

(12) BELGISCHES ERFINDUNGSPATENT

(47) Veröffentlichungsdatum : 04/07/2023

(21) Antragsnummer : BE2021/5941

(22) Anmeldetag : 03/12/2021

(62) Teilantrag des früheren Antrags :

(62) Anmeldetag des früheren Antrags :

(51) Internationale Klassifikation : C01C 1/04, B01J 19/00, C25B 1/04, F25J 3/02, F25J 3/04

(30) Prioritätsangaben :

(73) Inhaber :

thyssenkrupp Industrial Solutions AG
AG
45143, ESSEN
Deutschland

thyssenkrupp AG
AG
45143, ESSEN
Deutschland

(72) Erfinder :

MIELKE Bernd
58454 WITTEN
Deutschland

NÖLKER Klaus
44265 DORTMUND
Deutschland

TIEGS Markus
44141 DORTMUND
Deutschland

ELISCHEWSKI Johannes
44141 DORTMUND
Deutschland

KEIL Bernd
44141 DORTMUND
Deutschland

(54) Verfahren zur Ammoniaksynthese und Anlage zur Herstellung von Ammoniak

(57)Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ammoniaksynthese in einem Synthesekreislauf (1), wobei ein Gasgemisch aufweisend Stickstoff (N₂) Wasserstoff (H₂) und Ammoniak (NH₃) mit einer Fördereinrichtung (2), mit einer Saugseite und einer Druckseite, im Synthesekreislauf (1) zyklisch gefördert wird, wobei Stickstoff (N₂) und Wasserstoff (H₂) in einem Konverter (3) zumindest teilweise zu Ammoniak (NH₃) umgesetzt werden und wobei das Gasgemisch in einer Abkühlleinrichtung (4) derart abgekühlt wird, dass Ammoniak (NH₃) aus dem Gasgemisch auskondensiert und wobei die Fördereinrichtung (2) eine Saugseite (5) und eine Druckseite (6) aufweist, wobei Wasserstoff zumindest teilweise durch Elektrolyse bereitgestellt wird. Bei einem Verfahren, bei dem die Nutzung fluktuierender erneuerbarer Energien für die Bereitstellung von Wasserstoff in bestehende Anlagenkonzepte integriert werden kann, ist vorgesehen, dass das Gasgemisch in Strömungsrichtung vor der Abkühlleinrichtung (4) in einen ersten Teilstrom (7) und einen zweiten Teilstrom (8) aufgeteilt wird, dass der erste Teilstrom (7) durch die Abkühlleinrichtung (4) geleitet wird und dass der zweite Teilstrom (8) in einen Bereich in Strömungsrichtung vor der Saugseite (5) der Fördereinrichtung (2) wieder in den Synthesekreislauf (1) eingebracht wird.

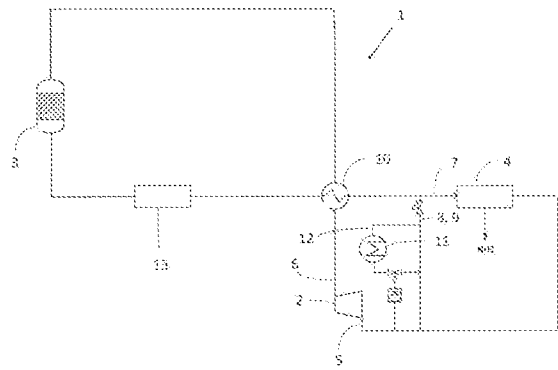


Fig. 1

Verfahren zur Ammoniaksynthese und Anlage zur Herstellung von Ammoniak

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ammoniaksynthese in einem Synthesekreislauf, wobei ein Gasgemisch aufweisend Stickstoff, Wasserstoff und Ammoniak mit einer Fördereinrichtung, mit einer Saugseite und einer Druckseite, im Synthesekreislauf zyklisch gefördert wird, wobei Stickstoff und Wasserstoff in einem Konverter zumindest teilweise zu Ammoniak umgesetzt werden und wobei das Gasgemisch in einer Abkühleinrichtung derart abgekühlt wird, dass Ammoniak aus dem Gasgemisch auskondensiert und wobei die Fördereinrichtung eine Saugseite und eine Druckseite aufweist, wobei Wasserstoff zumindest teilweise durch Elektrolyse bereitgestellt wird.

Daneben betrifft die Erfindung eine Anlage zur Herstellung von Ammoniak in einem Synthesekreislauf, mit mindestens einer Fördereinrichtung zum zyklischen Fördern eines Gasgemisches aufweisend Stickstoff, Wasserstoff und Ammoniak mit mindestens einem Konverter, wobei Stickstoff und Wasserstoff im Konverter zumindest teilweise zu Ammoniak umsetzbar sind und mit mindestens einer Abkühleinrichtung in der das Gasgemisch derart abkühlbar ist, dass Ammoniak aus dem Gasgemisch auskondensiert, wobei die Fördereinrichtung eine Saugseite und eine Druckseite aufweist.

Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Nachrüsten einer Anlage zur Herstellung von Ammoniak.

Ammoniak ist einer der wichtigsten Grundstoffe. Die Weltjahresproduktion beträgt derzeit etwa 170 Millionen Tonnen. Der größte Teil des Ammoniaks wird zur Herstellung von Düngemitteln verwendet. Die großtechnische Herstellung verwendet heute weitgehend die von Haber und Bosch zu Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelte Hochdrucksynthese in Festbettreaktoren mit Eisen als katalytisch aktiver Hauptkomponente, basierend auf einem stöchiometrisch zusammengesetzten Synthesegas mit den Hauptkomponenten Wasserstoff und Stickstoff. Die Erzeugung des Synthesegases erfolgt vorwiegend über die Erdgasroute. Nachteilig sind hierbei die großen Mengen an anfallendem Kohlendioxid.

Durch den exothermen Charakter der Ammoniak-Bildungsreaktion entstehen im Prozessverlauf verhältnismäßig große Wärmemengen. Für einen guten spezifischen Energieverbrauch des Gesamtprozesses müssen sie möglichst effizient genutzt werden. Generell ist die Abwärmenutzung mit thermodynamisch unvermeidbaren Verlusten verbunden. Es hat deshalb nicht an Versuchen gefehlt, Alternativen zum Haber-Bosch-Verfahren zu entwickeln, die ohne die hohen Temperaturen und Drücke arbeiten. Im Haber-

Bosch-Verfahren wird die fundamentale Schwierigkeit der Aktivierung des sehr reaktionsträgen Stickstoff-Moleküls durch den Einsatz spezifisch sehr aktiver Katalysatoren in Kombination mit verhältnismäßig hohen Temperaturen überwunden. Eine Alternative für die Bereitstellung der erforderlichen Aktivierungsenergie ist der Einsatz elektrischer Energie.

