktierter Linie dargestellt, ein Teil hiervon einer mit einem Kohlendioxidstrom 9 versorgten Kohlendioxidaufreinigungseinheit 109 zugeführt und der Rest anderweitig verwendet oder abgeblasen werden kann.

[0049] Die in den Phasentrennern 105 und 108 abgeschiedenen wässrigen Flüssigphasen können zu dem Rezyklatstrom 2 vereinigt und mittels einer Pumpe 110 zu der Vereinigungsstelle mit dem Wasserstrom 1 zurückbefördert werden.

[0050] Ein in der Kohlendioxidaufreinigungseinheit 109 aufgereinigter Kohlendioxidstrom 10 wird stromab des Verdichters 107 mit dem wasserstoffreichen Strom 5 zu einem Sammelstrom 11 vereinigt, dem ein Rezyklatstrom 12 zugespeist wird, wodurch ein Reaktionseinsatzstrom 13 gebildet wird.

[0051] Der Reaktionseinsatzstrom 13 wird in einem Zulauf-Ablauf-Wärmetauscher (engl. Feed Effluent Heat Exchanger) 111 und einem Heizer 112 erwärmt und in einen temperierten Methanolreaktor 113 eingespeist. Ein aus dem Methanolreaktor 113 abgezogener Produktstrom 32, der Methanol, Wasser, Fuselöle und nicht umgesetzte Edukte enthalten kann, wird durch den Zulauf-Ablauf-Wärmetauscher 111 geführt, danach in einem Wärmetauscher 114 und in nachfolgend im Wesentlichen der Eindeutigkeit halber als Prozessgaskühler 115 und 116 bezeichneten Kühlern beliebiger Art abgekühlt und anschließend in einen Phasentrenner 117 eingespeist, in welchem sich Methanol, Wasser und die Fuselöle sowie ein Teil der nicht umgesetzten Edukte in die Flüssigphase abscheiden und ein weiterer Teil der nicht umgesetzten Edukte in der Gasphase verbleiben.

[0052] Vom Kopf des Phasentrenners 117 wird ein entsprechender Gasstrom 14 abgezogen, der - abzüglich eines Spül- bzw. Purgegasstroms 15 zur Ausschleusung sich inert verhaltender Komponenten und zur Vermeidung von deren Anreicherung - mittels eines Verdichters 118 verdichtet und als der Rezyklatstrom 12 verwendet wird. Aus dem Sumpf des Phasentrenners 117 wird ein Flüssigkeitsstrom 16 mit den erwähnten Komponenten abgezogen, der mittels eines Ventils 119 in einen weiteren Phasentrenner 120 entspannt wird. Durch die Entspannung (Flashen) geht ein Teil der in der Flüssigphase gelösten Komponenten in die Gasphase über.

[0053] Vom Kopf des Phasentrenners 120 wird ein Gasstrom 17 abgezogen, der mit einem weiteren Gasstrom 18 zu einem Abgas- bzw. Offgasstrom 19 vereinigt wird. Aus dem Sumpf des Phasentrenners 120 wird ein Flüssigkeitsstrom 20 abgezogen und mittels eines Ventils 121 in eine Destillationskolonne 122 eingespeist, die mit einem Kopfkondensator 123 und einem Sumpfverdampfer 124 in einer aus der Destillations- bzw. Rektifikationstechnik an sich bekannten Weise betrieben wird.

[0054] Neben dem Gasstrom 18 werden der Destillationskolonne 122 über entsprechende Seitenentnahmen ein Methanolstrom 21 und ein Fuselölstrom 22 sowie aus dem Sumpf ein Abwasserstrom 23 entnommen.

[0055] Die in Figur 1 punktiert dargestellten Linien stellen dabei die möglichen Wärmequellen dar, die für den Betrieb des Sumpfverdampfers 124 der Destillationskolonne 122 genutzt werden können. Hierbei sind im dargestellten Beispiel eine Wärmepumpe 201, die mit einer Wärmespeichereinheit 202 im Austausch steht, und ein elektrischer Heizer 203 bereitgestellt. Ein entsprechendes System wird hier insgesamt als Heizsystem bezeichnet und mit dem Bezugszeichen 210 angegeben. Ein Dampfsystem ist mit 204 angegeben.

