



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 109 154.4**

(22) Anmeldetag: **27.09.2012**

(43) Offenlegungstag: **27.03.2014**

(51) Int Cl.: **C01B 3/50 (2006.01)**

(71) Anmelder:

Mahnken & Partner GmbH, 27367, Ahausen, DE

(74) Vertreter:

Gramm, Lins & Partner GbR, 30173, Hannover, DE

(72) Erfinder:

Huber, Anna, 24966, Sörup, DE; Mahnken, Claus-Lüder, 27367, Ahausen, DE; Reck, Siegfried, Dr., 31582, Nienburg, DE; Roskamp, Sebastian, 21680, Stade, DE; Thiesen, Dieter, 24891, Struxdorf, DE; Lorenzen, Hinrich, 24966, Sörup, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

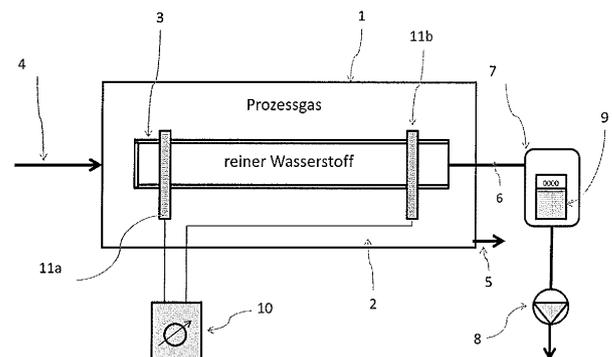
DE	199 20 517	C1
DE	100 11 104	B4
DE	102 22 568	B4
DE	100 40 539	A1
DE	10 2010 049 792	A1
US	4 468 235	A
US	4 810 485	A
WO	98/ 13 125	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Gewinnung von Wasserstoff und Vorrichtung hierfür**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft in einem ersten Aspekt ein Verfahren zur Gewinnung von hochreinem Wasserstoff aus einem Rohgas. Das Verfahren macht sich zu Nutze, dass ein semipermeables Material aus Metall oder Metalllegierung zum Beginn des Verfahrens erwärmt bzw. behandelt wird, bevorzugt wird ein elektrischer Strom durch das semipermeable Material zu Beginn des Verfahrens geleitet, um die Menge an durchtretendem Wasserstoff zu erhöhen. Weiterhin wird eine Vorrichtung zur Gewinnung von hochreinem Wasserstoff aus Rohgas bereitgestellt, diese Vorrichtung umfasst ein semipermeables Material, das im Innenraum in einem Druckgefäß zum äußeren Bereich des Druckgefäßes abgrenzt und dieses semipermeable Material durchlässig für Wasserstoff ist, wobei diese Vorrichtung derart ausgebildet ist, dass insbesondere durch elektrische Energie das semipermeable Material zumindest abschnittsweise erwärmbar bzw. behandelbar ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft in einem ersten Aspekt ein Verfahren zur Gewinnung von hochreinem Wasserstoff aus einem Rohgas. Das Verfahren macht sich zu Nutze, dass ein semipermeables Material aus Metall oder Metalllegierung zu Beginn des Verfahrens erwärmt bzw. behandelt wird, bevorzugt wird ein elektrischer Strom durch das semipermeable Material zu Beginn des Verfahrens geleitet, um die Menge an durchtretendem Wasserstoff zu erhöhen. Weiterhin wird eine Vorrichtung zur Gewinnung von hochreinem Wasserstoff aus Rohgas bereitgestellt, diese Vorrichtung umfasst ein semipermeables Material, das im Innenraum in einem Druckgefäß im Innenbereich zum äußeren Bereich des Druckgefäßes abgrenzt und dieses semipermeable Material durchlässig für Wasserstoff ist, wobei diese Vorrichtung derart ausgebildet ist, dass insbesondere durch elektrische Energie das semipermeable Material zumindest abschnittsweise erwärmbar bzw. handelbar ist.

Stand der Technik

[0002] Aufgereinigtes Wasserstoffgas findet in verschiedenen technischen Bereichen Anwendung. So kann z.B. aus Pyrolysegas aus z.B. nachwachsenden Rohstoffen Wasserstoff abgetrennt werden. Weitere Komponenten der Pyrolysegase sind Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Methan.