5

Zur Einsparung von Kohlendioxid gibt es Überlegungen, die Rohstoffe, insbesondere Wasserstoff, nicht bzw. nicht komplett über die Erdgasroute zu erhalten. Die EP 2 589 426 A1 offenbart beispielsweise ein Verfahren zur Herstellung von Ammoniak, bei dem Wasserstoff aus der Elektrolyse von Wasser gewonnen wird. Stickstoff kann beispielsweise aus einer kryogenen Luftzerlegungsanlage gewonnen werden. Die Stoffe werden miteinander vermischt und auf einen Druck im Bereich von 80 bis 300 bar verdichtet.

10

Das Problem dabei ist, dass erneuerbare Energien wie Wind oder Solar stark schwanken können. Der Elektrolyseur kann diesen Schwankungen schnell und auch in einem weiten Lastbereich bis zu einer Teillast von 10 % folgen. Die Ammoniakanlage bekommt dann einen verringerten Wasserstoffstrom, was einen komplexen Regeleingriff erfordert, um die Ammoniakanlage in einen Teillastbetrieb zu überführen, ohne Maschinen und Apparate zu beschädigen, und eine ununterbrochene Produktion von Ammoniak zu gewährleisten.

15

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer Ammoniakanlage sowie eine Anlage zur Herstellung von Ammoniak anzugeben, bei denen die Nutzung fluktuierender erneuerbarer Energien für die Bereitstellung von Wasserstoff in bestehende Anlagenkonzepte integriert werden kann.

20

Diese Aufgabe ist zunächst durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 dadurch gelöst, dass das Gasgemisch vor der Abkühleinrichtung in einen ersten Teilstrom und einen zweiten Teilstrom aufgeteilt wird, dass der erste Teilstrom durch die Abkühleinrichtung geleitet wird und dass der zweite Teilstrom in einen Bereich in Strömungsrichtung vor der Saugseite der Fördereinrichtung wieder in den Synthesekreislauf eingebracht wird.

25

30

Bei kleinerer Einsatzgas- oder Wasserstoffmenge besteht das Risiko, dass bei geringerer Umlaufmenge die Reaktion in einem Konverter mit mehreren Katalysatorbetten im ersten Katalysatorbett weiter fortschreitet. Hierdurch kann die Austrittstemperatur aus dem ersten Bett zu hoch werden, was zu Beschädigungen des Katalysators und des drucktragenden Reaktormantels führen kann. Darüber hinaus besteht das Risiko, dass bereits Einsatzgas verbraucht wird, das normalerweise erst im zweiten Katalysatorbett reagiert. Dadurch würde das zweite Katalysatorbett abkühlen. Durch eine längere Verweilzeit kühlt das Gas auch in

35

etwaigen internen Wärmetauschern unter die Anspringtemperatur für ein mögliches drittes Katalysatorbett.

5 Eine zu hohe Austrittstemperatur aus dem ersten Katalysatorbett lässt sich dadurch vermeiden, dass die Eintrittskonzentration an Ammoniak in den Konverter angehoben wird. Normalerweise ergibt sich die Eintrittskonzentration in den Konverter aus der Temperatur, bei der das Ammoniak abgeschieden wird. Man könnte also die Ammoniak Eintrittskonzentration dadurch erhöhen, dass das Kreislaufgas durch die Abkühleinrichtung weniger abgekühlt wird. Dies hätte jedoch den Nachteil, dass sich das Temperaturniveau in allen Apparaten der
10 Abkühleinrichtung verändern würde, so dass – wenn die volle Menge an Wasserstoff wieder verfügbar ist – die Abkühleinrichtung erst wieder heruntergekühlt werden müsste und eine gewisse Zeit vergeht, bis die Anlage wieder auf 100 % laufen kann.

Um im Falle einer erforderlichen Laständerung die Konzentration schnell ändern zu können,
15 wird daher ein Bypass um die Abkühleinrichtung ermöglicht. So wird erreicht, dass nur aus einem Teil des Kreislaufgases Ammoniak auskondensiert wird, während ein Ammoniak reicher Strom an der Abkühleinrichtung vorbeigeleitet wird. Die gewünschte Ammoniakkonzentration ergibt sich dann aus der Mischung des abgekühlten Stroms und des Bypassstroms auf der Saugseite der Fördereinrichtung.

20 Bei einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass der zweite Teilstrom vor Einbringung in den Synthesekreislauf abgekühlt wird. Die Eintrittstemperatur in die Fördereinrichtung darf nicht zu hoch sein, da sonst die Fördereinrichtung durch zu hohe Austrittstemperaturen beschädigt werden könnte. Hierzu
25 kann ein Teil des warmen Bypass-Stromes über einen Wasserkühler geleitet werden, so dass die Temperatur an der Saugseite der Fördereinrichtung als Mischungstemperatur von kaltem Kreislaufgas und teilweise gekühltem Bypass-Gas geregelt werden kann.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass Stickstoff mittels
30 Luftzerlegungsanlage bereitgestellt wird.

Die zuvor genannte Aufgabe wird außerdem gelöst von einer Anlage zur Herstellung von Ammoniak in einem Synthesekreislauf, mit mindestens einer Fördereinrichtung zum zyklischen Fördern eines Gasgemisches aufweisend Stickstoff, Wasserstoff und Ammoniak
35 mit mindestens einem Konverter, wobei Stickstoff und Wasserstoff im Konverter zumindest teilweise zu Ammoniak umsetzbar sind und mit mindestens einer Abkühleinrichtung in der das Gasgemisch derart abkühlbar ist, dass Ammoniak aus dem Gasgemisch auskondensiert,

wobei die Fördereinrichtung eine Saugseite und eine Druckseite aufweist. Es ist ferner eine Bypassleitung vorgesehen, wobei durch die Bypassleitung das Gasgemisch in einen ersten Teilstrom und einen zweiten Teilstrom aufteilbar ist und wobei die Bypassleitung einen Strömungspfad in Strömungsrichtung vor der Abkühleinrichtung zu einem Bereich in Strömungsrichtung vor der Saugseite der Fördereinrichtung bildet.