[0056] Wenn keine zusätzlichen externen Dampfverbraucher vorhanden sind, wird vorzugsweise der gesamte Dampf, der aus der bei der exothermen Reaktion in dem Reaktor 113 freigesetzten Wärme entsteht, zum Beheizen der Destillationskolonne 122, d.h. von deren Sumpfverdampfer 124, verwendet. Das Dampfsystem 204 ist dabei insbesondere

dafür eingerichtet, über entsprechende Wasser- bzw. Dampfströme 24 Wärme aus dem Wärmetauscher 114 abzuführen und in beliebiger Form, wie mit Linie 25 dargestellt, in das System aus Wärmepumpe 201 und Wärmespeichereinheit 202 einzuspeisen.

[0057] Wie bereits beschrieben, reicht bei der direkten Hydrierung von Kohlendioxid diese Wärme 25 alleine allerdings möglicherweise nicht aus, um die Destillationskolonne 122, d.h. deren Sumpfverdampfer 124, zu betreiben. Zusätzliche Wärme kann durch den Einsatz der Wärmepumpe 201 gewonnen werden, die Wärme 26 aus dem Elektrolysewässerwärmetauscher 102, Wärme 27 aus den Prozessgaskühlern 115 und 116 stromauf des Phasentrenners 117 im Kreislauf, sowie Wärme 28 aus dem Kopfkondensator 12 und Wärme 29 aus dem elektrischen Heizer 203 beziehen kann. Der Heizer 203 kann auch direkt elektrisch erzeugte Wärme 30 an den Sumpfverdampfer 124 bereitstellen. Die Verschaltung zwischen Wärmepumpe 201 und Wärmespeichereinheit 202 ergibt sich unmittelbar aus Figur 1.

[0058] In Figur 2 ist ein Verfahren zur Herstellung von Methanol gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung dargestellt. Das dargestellte Verfahren ist insgesamt mit 200 bezeichnet. Das hier dargestellte Verfahren kann ebenfalls als sogenanntes "Power-to-Methanol"-Verfahren aufgefasst werden. Es arbeitet im Gegensatz zu dem Verfahren 100 auf Basis einer Hochtemperatorelektrolyse 150.

[0059] Der Hochtemperatorelektrolyse 150 wird ein wie oben mit 1 bezeichneter, ggf. entsprechend aufbereiteter Wasserstrom 1 zugeführt. Die Hochtemperatorelektrolyse 150 enthält dabei bereits die sogenannte "Balance of Plant", d.h. eine Wasseraufreinigung, einen Phasentrenner und Wasserkreislauf (zumindest kathodenseitig) und eine Wärmeintegration (z.B. mit Vorwärmer, Verdampfer und Überhitzer). Im Gegensatz zu der PEM-Elektrolyse 104 Figur 1 ist die Hochtemperatorelektrolyse 150 hier also gewissermaßen als Black Box dargestellt.

[0060] Ein in der Hochtemperatorelektrolyse 150 gebildeter wasserstoffreicher Strom wird unter Verwendung eines Verdichters 107a zu einem teilverdichteten wasserstoffreichen Strom 4 teilverdichtet, wobei dieser sodann einer, wie oben mit 106 bezeichneten, Wasserstoffaufreinigung zugeführt wird. Ein dort aufgereinigt erhaltener Wasserstoffstrom wird in einem Verdichter 107b endverdichtet, wodurch ein Wasserstoffstrom erhalten werden kann, der hinsichtlich Zusammensetzung, Druck und/oder Temperatur im Wesentlichen dem Wasserstoffstrom 5 gemäß Figur 1 entsprechen kann und daher in Figur 2 ebenfalls mit 5 bezeichnet ist.

[0061] Der Wasserstoffstrom 5 und ein Kohlendioxidstrom 10 aus einer hier mit einem extern bereitgestellten Sauerstoffstrom 8 versorgten Kohlendioxidaufreinigung 109 können auch hier zu einem Sammelstrom 11 vereinigt werden, welcher in gleicher, im Wesentlichen gleicher oder vergleichbarer Weise wie zu Figur 1 erläutert weiterverarbeitet werden kann. Auf die obigen Erläuterungen wird verwiesen.