[0003] Zur Gewinnung von reinem oder zumindest größtenteils reinem Wasserstoff sind verschiedenste Vorrichtungen und Verfahren bekannt, bei denen der Wasserstoff mittels großem Druck und sehr niedriger Temperatur aus anderen Gasen bzw. Gasgemischen durch Verflüssigung abgeteilt werden kann. Dies ist allerdings extrem aufwändig und teuer. Außerdem kann mit diesen Vorrichtungen bzw. Verfahren kein hochreiner Wasserstoff erzeugt werden, da auch andere Gase bzw. Fremdstoffe in der dann flüssigen Wasserstoffphase verbleiben.

[0004] Weiterhin gibt es Vorschläge den Wasserstoff mit Hilfe von semipermeablem Material, wie semipermeablen Trennwänden, die wasserstoffdurchlässig sind, abzutrennen.

[0005] Verfahren, bei denen semipermeable Materialien eingesetzt werden, sind z.B. aus der DE 28 23 521 bekannt. Auch die DE 33 19 305 beschreibt entsprechende Verfahren zum Konzentrieren und Abtrennen von Wasserstoff aus einem Gasgemisch, in dem poröse Materialien eingesetzt werden. Als geeignete poröse Materialien werden z.B. Glas beschrieben. Weiterhin werden z.B. palladiumhaltige Materialien als geeignete Materialien genannt. Dabei wird z.B. im Bereich der palladiumhaltigen Materialien eine permanente Erhitzung der Ma-

terialien beschrieben. Aus der DE 600 20 772 T2 ist ein Verfahren zum Abtrennen von Wasserstoff aus einem wasserstoffhaltigen Gasgemisch mit Hilfe einer leitfähigen Membran aus einem Oxid des Perovskit-typs bekannt.

[0006] Die DE 10 2010 049 792 beschreibt ein Kleinkraftwerk, bei der eine Vorrichtung zur Abscheidung von hochreinem Wasserstoff aus einem Pyrolysegas vorhanden ist, diese Vorrichtung umfasst einen Innenraum umgebendes Gehäuse mit zumindest einer, im Gehäuse angeordneten, einen mit Pyrolysegas zumindest teilweise gefüllten Bereich abtrennenden semipermeablen Trennwand. Durch diese ist hochreiner Wasserstoff aus dem Pyrolysegas abscheidbar. Weiterhin schlägt dieses Dokument ein Verfahren zur Abscheidung hochreinen Wasserstoffs vor, dieses Verfahren erfolgt mittels einer semipermeablen Trennwand. Als geeignetes Material für die semipermeable Trennwand wird dabei ferritisches Eisen beispielsweise Roheisen vorgeschlagen. Insbesondere wird hier beschrieben, dass die semipermeable Trennwand z.B. in Form von Eisenrohren umgeben von einem elektrischen Leiter um z.B. ein Magnetfeld zu liefern, das die Diffusion von Wasserstoff fördern soll, vorliegt. Weiter ist es bevorzugt, dass Pyrolysegas im erwärmten Zustand von über 400°C zuzuführen.

[0007] Allerdings ist eine permanente Beaufschlagung der Trennwand mit Strom und das permanente Erwärmen des Pyrolysegases kostenintensiv. Aus der Theorie ist bekannt, dass die Diffusionskonstante des Eisens exponentiell mit der Temperatur zunimmt, so dass höhere Diffusionsraten für den Wasserstoff bei höheren Temperaturen erreicht werden.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, die es erlaubt, kostengünstig Wasserstoffgas aus z.B. Pyrolysegas oder anderen Primärgasen abzutrennen.

Beschreibung der Erfindung

[0009] Es wurde nun überraschend festgestellt, dass die Diffusion von Wasserstoff aus Primärgas durch ein semipermeables Material einfach verstärkt werden kann, indem für einen kurzen Zeitraum das semipermeable Material erwärmt bzw. behandelt wird und die Maßnahmen zum Erwärmen nach Beginn der Diffusion nicht mehr notwendig sind, die Diffusion des Wasserstoffs durch das semipermeable Material aber weiterläuft.