Eine unzulässige Erhöhung der Austrittstemperatur aus einem Katalysator im Konverter kann vermieden werden, indem der NH_3 -Gehalt am Eintritt des Konverters angehoben wird. Die sich daraus ergebende maximale Temperatur am Austritt des Katalysatorbettes, die Gleichgewichtstemperatur, liegt dann niedriger und innerhalb des erlaubten Bereiches. Hierzu wird ein Teil des heißen, reagierten Kreislaufgases um die Abkühleinrichtung, die beispielsweise Gascooler, Cold Exchanger und/oder Loopchiller umfassen kann, herumgeführt. Der andere Teil des Gases wird in der Abkühleinrichtung auf die unveränderte Kondensationstemperatur des Ammoniaks abgekühlt. Danach wird dieser erste Teilstrom mit einem geringen Ammoniakgehalt mit dem ammoniakreichen Bypassstrom, dem zweiten Teilstrom, gemischt und der Saugseite der Fördereinrichtung zurückgeführt. Bei der Fördereinrichtung kann es sich beispielsweise um einen Kompressor beziehungsweise ein Gebläse handeln.

Die obigen Ausführungen betreffend das erfindungsgemäße Verfahren gelten entsprechend auch für die erfindungsgemäße Anlage zur Herstellung von Ammoniak.

Bei einer ersten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anlage ist vorgesehen, dass die Bypassleitung einen Wärmetauscher zum Abkühlen des zweiten Teilstroms aufweist. Es muss sichergestellt werden, dass die Eintrittstemperatur des Mischstromes Fördereinrichtung nicht zu hoch ist, sodass eine unzulässige hohe Austrittstemperatur des Verdichters vermieden wird. Dazu wird ein Teil des Bypassstromes über einen Wärmetauscher geleitet und abgekühlt. Der Massenstrom wird in Abhängigkeit von der Temperatur des Mischstromes auf der Saugseite der Fördereinrichtung geregelt.

Um die Temperatur besonders präzise einstellen zu können ist bei einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anlage eine zweite Bypassleitung zum Umgehen des Wärmetauschers vorgesehen.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anlage ist vorgesehen, dass der Konverter ein erstes Katalysatorbett, ein zweites Katalysatorbett und ein drittes Katalysatorbett aufweist.

Um die Reaktion im Konverter effizienter handhaben zu können, ist bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass der Konverter mindestens zwei radial durchströmbare Wärmetauscher aufweist und dass der erste Wärmetauscher zwischen dem
5 ersten und dem zweiten Katalysatorbett angeordnet ist und dass der zweite Wärmetauscher zwischen dem zweiten und dem dritten Katalysatorbett angeordnet ist.

Zusätzlich oder alternativ ist bei einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anlage in Strömungsrichtung nach dem Konverter eine Einrichtung zur Dampferzeugung vorgesehen.
10

Die vorgenannte Aufgabe wird außerdem gelöst von einem Verfahren zum Nachrüsten einer Anlage zur Herstellung von Ammoniak, mit mindestens einer Fördereinrichtung zum zyklischen Fördern eines Gasgemisches aufweisend Stickstoff, Wasserstoff und Ammoniak mit mindestens einem Konverter, wobei Stickstoff und Wasserstoff im Konverter zumindest
15 teilweise zu Ammoniak umsetzbar sind und mit mindestens einer Abkühleinrichtung in der das Gasgemisch derart abkühlbar ist, dass Ammoniak aus dem Gasgemisch auskondensiert, wobei die Fördereinrichtung eine Saugseite und eine Druckseite aufweist. Zum Nachrüsten wird eine Bypassleitung eingebracht. Durch die Bypassleitung ist das Gasgemisch in einen ersten Teilstrom und einen zweiten Teilstrom aufteilbar, wobei die Bypassleitung einen
20 Strömungspfad in Strömungsrichtung vor der Abkühleinrichtung zu einem Bereich in Strömungsrichtung vor der Saugseite der Fördereinrichtung bildet.

Im Einzelnen gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Anlage auszugestalten und weiterzubilden. Dazu wird verwiesen
25 sowohl auf die den Patentansprüchen 1 und 11 nachgeordneten Patentansprüche, als auch auf die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Teiles einer Anlage zur Herstellung von Ammoniak mit einem Bypass vor einer Abkühleinrichtung,
30

Fig. 2 ein Konzentrations- und Temperaturprofil im Konverter, wie im Stand der Technik üblich und

35 Fig. 3 ein Konzentrations- und Temperaturprofil im Konverter gemäß der vorliegenden Erfindung.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Teils einer Ammoniakanlage. Beim Betreiben der Ammoniakanlage wird ein Gasgemisch aufweisend Stickstoff (N₂) Wasserstoff (H₂) und Ammoniak (NH₃) in einem Synthesekreislauf 1 mit einer Fördereinrichtung 2 zyklisch gefördert. Stickstoff (N₂) und Wasserstoff (H₂) werden in einem Konverter 3 zumindest teilweise zu Ammoniak (NH₃) umgesetzt. Das Gasgemisch wird anschließend in einer Abkühleinrichtung 4 derart abgekühlt, dass Ammoniak (NH₃) aus dem Gasgemisch auskondensiert. Wasserstoff wird dabei zumindest teilweise durch Elektrolyse bereitgestellt. Die Fördereinrichtung 2 weist eine Saugseite 5 und eine Druckseite 6 aufweist. Es ist vorgesehen, dass das Gasgemisch in Strömungsrichtung vor der Abkühleinrichtung 4 in einen ersten Teilstrom 7 und einen zweiten Teilstrom 8 aufgeteilt wird. Der erste Teilstrom 7 wird anschließend durch die Abkühleinrichtung 4 geleitet, wobei der zweite Teilstrom 8, mittels einer Bypassleitung 9, in einem Bereich in Strömungsrichtung vor der Saugseite 5 der Fördereinrichtung 2 wieder in den Synthesekreislauf 1 eingebracht wird.