[0062] Wie in Figur 2 veranschaulicht, kann insbesondere in dem Verdichter 107a abgeführte Wärme 26a in dem System aus Wärmepumpe 201 und Wärmespeichereinheit 202 genutzt werden. Wie ebenfalls veranschaulicht, kann ein Teil 25a der Wärme aus dem Dampfsystem 204 in der Hochtemperatorelektrolyse 150 genutzt werden.

[0063] Bei beiden Kombinationen, d.h. den Verfahren 100 und 200 gemäß Figur 1 und 2, wird die Wärmespeichereinheit 202, wie mit Pfeil 31 veranschaulicht, insbesondere mit überschüssiger Wärme 25 aus dem Reaktor 113 und nicht mit überschüssiger Wärme 26-28 bzw. 26a aus einer anderen Quelle befüllt, da diese Wärme 25 auf einem höheren Temperaturniveau ohne weiteres verfügbar ist. Der mittels der Reaktorwärme 25 erzeugte Dampf 24 kann zu diesem Zweck auch durch die Verwendung von Elektrizität oder durch die Verbrennung von Abgasen thermisch aufgewertet werden. Die Wärmespeichereinheit 202 kann auch mit Wärme 29 aus der elektrischen Heizung 203 aufgeladen werden, zum Beispiel, wenn Strom in hohem Maße verfügbar ist.

[0064] Als Alternative zu einer klassischen Wärmepumpe mit geschlossenem Kreislauf kann eine Dampfverdichtung verwendet werden, um Kopfkondensator 123 und Sumpfverdampfer 124 der Destillationskolonne 122 zu koppeln. Da in diesem Fall kein zusätzlicher Dampf erzeugt wird, wird die Wärmespeichereinheit 202 dann vorteilhafterweise mit Dampf 24 aus dem Dampfsystem 204 geladen werden.

[0065] Die gleichen Möglichkeiten der Wärmeintegration wie in der in Figur 1 bzw. Verfahren 100 verwendeten PEM-Elektrolyse ergeben sich bei einer alkalischen Wasserelektrolyse. Im Fall der Hochtemperatorelektrolyse 150 gemäß Figur 2 bzw. Verfahren 200 stellt diese einen zusätzlichen Dampfverbraucher dar. Während normalerweise ein Teil des bei der Hochtemperatorelektrolyse 150 verwendeten Dampfes intern durch Wärmeintegration erzeugt wird, reicht die verfügbare Prozesswärme innerhalb der Hochtemperatorelektrolyse 150 typischerweise nicht aus, um den Dampfbedarf zu decken.

[0066] Der verbleibende Bedarf kann, wie mit 25a dargestellt, durch den Reaktordampf bzw. entsprechende Wärme gedeckt werden. Alternativ können dampferzeugende Wärmepumpen 201 Dampf mit einem für die Hochtemperatorelektrolyse 150 geeigneten Druck erzeugen. Da die Hochtemperatorelektrolyse 150 bei niedrigeren Drücken stattfindet als die PEM-Elektrolyse 104, wird die mehrstufige Anordnung aus den Verdichtern 107a und 107b verwendet. Die Wärme aus den Zwischenkühlern (nicht gesondert dargestellt) kann nach der Aufwertung mit der Wärmepumpe 201 für den Sumpfverdampfer 124 genutzt werden.

[0067] Bei der Entladung der Wärmespeichereinheit 202 kann insbesondere vorgesehen sein, hierbei freiwerdende Wärme für den Wärmeverbraucher mit der niedrigsten Temperatur zu verwenden, d.h. für den Sumpfverdampfer 124.

[0068] In beiden Fällen, d.h. den Verfahren 100 und 200 die in Figur 1 und Figur 2 dargestellt sind, kann der aus dem

Wärmespeichereinheit 202 entnommene Dampf mit dem Dampfverdichter (nicht veranschaulicht) der Wärmepumpe 201 aufgewertet werden, falls vorhanden. Wenn der Dampferzeuger der Wärmepumpe 201 weniger Dampf produziert, kann der Dampfverdichter durch die zusätzliche Zufuhr von Dampf niedriger Qualität aus der Wärmespeichereinheit 202 näher an seinem optimalen Betriebspunkt betrieben werden.