[0010] In einem ersten Aspekt richtet sich die vorliegende Erfindung daher auf ein Verfahren zur Gewinnung von hochreinem Wasserstoff aus einem Rohgas, wobei das Rohgas unter Druck in ein Druckgefäß geleitet wird und dieses Druckgefäß einen Innen-

bereich aufweist, der zum Innenraum des Druckgefäßes vollständig abgeschlossen ist, dieser Innenbereich ist zumindest teilweise, z.B. vollständig, mit einem semipermeablen Material zum Innenraum des Druckgefäßes abgegrenzt und der hochreine Wasserstoff wird über diese semipermeable Membran in den Innenbereich abgeschieden. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass das semipermeable Material ein Metall oder eine Metalllegierung ist und dieses semipermeable Material zumindest zu Beginn des Verfahrens erwärmt wird. Diese Erwärmung erfolgt für einen Zeitraum der ausreicht, die Menge an durchtretendem Wasserstoff durch dieses semipermeable Material zu erhöhen.

[0011] Überraschenderweise zeigte sich, dass durch ein zeitweises oder abschnittsweises Erwärmen bzw. Behandeln des semipermeablen Materials die Diffusion des Wasserstoffes durch dieses semipermeable Material erhöht wird und nach Beenden einer Energiezufuhr zum Erwärmen des Materials, die Diffusion des Wasserstoffs durch das semipermeable Material in erhöhter Menge erfolgt. Dadurch ist es erfindungsgemäß möglich, die Abscheidung des Wasserstoffs ökonomisch durchzuführen, nämlich ohne permanente Zufuhr von Energie, um das semipermeable Material, oder auch dem Rohgas permanent zu erwärmen.

[0012] Vorliegend wird unter „Erwärmen des Materials“ verstanden, dass dem semipermeablen Material Energie in Form von elektrischer Energie und/oder Wärmeenergie zugeführt wird. Das „Erwärmen“ oder „Behandeln“ des Materials kann also durch verschiedene Maßnahmen, bevorzugt durch elektrische Energie erfolgen. Die „Erwärmung“ oder „Behandlung“ führt zu einer Erhöhung der Durchlässigkeit des Materials für Wasserstoff.

[0013] Vorliegend wird unter dem Ausdruck „semipermeables Material“ verstanden, dass dieses Material geeignet ist, Wasserstoff abzuscheiden, während andere Gase nicht durch dieses Material durchtreten können.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem semipermeablen Material um eines, das ferritisches Eisen und/oder Roheisen und/oder Reineisen umfasst, bevorzugt aus ferritischem Eisen und/oder Roheisen und/oder Reineisen besteht. Bevorzugt findet dabei Reineisen Verwendung, wobei dieses einen Eisenanteil von vorzugsweise mehr als 99,8 % hat. Ein hoher Eisengehalt ist vorteilhaft für den Wasserstoffdurchtritt durch das semipermeable Material unter Rückhaltung anderen im Primärgas bzw. Rohgas vorhandenen Gasen.

[0015] Dabei wird davon ausgegangen, dass an der äußeren Oberfläche des Eisenrohres der molekulare Wasserstoff zu atomarem Wasserstoff dissoziiert.

Dieser atomare Wasserstoff wird zunächst adsorbiert. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Proton vom Elektron abgetrennt wird und das Proton entsprechend durch das Eisen difundieren kann, um dann auf der inneren Oberflächen des Eisenrohres wieder zu atomarem Wasserstoff und dann zum molekularen Wasserstoff zu assoziieren.

[0016] Überraschenderweise konnte der Durchsatz des Wasserstoffs durch ein kurzzeitiges Erwärmen bzw. Behandeln des semipermeablen Materials, z.B. in Form eines Rohrs, z.B. durch Anlegen von elektrischer Energie, erhöht und auf einem hohen Niveau aufrechterhalten bleiben ohne weitere Energiezufuhr zu benötigen. Hierdurch kann der Energieaufwand zum Temperieren des Rohres maßgeblich verringert werden, was die Kosten bei der Gewinnung von hochreinem Wasserstoff deutlich verringert.