In der hier betrachteten Anlage erfolgt die Ammoniakreaktion katalysiert in einem Konverter 3 mit drei, hier nicht dargestellten, radial durchströmten Betten und zwei inneren Wärmetauschern. Durch Wärmetausch zwischen den beiden Betten wird bewirkt, dass die exotherme Ammoniakreaktion, von Bett zu Bett, weiter fortschreiten kann und das kalte Kreislaufgas auf Anspringtemperatur des Katalysators vorgewärmt wird. Das heiße Reaktionsgas verlässt den Konverter 3 mit einer Temperatur von rund 410 °C und einem Ammoniakgehalt von 24.9 Vol.-% und dient dazu, Dampf zu erzeugen. Im Gas/Gas-Wärmetauscher 10 erwärmt es das abgekühlte Kreislaufgas. Danach wird das Gas in den ersten Teilstrom 7 und den zweiten Teilstrom 8 aufgeteilt. Das Verhältnis der beiden Ströme zu einander beträgt vorzugsweise 36:64. Der erste Teilstrom wird in der Abkühleinrichtung 4 auf 0.4 Grad Celsius abgekühlt und das auskondensierte Ammoniak abgeschieden. Die Ammoniakkonzentration ist mit 4.9 Vol.-% jetzt deutlich niedriger als die des zweiten Teilstromes 8. Der zweite Teilstrom 8 wird an der Abkühleinrichtung 4 vorbei zur Saugseite 5 der Fördereinrichtung 2 geführt.

Es muss jedoch gewährleistet sein, dass die Ansaugtemperatur der Fördereinrichtung 2 nicht zu hoch ist, damit die Fördereinrichtung 2, beispielsweise ein Verdichter, nicht beschädigt wird. Hierzu wird ein Teil des Bypassstromes über einen Wärmetauscher 11 geleitet. Ein weiterer Teil des Stroms kann über eine zweite Bypassleitung 12 an dem Wärmetauscher 11 vorbei geführt werden. Die Menge dieses Teilstromes wird über einen Temperaturregler auf 48 Grad Celsius Eintrittstemperatur in die Fördereinrichtung 2 eingestellt. Der ammoniakreiche zweite Teilstrom 8 und der ammoniakarme, abgekühlte erste Teilstrom 7 werden auf der Saugseite 5 wieder vermischt, wobei sich die gewünschte Ammoniak Eintrittskonzentration von 16.9 Vol.-%

in den Konverter 3 einstellt. Die Fördereinrichtung 2 fördert den Mischstrom in den Konverter 3. Zusätzlich ist in Fig 1 eine Einrichtung zur Dampferzeugung 13 vorgesehen, die durch das heiße Reaktionsgas nach Austritt aus dem Konverter 3 Dampf erzeugt.

- 5 Fig. 2 zeigt beispielhaft den Temperaturverlauf durch drei Katalysatorbetten, wie im Stand der Technik üblich. Hierbei steigt die Temperatur und NH₃-Konzentration in den Betten an (Bett 1 C11-C12, Bett 2 C21-C22 und Bett 3 C31-C32). Zwischen den Betten 1 und 2 und 2 und 3 sind die inneren Wärmetauscher angeordnet, so dass die Temperatur bei gleichbleibender Ammoniakkonzentration wieder sinkt (1. Innerer Wärmetauscher C12-C21, 2. Innerer
- 10 Wärmetauscher C22-C31) und die exotherme Reaktion weiter voranschreiten kann.

Bei Teillast der Anlage zur Herstellung von Ammoniak ändert sich das Verhalten des Systems allgemein wie folgt, wenn nicht eingegriffen wird:

- 15 • In den Katalysatorbetten erhöht sich die Verweilzeit des Gases. Dadurch reagieren die Komponenten bis näher ans Gleichgewicht, im Diagramm verschieben sich die Punkte C12, C22 und C32 in Richtung der Gleichgewichtskurve. Dies ist für das erste Bett durch die Verschiebung des Punktes C12 nach C12' angedeutet.
- 20 • In den inneren Wärmetauschern gleicht sich die Austrittstemperatur der Temperatur des Mediums auf der anderen Seite an. Dies ist für den zweiten Wärmetauscher durch Verschiebung des Punkt C31 durch C31' angedeutet.

Verlässt eine Temperatur am Konverter 3 einen bestimmten Bereich, bedeutet diese Änderung

25 keinen graduellen Unterschied, sondern eine komplette Änderung des Verhaltens des Systems:

- Für Punkt C12 gibt es eine Maximaltemperatur (ca. 500 °C), die nicht überschritten werden darf. Wird sie überschritten, hat das zur Folge, dass der Stahl in der NH₃-Atmosphäre
- 30 nitriert und spröde wird. Das hat eine Verkürzung der Lebensdauer zur Folge, was vermieden werden muss.
- Punkte C11, C21 und C31 dürfen nicht unter die sogenannte Anspringtemperatur des Katalysators fallen. Unterhalb der Anspringtemperatur (ca. 370 °C) läuft die Reaktion nicht ab.
- 35 Fällt die Temperatur unter diesen Wert (weil weniger Reaktionswärme zum Aufheizen des Kreislaufgases/der Edukte zur Verfügung steht), stoppt die Reaktion und es ist nicht gewährleistet, dass sie bei steigender Menge Einsatzgas wieder einsetzt.

Bei kleinerer Einsatzgas- oder Wasserstoffmenge besteht das Risiko, dass bei geringerer Umlaufmenge die Reaktion im 1. Bett weiter fortschreitet. Das birgt das Risiko unter dem 1. Punkt oben, und es wird bereits Einsatzgas verbraucht, das normalerweise erst im 2. Bett reagiert. Das würde das 2. Bett abkühlen lassen. Durch längere Verweilzeit kühlt das Gas auch im zweiten Wärmetauscher unter die Anspringtemperatur für das 3. Bett ab.

Fig. 3 zeigt ein Konzentrations- und Temperaturprofil im Konverter gemäß der vorliegenden Erfindung. Ziel ist es, das Temperatur- und Konzentrationsprofil von oben auch bei kleinerer Gasmenge in etwa aufrecht zu halten. Dazu muss in allen Katalysatorbetten die Reaktion aufrechterhalten werden. Dabei soll bei geringerer zur Verfügung stehender H₂-Menge die Menge an die Menge an gebildetem Ammoniak im gleichen Maß gedrosselt werden. Dadurch lässt sich in allen Betten die Reaktion aufrechterhalten. Es ergeben sich durch die längeren Verweilzeiten in Katalysatorbetten und Wärmetauschern aber Unterschiede:

15

- Die Erhöhung der Temperatur C22 kann vermieden werden, indem der Eintritts-NH₃-Gehalt in den Konverter angehoben wird. Das führt zu einer Verschiebung der Punkte C11-C12 zu C11'-C12' in eine Region, in der C12' unterhalb der zulässigen Maximaltemperatur liegt. Dazu muss der NH₃-Gehalt für C11' so hoch gewählt werden, dass der Punkt C12', dessen höchste NH₃-Konzentration durch die Linie EQ begrenzt wird, nicht die maximal erlaubte Temperatur überschreitet.