[0069] Tabelle 1 unten zeigt die Wärmeströme im stationären Zustand für eine bestimmte Anlagenkonfiguration bei Vollast.

[0070] Es sei angenommen, dass in den Fällen der Hochtemperatorelektrolyse 150 der gesamte im Reaktor 113 erzeugte Dampf 25 bzw. entsprechende Wärme 25a für die Hochtemperatorelektrolyse 150 verwendet wird. Die Werte in Spalte "Reaktordampf", die die für die Destillationskolonne 122 bzw. deren Sumpfverdampfer 124 zur Verfügung stehende Wärme angibt, betragen daher null. Es ist eine zusätzliche elektrische Heizung 203 erforderlich, um den Wärmebedarf des Sumpfverdampfers 124 zu decken. Der angegebene Strombedarf in Spalte "Elektr. Energie" umfasst dabei den Strombedarf für die Wärmepumpe 201 und die elektrische Heizung 203.

[0071] Bei der PEM-Elektrolyse 104 sei davon ausgegangen, dass der gesamte Reaktordampf für den Betrieb Sumpfverdampfers 124 verwendet wird. Entsprechend ergeben sich die Werte in der Spalte "Reaktordampf". Dementsprechend ist die erforderliche Wärmepumpenleistung deutlich geringer als im Fall der Hochtemperatorelektrolyse 150. Eine elektrische Heizung 203 ist nur dann erforderlich, wenn eine Dampfverdichtung verwendet wird, was jeweils die entsprechenden Werte in der Spalte "Elektr. Energie" erklärt.

[0072] In den beiden Fällen, in denen eine Wärmepumpe 201 mit geschlossenem Kreislauf verwendet wird, ist die dem Sumpfverdampfer 124 zugeführte Wärme eine Kombination aus Wärme aus der Wärmequelle und von der Wärmepumpe 201 genutzter Elektrizität, wobei das Verhältnis hierbei insbesondere von einer Leistungszahl (COP) der Wärmepumpe 201 abhängt.

[0073] Im Hinblick auf den stationären Wirkungsgrad sind die Fälle mit Dampfverdichtung besonders vorteilhaft. Es sei darauf hingewiesen, dass in beiden Fällen der Dampfverdichtung zumindest ein Teil der Wärme aus dem Reaktor 113 und/oder der elektrischen Heizung 203 stammt, d.h. diese Wärme kann gespeichert und/oder flexibel bereitgestellt werden.

[0074] Bei Verwendung der PEM-Elektrolyse 104 sind die Alternativen mit Wärmepumpen 201 mit geschlossenem Kreislauf bei der angenommenen Leistungszahl nur geringfügig weniger effizient. Die Wärme aus den Prozessgaskühlern 115 und 116, die jeweils in der Spalte "Wärmequelle" angegeben ist, kann als kostenlos betrachtet werden, da sie ansonsten an die Umwelt abgegeben wird.

[0075] Bei Verwendung einer Hochtemperatur- bzw. Festoxidelektrolyse 150 ist die Diskrepanz zwischen Dampfverdichtungs- und Kreislaufwärmepumpen größer, da eine Wärmepumpe 201, die die Wärme aus dem Verdichter 107a oder dem Prozessgas, d.h. den Prozessgaskühlern 115, 116, nutzt, nicht ausreicht, um genügend Wärme für den Sumpfverdampfer 124 zu liefern, und daher ggf. eine elektrische Heizung 203 verwendet werden muss.

[0076] Die Installation von zwei Wärmepumpen 201, die die beiden Wärmequellen nutzen, würde dieses Problem zwar lösen, aber ggf. die Komplexität des Systems und die Investitionskosten erhöhen. Dennoch können Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sich auch auf eine derartige Kombination erstrecken.

[0077] Ein besonderer Vorteil der Erfindung und ihrer Ausgestaltungen besteht darin, dass die temporäre Entkopplung der Wärmeintegration die Entkopplung der Kolonnenlast von der Gesamtlast für den Prozess ermöglicht. Dies ist besonders vorteilhaft für die Versorgung mit grünem Wasserstoff.