[0017] Vorliegend wird unter dem Ausdruck „kurzzeitig“ verstanden, dass ein Erwärmen oder Behandeln für einen Zeitraum erfolgt, der die Durchlässigkeit des semipermeablen Materials für Wasserstoff erhöht. Anschließend wird das Erwärmen oder Behandeln beendet. Das kurzzeitige Erwärmen bzw. Behandeln erfolgt am Anfang des Prozesses und wird gegebenenfalls, wenn z.B. die Diffusionsrate sich verringert, wiederholt.

[0018] Es ist daher insbesondere bevorzugt, dass das semipermeable Material nur zu Beginn des Verfahrens erwärmt wird für einen Zeitraum, ausreichend die Menge an durchtretendem Wasserstoff zu erhöhen.

[0019] Ein solches Erwärmen findet zumindest abschnittsweise statt. Diese abschnittsweise Erwärmung kann durch Heizen über die Zufuhr von Wärme erfolgen. Bevorzugt findet aber ein zumindest abschnittsweises Erwärmen der semipermeablen Membran mit Hilfe von elektrischer Energie statt. Es ist daher bevorzugt, dass das semipermeable Material mit Hilfe von Strom, insbesondere elektrischem Wechselstrom, erwärmt wird. Dabei wird der elektrische Strom bevorzugt in Längsrichtung angelegt.

[0020] Als Strom kann ein üblicher Wechselstrom mit einer Frequenz von 50 Htz eingesetzt werden, alternativ kann aber auch ein Gleichstrom, z.B. ein pulsierender Gleichstrom, verwendet werden. Der Durchsatz von Wasserstoff durch das semipermeable Material steigt, sobald Strom an dieses angelegt wird.

[0021] Es zeigte sich hierbei, dass der Wasserstoffdurchsatz exponentiell abhängig ist von der angelegten Stromstärke.

[0022] Im Gegensatz zu der bisherigen Annahme, dass ein ständiges Erwärmen bzw. Beheizen des se-

mipermeablen Materials notwendig ist und weiterhin der Annahme, dass ein Erwärmen des Rohgases auf Temperatur oberhalb von 400°C notwendig ist, konnte vorliegend festgestellt werden, dass ein initiales Erwärmen ausreichend ist, die Diffusion des Wasserstoffs durch das semipermeable Material zu erhöhen. Die Diffusionsrate bleibt dann auf einem hohen Niveau ohne dass eine weitere Zufuhr von Energie, sei es als Wärme oder als elektrische Energie, notwendig ist. Das semipermeable Material, wie das Metall, kann dabei vor Beginn des Verfahrens einem Glühen unterworfen werden. Dieses Glühen kann durch Wärme oder Spannung erreicht werden.

[0023] Es ist bevorzugt, dass das Erwärmen ein Weichglühen des Metalls oder der Metalllegierung ist, bevorzugt ein zumindest kurzzeitiges Erwärmen auf eine Temperatur von 400°C bis 800°C. Bevorzugt wird das Erwärmen durch elektrische Energie z.B. durch Anlegen von elektrischem Wechselstrom erreicht. Es ist dabei insbesondere bevorzugt, dass eine hohe Stromstärke angelegt wird, da sich vorliegend gezeigt hat, dass der Wasserstoffdurchsatz exponentiell abhängig ist von der angelegten Stromstärke.

[0024] Weiterhin zeigte sich, dass durch anfängliches Anlegen des elektrischen Stroms der Durchsatz des Wasserstoffs durch das semipermeable Material deutlich erhöht werden kann im Vergleich zu einer reinen Temperaturerhöhung z.B. durch Zufuhr von Wärmeenergie.

[0025] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird das Rohgas unter Druck in das Druckgefäß geleitet, während im Inneren des Innenbereichs, in dem der Wasserstoff abgeschieden wird, dieser abgeschiedene Wasserstoff durch Unterdruck abgeleitet wird.

[0026] Das in das Druckgefäß eingebrachte Rohgas kann eines sein, das mit erhöhter Temperatur eingeleitet wird, es aber bevorzugt, dass das Rohgas mit einer Temperatur von kleiner 400°C, wie kleiner 300°C, insbesondere kleiner 200°C, wie kleiner 100°C, insbesondere mit Raumtemperatur in das Druckgefäß eingeleitet wird. Das heißt, es ist erfindungsgemäß nicht notwendig, dass das Rohgas vorab erhitzt wird, um gegebenenfalls auch das semipermeable Material zu erwärmen. Im Gegenteil, es ist in einer Ausführungsform bevorzugt, dass das Rohgas nicht erwärmt zugeführt wird.