20

Der höhere Gehalt an Ammoniak am Konvertereintritt kann auf verschiedene Weise erreicht werden. Zum einen kann die Kondensationstemperatur des Ammoniaks angehoben werden. Mit steigender Temperatur steigt der Sättigungsdampfdruck des Ammoniaks im Kreislaufgas an und damit auch die Konzentration des Ammoniaks am Konvertereintritt. Dies kann durch einen höheren Druck in den mit verdampfenden Ammoniak gekühlten Loopchillern in der Abkühleinrichtung 4 eingestellt werden. Die Abkühleinrichtung würde dann in Teillast laufen. Dies hätte jedoch den Nachteil, dass sich das Temperaturniveau in den Loopchillern ändern würde und sich diese großen Stahlmassen der Apparate aufwärmen würden. Stände dann die volle Menge an Synthesegas wieder zur Verfügung, müsste die Abkühleinrichtung 4 diese Apparate erst wieder herunterkühlen. In dieser Zeit würde das Ammoniak bei einer höheren Temperatur abgeschieden werden und die Eintrittskonzentration am Eintritt des Konverters 3 wäre zu hoch, so dass der Konverter nicht den Umsatz erreichen kann, der für 100 Prozent Leistung der Anlage notwendig wäre.

30

35

Dieses Problem lässt sich erfindungsgemäß dadurch umgehen, dass ein Teil des heißen, reagierten Gases um die Abkühleinrichtung 4 durch die Bypassleitung 9 herumgeführt wird. Der andere Teil des Gases wird in der Abkühleinrichtung auf die unveränderte Kondensationstemperatur des Ammoniaks abgekühlt. Danach wird es mit dem zweiten
5 Teilstrom 8 gemischt und der Saugseite 5 der Fördereinrichtung zugeführt.

Das daraus resultierende Konzentrations- und Temperaturprofil im Konverter 3 ist in Fig. 3 dargestellt. Wie in Fig. 3 zu sehen, ergeben sich, aufgrund des hohen Ammoniakgehaltes am Eintritt des Konverters 3, wesentlich niedrigere Austrittstemperaturen aus den
10 Katalysatorbetten. Auch wird die Katalysatoranspringtemperatur am Austritt des zweiten Wärmetauschers nicht unterschritten. Die sich ergebende Kreislaufgasmenge beträgt 50 Prozent der Kreislaufgasmenge bei 100 Prozent Anlagenleistung. Zusammen mit der verringerten Konzentrationserhöhung an Ammoniak im Konverter lässt sich so ein Turn-Down-Ratio von 25 Prozent darstellen.

15

Bezugszeichenliste

- | | | |
|----|------|--------------------------------|
| | (1) | Synthesekreislauf |
| 5 | (2) | Fördereinrichtung |
| | (3) | Konverter |
| | (4) | Abkühleinrichtung |
| | (5) | Saugseite |
| | (6) | Druckseite |
| 10 | (7) | Erster Teilstrom |
| | (8) | Zweiter Teilstrom |
| | (9) | Bypassleitung |
| | (10) | Gas/Gas-Wärmetauscher |
| | (11) | Wärmetauscher |
| 15 | (12) | Zweite Bypassleitung |
| | (13) | Einrichtung zur Dampferzeugung |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ammoniaksynthese in einem Synthesekreislauf (1),
wobei ein Gasgemisch aufweisend Stickstoff (N₂) Wasserstoff (H₂) und Ammoniak
5 (NH₃) mit einer Fördereinrichtung (2), mit einer Saugseite und einer Druckseite, im
Synthesekreislauf (1) zyklisch gefördert wird,
wobei Stickstoff (N₂) und Wasserstoff (H₂) in einem Konverter (3) zumindest teilweise
zu Ammoniak (NH₃) umgesetzt werden und
wobei das Gasgemisch in einer Abkühleinrichtung (4) derart abgekühlt wird, dass
10 Ammoniak (NH₃) aus dem Gasgemisch auskondensiert und wobei die
Fördereinrichtung (2) eine Saugseite (5) und eine Druckseite (6) aufweist,
wobei Wasserstoff zumindest teilweise durch Elektrolyse bereitgestellt wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Gasgemisch in Strömungsrichtung vor der Abkühleinrichtung (4) in einen
15 ersten Teilstrom (7) und einen zweiten Teilstrom (8) aufgeteilt wird, dass der erste
Teilstrom (7) durch die Abkühleinrichtung (4) geleitet wird und dass der zweite
Teilstrom (8) in einen Bereich in Strömungsrichtung vor der Saugseite (5) der
Fördereinrichtung (2) wieder in den Synthesekreislauf (1) eingebracht wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Teilstrom (8)
vor Einbringung in den Synthesekreislauf (1) abgekühlt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Stickstoff mittels
Luftzerlegungsanlage bereitgestellt wird.
- 25 4. Anlage zur Herstellung von Ammoniak (NH₃) in einem Synthesekreislauf (1), mit
mindestens einer Fördereinrichtung (2) zum zyklischen Fördern eines Gasgemisches
aufweisend Stickstoff (N₂), Wasserstoff (N₂) und Ammoniak (NH₃) mit mindestens
einem Konverter (3), wobei Stickstoff (N₂) und Wasserstoff (H₂) im Konverter (3)
30 zumindest teilweise zu Ammoniak (NH₃) umsetzbar sind und mit mindestens einer
Abkühleinrichtung (4) in der das Gasgemisch derart abkühlbar ist, dass Ammoniak
(NH₃) aus dem Gasgemisch auskondensiert, wobei die Fördereinrichtung (2) eine
Saugseite (5) und eine Druckseite (6) aufweist,
dadurch gekennzeichnet,
35 dass eine Bypassleitung (9) vorgesehen ist, dass durch die Bypassleitung (9) das
Gasgemisch in einen ersten Teilstrom (7) und einen zweiten Teilstrom (8) aufteilbar ist
und dass die Bypassleitung (9) einen Strömungspfad in Strömungsrichtung vor der

Abkühleinrichtung (4) zu einem Bereich in Strömungsrichtung vor der Saugseite (5) der Fördereinrichtung (2) bildet.

5. Anlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Bypassleitung (9) einen Wärmetauscher (11) zum Abkühlen des zweiten Teilstroms (9) aufweist.
6. Anlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Bypassleitung (12) zum Umgehen des Wärmetauschers (11) vorgesehen ist.
7. Anlage nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Konverter (3) ein erstes Katalysatorbett, ein zweites Katalysatorbett oder noch ein drittes Katalysatorbett aufweist.
8. Anlage nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Konverter (3) mindestens einen oder mehr radial durchströmbare Wärmetauscher aufweist und dass der erste Wärmetauscher zwischen dem ersten und dem zweiten Katalysatorbett angeordnet ist und dass der zweite Wärmetauscher zwischen dem zweiten und dem dritten Katalysatorbett angeordnet ist.
9. Anlage nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass in Strömungsrichtung nach dem Konverter (3) eine Einrichtung zur Dampferzeugung (13) vorgesehen ist.
10. Verfahren zum Nachrüsten einer Anlage zur Herstellung von Ammoniak, mit mindestens einer Fördereinrichtung (2) zum zyklischen Fördern eines Gasgemisches aufweisend Stickstoff (N₂), Wasserstoff (N₂) und Ammoniak (NH₃) mit mindestens einem Konverter (3), wobei Stickstoff (N₂) und Wasserstoff (H₂) im Konverter (3) zumindest teilweise zu Ammoniak (NH₃) umsetzbar sind und mit mindestens einer Abkühleinrichtung (4) in der das Gasgemisch derart abkühlbar ist, dass Ammoniak (NH₃) aus dem Gasgemisch auskondensiert, wobei die Fördereinrichtung (2) eine Saugseite (5) und eine Druckseite (6) aufweist,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Nachrüsten eine Bypassleitung (9) eingebracht wird ist, dass durch die Bypassleitung (9) das Gasgemisch in einen ersten Teilstrom (7) und einen zweiten Teilstrom (8) aufteilbar ist und dass die Bypassleitung (9) einen Strömungspfad in Strömungsrichtung vor der Abkühleinrichtung (4) zu einem Bereich in Strömungsrichtung vor der Saugseite (5) der Fördereinrichtung (2) bildet.