[0078] In Kombination mit einem optionalen Rohmethanoltank, der sich zwischen dem Niederdruckseparator, d.h. dem Phasentrenner 121, und der Destillationskolonne 122 befindet, ermöglicht die Erfindung den Betrieb der Destillationskolonne 122 mit einer geringeren Last, während das übrige Verfahren mit einer hohen Last arbeitet, und mit einer höheren Last, während das übrige Verfahren mit einer niedrigen Last arbeitet. Dies ermöglicht es, die Investitionskosten der Destillationskolonne 122 zu senken und sie näher an ihrem optimalen Betriebspunkt zu betreiben als ohne die Erfindung und ihre entsprechend erläuterten Ausgestaltungen.

Tabelle 1

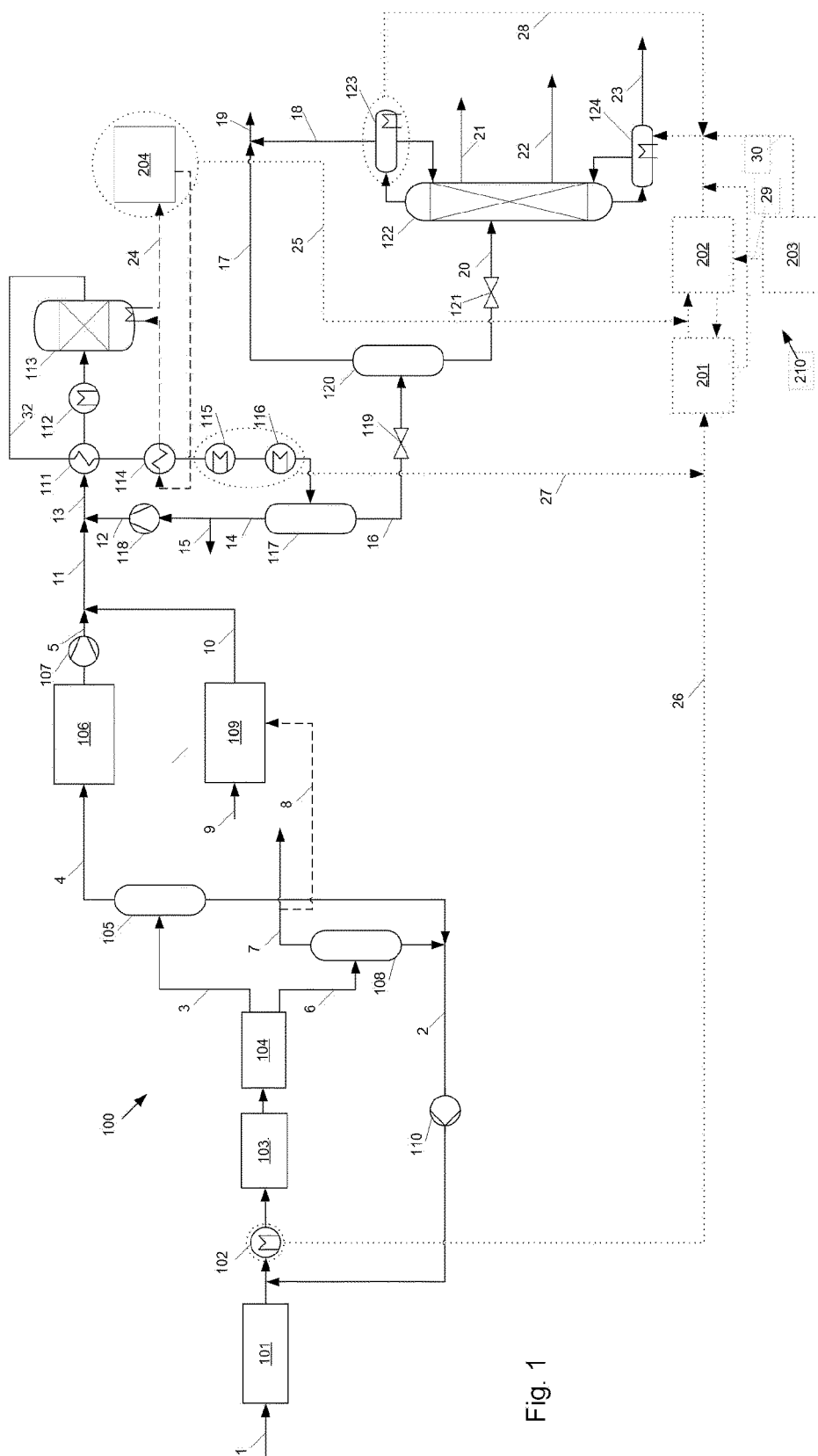
	Hochtemperatorelektrolyse				PEM-Elektrolyse			
	Reaktordampf	Wärmequelle	Elektr. Energie		Reaktordampf	Wärmequelle	Elektr. Energie	
Dampfverdichtung	0	0	2908		6223	0	2003	
Wärmepumpe mit Wärme aus Prozessgaskühlung	0	6528	5022		6223	3011	2316	
Wärmepumpe mit Wärme aus Wärmetauscher PEM (Figur 1) bzw. Wärme aus Verdichter (Figur 2)	0	4931	6603		6223	3011	2316	
Einheit	kW	kW	kW		kW	kW	kW	

Patentansprüche

1. Verfahren (100, 200) zur Herstellung eines Verfahrensprodukts, wobei unter Verwendung einer Wasserelektrolyse (104, 150) Wasserstoff bereitgestellt wird, wobei der Wasserstoff oder ein Teil hiervon mit Kohlendioxid einer exothermen Reaktion unter Freisetzung von Wärme und Erhalt eines das Verfahrensprodukt enthaltenen Produktgemischs unterworfen wird, wobei das Produktgemisch oder ein Teil hiervon einer Destillation unter Verwendung einer oder mehrerer Destillationskolonnen (122) unterworfen wird, und wobei die eine oder zumindest eine der mehreren Destillationskolonnen (122) unter Verwendung von Wärme beheizt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil der Wärme unter Verwendung eines Heizsystems (210) bereitgestellt wird, das eine oder mehrere Wärmepumpen (201) und einen oder mehrere Wärmespeichereinheiten (202) umfasst, und dem in dem Verfahren (100, 200) anfallende Wärme zugeführt wird.
2. Verfahren (100, 200) nach Anspruch 1, wobei die in der exothermen Reaktion freigesetzte Wärme zu einem ersten Anteil zur Erzeugung von Dampf in einem Dampfsystem (204) verwendet und zu einem zweiten Anteil stromab hiervon in einem oder mehreren Prozessgaswärmetauschern (115, 116) abgeführt wird.
3. Verfahren (100, 200) nach Anspruch 2, wobei die in dem Verfahren (100, 200) anfallende Wärme, die dem Heizsystem (210) zugeführt wird, zumindest einen Teil der Wärme umfasst, die in dem einen oder den mehreren Prozessgaswärmetauschern (115, 116) abgeführt wird.
4. Verfahren (100) nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Wasserelektrolyse (104) als Niedertemperaturelektrolyse durchgeführt wird oder eine Niedertemperaturelektrolyse umfasst.
5. Verfahren (100) nach Anspruch 4, wobei die Niedertemperaturelektrolyse eine Protonenaustauschmembranelektrolyse, Anionenaustauschmembranelektrolyse und/oder alkalische Elektrolyse umfasst.
6. Verfahren (100) nach Anspruch 4 oder 5, wobei der Niedertemperaturelektrolyse Elektrolysewasser zugeführt wird, dem Wärme in einem Elektrolysewasserwärmetauscher (102) entzogen wird, und wobei die in dem Verfahren (100) anfallende Wärme, die dem Heizsystem (210) zugeführt wird, zumindest einen Teil der in dem Elektrolysewasserwärmetauscher (102) dem Elektrolysewasser entzogenen Wärme umfasst.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei die in dem Verfahren (100) anfallende Wärme, die dem Heizsystem (210) zugeführt wird, Wärme des in dem Dampfsystem (204) erzeugten Dampfs umfasst.
8. Verfahren (200) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, wobei die Wasserelektrolyse (150) als Hochtemperaturelektrolyse durchgeführt wird oder eine Hochtemperaturelektrolyse umfasst.
9. Verfahren (200) nach Anspruch 8, wobei die Hochtemperaturelektrolyse eine Festoxidelektrolyse umfasst.
10. Verfahren (200) nach Anspruch 8 oder 9, wobei der Hochtemperaturelektrolyse ein wasserstoffreicher Strom entnommen wird, der unter Freisetzung von Verdichtungswärme einer Verdichtung unterworfen wird, und wobei die in dem Verfahren (200) anfallende Wärme, die dem Heizsystem (210) zugeführt wird, zumindest einen Teil der Verdichtungswärme umfasst.
11. Verfahren (200) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die Hochtemperaturelektrolyse unter Verwendung von Wärme durchgeführt wird, die Wärme des in dem Dampfsystem (204) erzeugten Dampfs oder einen Teil hiervon umfasst, und wobei die in dem Verfahren (200) anfallende Wärme, die dem Heizsystem (210) zugeführt wird, nur einen Teil oder keine Wärme des in dem Dampfsystem (204) erzeugten Dampfs umfasst.
12. Verfahren (100, 200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Heizsystem (210) unter Verwendung einer Dampfverdichtung und/oder einer elektrischen Heizung (203) betrieben wird.
13. Verfahren (100, 200) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem Methanol als das Verfahrensprodukt hergestellt wird.
14. Anlage zur Herstellung eines Verfahrensprodukts, die dafür eingerichtet ist, unter Verwendung einer Wasserelektrolyse (104, 150) Wasserstoff bereitzustellen, den Wasserstoff oder einen Teil hiervon mit Kohlendioxid einer exothermen Reaktion unter Freisetzung von Wärme und Erhalt eines das Verfahrensprodukt enthaltenen Produktge-