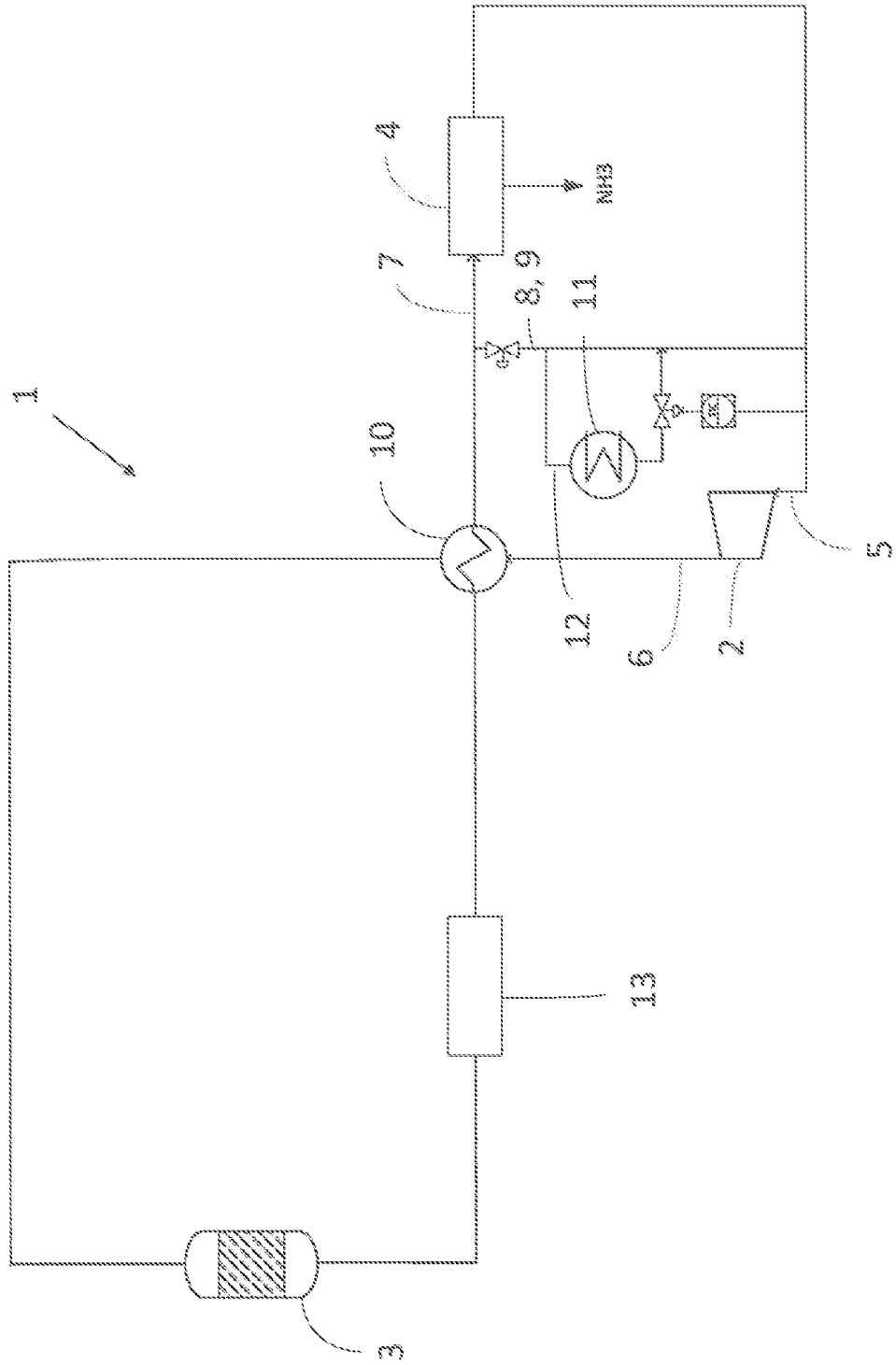


Fig. 1

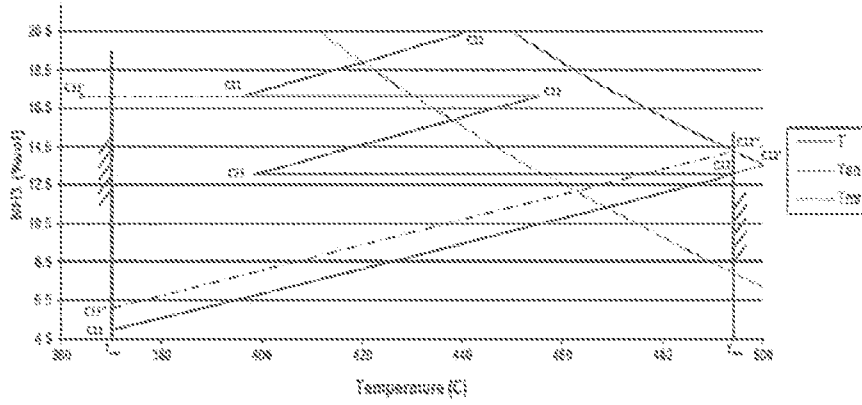


Fig. 2

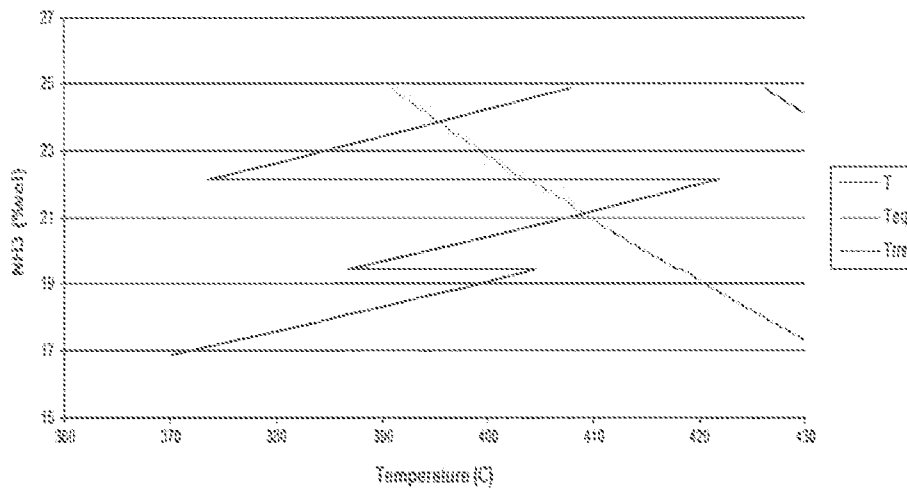


Fig. 3

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

RECHERCHENBERICHT INTERNATIONALER ART NACH ARTIKEL XI.23.,

§10 DES BELGISCHEN WIRTSCHAFTSGESETZBUCHES

KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG	AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS 210441P00BE
Nationales Aktenzeichen 202105941	Anmeldedatum 03-12-2021
Anmeldeland	Beanspruchtes Prioritätsdatum
Anmelder (Name) thyssenkrupp AG, et al	
Datum des Antrags auf eine Recherche Internationaler Art 18-12-2021	Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat SN80275
I. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)	
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC Siehe Recherchenbericht	
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE	
Recherchierter Mindestprüfstoff	
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
IPC	Siehe Recherchenbericht
Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen	
III. <input type="checkbox"/> EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RECHERCHIERBAR ERWIESEN (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)	
IV. <input type="checkbox"/> MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)	

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

BE 202105941

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. C01C1/04 B01J19/00 C25B1/04 F25J3/02 F25J3/04 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C01C C25B B01J F25J		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, CHEM ABS Data, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 3 819 261 A1 (CASALE SA [CH]) 12. Mai 2021 (2021-05-12) * Absätze [0010], [0020], [0039], [0040], [0042], [0043], [0046], [0051], [0053], [0055] - [0063], [0067], [0068]; Abbildung 1 * -----	1-10
X	WO 2021/060985 A1 (UNIV DELFT TECH [NL]) 1. April 2021 (2021-04-01) * Seite 1, Zeilen 9-16 * * Seite 27, Zeile 22 - Seite 29, Zeile 5; Abbildungen 1a, 1b * ----- align="center">-/--	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll, oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art 8. August 2022		Absenddatum des Berichts über die Recherche internationaler Art
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Werner, Håkan

C.(Fortsetzung). ALS WESENTLICH ANGESEHENE VERÖFFENTLICHUNGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>DE 10 2016 203753 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE]) 14. September 2017 (2017-09-14) * Absätze [0011], [0016], [0018], [0019], [0047], [0051], [0057], [0065], [0069], [0071] - [0075], [0154], [0155], [0185] * * Absätze [0188], [0201]; Abbildung 4; Beispiel 1 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10
A	<p>US 2013/108538 A1 (OSTUNI RAFFAELE [IT] ET AL) 2. Mai 2013 (2013-05-02) * Absätze [0008], [0010], [0013], [0014], [0015], [0044] *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-10

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

BE 202105941

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 3819261	A1	12-05-2021	AU 2020378555 A1	07-04-2022
			CA 3155695 A1	14-05-2021
			CN 114599608 A	07-06-2022
			EP 3819261 A1	12-05-2021
			WO 2021089276 A1	14-05-2021

WO 2021060985	A1	01-04-2021	AU 2020352749 A1	14-04-2022
			EP 4034503 A1	03-08-2022
			NL 2023912 B1	27-05-2021
			WO 2021060985 A1	01-04-2021

DE 102016203753	A1	14-09-2017	DE 102016203753 A1	14-09-2017
			DK 3426601 T3	20-07-2020
			EP 3426601 A1	16-01-2019
			WO 2017153304 A1	14-09-2017

US 2013108538	A1	02-05-2013	CA 2790545 A1	02-05-2013
			EP 2589574 A1	08-05-2013
			US 2013108538 A1	02-05-2013



SCHRIFTLICHER BESCHEID

Dossier Nr. SN80275	Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 03.12.2021	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)	Anmeldung Nr. BE202105941
Internationale Patentklassifikation (IPK) INV. C01C1/04 B01J19/00 C25B1/04 F25J3/02 F25J3/04			
Anmelder thyssenkrupp AG, et al			

Dieser Bescheid enthält Angaben und entsprechende Seiten zu folgenden Punkten:

- Feld Nr. I Grundlage des Bescheids
- Feld Nr. II Priorität
- Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- Feld Nr. V Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen
- Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der Anmeldung
- Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur Anmeldung

Formblatt BE237A (Deckblatt) (Januar 2007)	Prüfer Werner, Håkan
--	-------------------------