mischs zu unterwerfen, das Produktgemisch oder einen Teil hiervon einer Destillation unter Verwendung einer oder mehrerer Destillationskolonnen (122) zu unterwerfen, und die eine oder zumindest eine der mehreren Destillationskolonnen (122) unter Verwendung von Wärme zu beheizen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anlage ein Heizsystem mit einer oder mehreren Wärmepumpen (201) und einer oder mehreren Wärmespeichereinheiten (202) aufweist und dafür eingerichtet ist, zumindest einen Teil der Wärme unter Verwendung des Heizsystems (210) bereitzustellen und dem Heizsystem (210) in dem Verfahren (100, 200) anfallende Wärme zuzuführen.

15. Anlage nach Anspruch 14, die zur Durchführung eines Verfahrens (100, 200) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 eingerichtet ist.



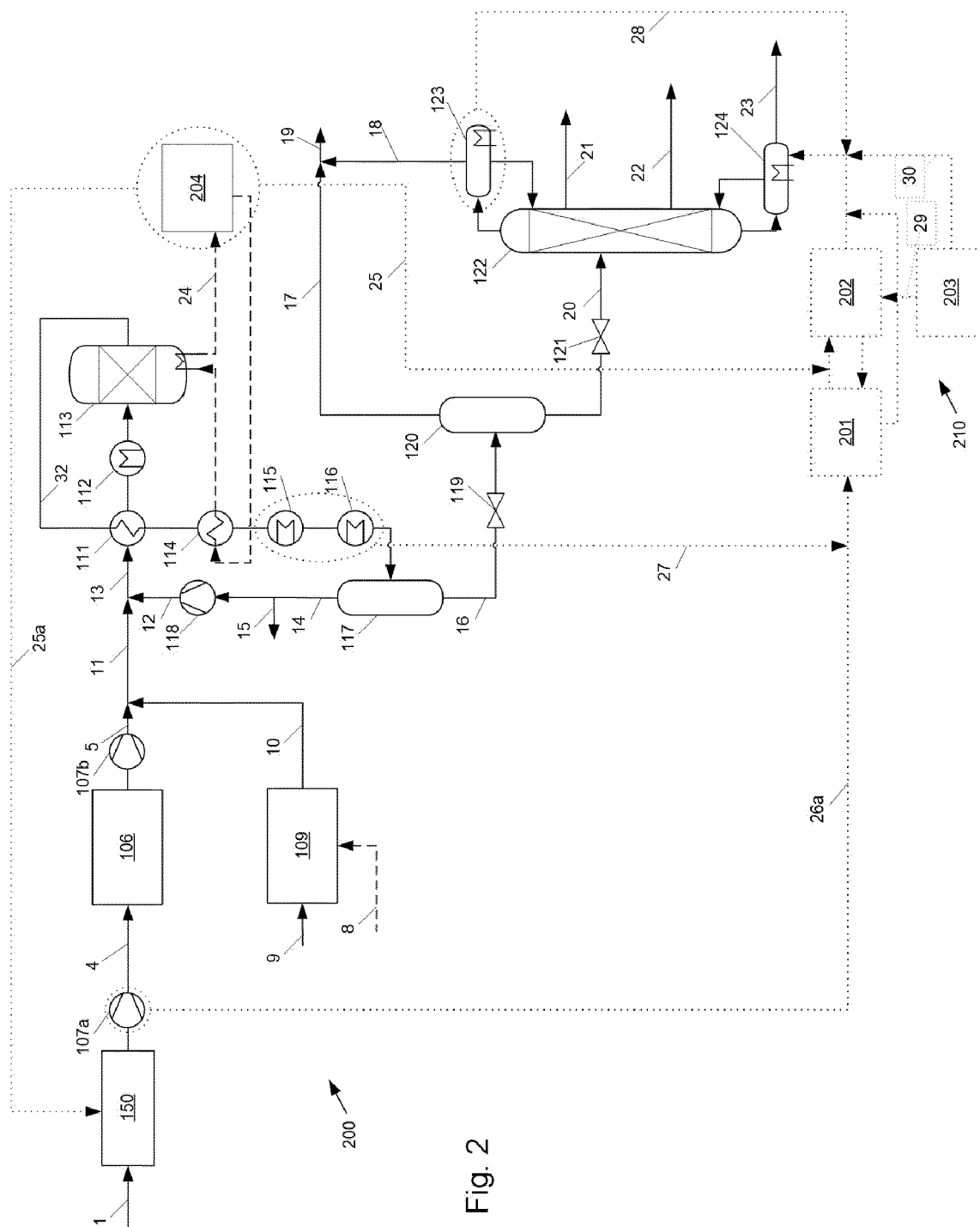


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 02 0205

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2020/392053 A1 (WINKLER NATHAN H [US] ET AL) 17. Dezember 2020 (2020-12-17)	1-5, 7-9, 12, 14, 15	INV. C25B1/04
Y	* Absätze [0018] - [0044]; Ansprüche 1-24; Abbildungen 1-3 *	1, 2, 8, 9, 13-15	C25B15/08
A	-----	6, 10, 11	
Y	WO 2022/136374 A1 (TOPSOE AS [DK]) 30. Juni 2022 (2022-06-30) * das ganze Dokument *	1, 2, 8, 9, 13-15	
A	-----	1-15	
	WO 2018/019875 A1 (THYSSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE]; THYSSENKRUPP AG [DE]) 1. Februar 2018 (2018-02-01) * Ansprüche 1-35; Abbildung 3 *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C25B
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		8. Januar 2024	Teppo, Kirsi-Marja
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 02 0205

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-01-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2020392053 A1	17-12-2020	EP 3983576 A1	20-04-2022
		US 2020392053 A1	17-12-2020
		US 2021340078 A1	04-11-2021
		WO 2020251826 A1	17-12-2020
WO 2022136374 A1	30-06-2022	AU 2021405257 A1	06-07-2023
		CA 3203055 A1	30-06-2022
		CN 116601335 A	15-08-2023
		EP 4267780 A1	01-11-2023
		KR 20230124958 A	28-08-2023
		TW 202241835 A	01-11-2022
		WO 2022136374 A1	30-06-2022
WO 2018019875 A1	01-02-2018	CN 109415822 A	01-03-2019
		DK 3491173 T3	11-07-2022
		EP 3491173 A1	05-06-2019
		JP 2019527691 A	03-10-2019
		US 2019185396 A1	20-06-2019
		US 2022185751 A1	16-06-2022
		WO 2018019875 A1	01-02-2018

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82