SCHRIFTLICHER BESCHEID

Anmeldung Nr.
BE202105941

Feld Nr. I Grundlage des Bescheids

1. Dieser Bescheid wurde auf der Grundlage des vor dem Beginn der Recherche eingereichten Satzes von Ansprüchen erstellt.
2. Hinsichtlich der **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz**, die in der Anmeldung offenbart wurde, ist der Bescheid auf folgender Grundlage erstellt worden:
 - a. Art des Materials:
 - Sequenzprotokoll
 - Tabelle(n) zum Sequenzprotokoll
 - b. Form des Materials:
 - in Papierform
 - in elektronischer Form
 - c. Zeitpunkt der Einreichung:
 - in der eingereichten Anmeldung enthalten
 - zusammen mit der Anmeldung in elektronischer Form eingereicht
 - nachträglich eingereicht
3. Wurden mehr als eine Version oder Kopie eines Sequenzprotokolls und/oder einer dazugehörigen Tabelle eingereicht, so sind zusätzlich die erforderlichen Erklärungen, dass die Information in den nachgereichten oder zusätzlichen Kopien mit der Information in der Anmeldung in der eingereichten Fassung übereinstimmt bzw. nicht über sie hinausgeht, vorgelegt worden.
4. Zusätzliche Bemerkungen:

Zu Punkt V

Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1 EP 3 819 261 A1 (CASALE SA [CH]) 12. Mai 2021 (2021-05-12)

D2 WO 2021/060985 A1 (UNIV DELFT TECH [NL]) 1. April 2021
(2021-04-01)

- 1 Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand der Ansprüche 1, 2, 4 und 5 nicht neu ist.
- 2 D1 offenbart (insb: Absätze [0010], [0020], [0039], [0040], [0042], [0043], [0046], [0051]-[0053], [0055]-[0063], [0067] und [0068] und Abb. 1) ein Verfahren und eine Anlage zur Ammoniaksynthese. Wasserstoff kann mittels Elektrolyse hergestellt werden (Absatz [0042]. Das Synthesegas wird in einem Ammoniak-Synthesekreislauf (5) enthaltend einen Konverter (7) und eine Abkühlvorrichtung (9) mittels einer Fördereinrichtung (6) zirkuliert. Die Anlage enthält ferner eine Bypassleitung (15) in Strömungsrichtung vor der Abkühlvorrichtung (9). Die Bypassleitung (15) führt über eine Abkühlvorrichtung (16) zur Saugseite der Fördereinrichtung (6). Bei 30% Auslastung wird 70% der Gasmischung im Synthesekreislauf in der Bypassleitung geleitet (Beispiel 1).
- 3 Daher ist der Gegenstand der Ansprüche 1, 2, 4 und 5 nicht neu gegenüber D1.
- 4 Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Patentierbarkeit, weil der Gegenstand des Anspruchs 10 nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit beruht.
 - 4.1 D1 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 10 angesehen. Es offenbart ein Verfahren zur Ammoniaksynthese (siehe Punkt 2 oben)
 - 4.2 Der Gegenstand des Anspruchs 10 unterscheidet sich von dem bekannten Verfahren dadurch, dass die Anlage mit einer Bypassleitung nachgerüstet wird, und ist daher neu.
 - 4.3 Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann somit darin gesehen werden, eine Anlage so umzurüsten, dass sie stabil gegenüber schwankenden Wasserstoffmengen betrieben werden kann.

- 4.4 Die in Anspruch 10 der vorliegenden Anmeldung vorgeschlagene Lösung kann nicht als erfinderisch angesehen werden. D1 offenbart bereits die Lösung zum gestellten Problem. Ausgehend von D1 ist es den Fachmann somit offensichtlich, eine Anlage ohne Bypassleitung mit einer Bypassleitung nachzurüsten, um sie stabil gegenüber schwankenden Wasserstoffmengen betreiben zu können.
- 5 Die abhängigen Ansprüche 3 und 6-9 scheinen keine zusätzlichen Merkmale zu enthalten, die in Kombination mit den Merkmalen eines Anspruchs, auf den sie rückbezogen sind, die Erfordernisse in Bezug auf erfinderische Tätigkeit erfüllen. Die Gründe dafür sind die folgenden: Stickstoff mit einer Luftzerlegungsanlage herzustellen stellt für die Ammoniaksynthese eine übliche Maßnahme dar, siehe D1 (Absatz [0010]). Dem Fachmann ist die Verwendung von weitere Wärmetauscher sowie Einrichtungen zur Dampferzeugung in einer Ammoniakanlage bestens bekannt. Ferner scheinen weitere Bypassleitungen nichts besonderes für den Fachmann darzustellen. Ferner scheint keines dieser Merkmale mit irgendeinem technischen Effekt verbunden zu sein, der eine erfinderische Tätigkeit rechtfertigen würde.
- 6 Unabhängig von D1 ist D2 relevant für die erfinderische Tätigkeit.
- 6.1 D2 offenbart (insb: Seite 1, Zeilen 9-16; Seite 27, Zeile 22 - Seite 29, Zeile 5 und Abb. 1a und 1b) ein Verfahren und eine Anlage zur Ammoniaksynthese. Die Anlage enthält einen Synthesekreislauf mit Kompressoren (114), drei Konverter, eine Abkühleinrichtung (5) wo Ammoniak (141) abgetrennt wird, einen Elektrolyseur (111) und eine Bypassleitung (132), wobei ein Ventil (131) der Durchfluss der Bypassleitung regelt. Durch das Ventil kann die umgesetzte Gasmischung (125) entweder im Separator (140) abgekühlt werden, wodurch Ammoniak auskondensiert, oder in der Bypassleitung zurück zum Konverter geleitet werden.
- 6.2 Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich somit von dem bekannten Verfahren dadurch, dass die Bypassleitung die umgesetzte Gasmischung über einen Verdichter zurück zum Konverter befördert, und ist daher neu.
- 6.3 Der Gegenstand des Anspruchs 4 unterscheidet sich somit von der bekannten Anlage dadurch, dass die Bypassleitung über einen Verdichter mit dem Konverter verbunden ist, und ist daher neu.
- 6.4 Der Gegenstand des Anspruchs 10 unterscheidet sich somit von dem bekannten Verfahren dadurch, dass eine Bypassleitung installiert wird, die die umgesetzte Gasmischung über einen Verdichter zurück zum Konverter befördert, und ist daher neu.

- 6.5 Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann somit darin gesehen werden, ein alternatives Verfahren und eine alternative Anlage enthaltend Bypassleitungen für schwankende Wasserstoffströme bereitzustellen.
- 6.6 Die in den Ansprüchen 1, 4 und 10 der vorliegenden Anmeldung vorgeschlagene Lösung kann aus folgenden Gründen nicht als erfinderisch angesehen werden: In D2 wird die umgesetzte Gasmischung direkt zu den Konvertern zurückgeführt. Es ist jedoch dem Fachmann offensichtlich, falls der Druck der umgesetzten Gasmischung in der Bypassleitung für die Konverter zu niedrig ist, die Bypassleitung über den Kreislaufverdichter (114) zu den Konvertern zu führen.