[0027] In einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Gewinnung von hochreinem Wasserstoff aus Rohgas mit einem Druckgefäß und Zu- und Ableitungen für das Rohgas bzw. dem Wasserstoff abgereicherten Rohgas, einem im Innenraum des Druckgefäßes angeordneten Innenbereich, der vollständig gegenüber dem In-

nenraum des Druckgefäßes abgeschlossen ist und dieser Innenbereich zumindest teilweise mit einem semipermeablen Material zum Innenraum des Druckgefäßes abgegrenzt ist, wobei dieses semipermeable Material durchlässig ist für Wasserstoff, zur Abscheidung von hochreinem Wasserstoff aus dem Rohgas, dadurch gekennzeichnet, dass das semipermeable Material, insbesondere durch elektrische Energie, zumindest abschnittsweise erwärmbar bzw. behandelbar ist und die Vorrichtung derart eingerichtet ist, dass die Erwärmung bzw. Behandlung, kurzzeitig zumindest zu Beginn des Prozesses erfolgt.

[0028] Die Vorrichtung ist insbesondere eine, bei der das semipermeable Material eines ist enthaltend ferritisches Eisen und/oder Roheisen und/oder Reineisen, insbesondere aus diesen Materialien besteht.

[0029] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann entsprechende Mittel zur Erzeugung von Über- und Unterdruck beinhalten.

[0030] Bevorzugt ist das semipermeable Material als Rohr gefertigt, bevorzugt können dabei innerhalb des Druckgefäßes mehrere, vorzugsweise gleiche Rohre mit dem semipermeablen Material vorliegen. Dadurch ist es möglich, die erfindungsgemäße Vorrichtung durchaus kompakt auszubilden. Eine entsprechende Ausbildung des semipermeablen Materials als Rohre erlaubt eine Vergrößerung der Oberfläche, so dass mehr Wasserstoff abgeschieden werden kann. Innerhalb oder außerhalb des Druckgefäßes können entsprechende Verteiler zur Verteilung des Rohgases bzw. Zusammenführung des abgereicherten Rohgases oder des abgeschiedenen Wasserstoffs angeordnet sein. Bevorzugt sind solche Verteiler bzw. entsprechende Ventilanordnungen innerhalb des Druckgefäßes angeordnet, damit nur jeweils ein Zulass und Auslass vorhanden sind.

[0031] Es ist möglich, dass die z.B. in Form von Rohren vorliegende semipermeable Material unterschiedliche Wandstärken verschiedenen Abschnitten aufweisen kann. Dadurch kann ggf. eine Diffusion des Wasserstoffs durch das semipermeable Material gesteigert werden.

[0032] An das semipermeable Material sind entsprechend elektrische Kontakte angeordnet, die mit einer Stromquelle verbunden sind. Mit Hilfe dieser elektrischen Kontakte kann elektrische Energie auf das semipermeable Material beaufschlagt werden, um dieses zumindest zu Beginn zu erwärmen. Z.B. kann eine entsprechende Beaufschlagung durch elektrischen Wechselstrom oder Gleichstrom erfolgen. Die Beaufschlagung des elektrischen Stromes erfolgt dabei in Längsrichtung des z.B. in Form eines Rohrs ausgebildeten semipermeablen Materials.

[0033] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann weiterhin einen entsprechenden Auslass für den Wasserstoff und gegebenenfalls ein Gefäß zum Sammeln hiervon aufweisen.

[0034] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann darüber hinaus mit üblichen Einrichtungen, z.B. Gaswäscher etc., ausgeführt sein, um das Rohgas aufzubereiten bzw. den abgeschiedenen Wasserstoff weiter zu prozessieren.

[0035] Zum Aufbau des Überdrucks für das Rohgas – auch als Prozessgas bezeichnet – kann ein Kompressor oder Pumpe vorgesehen sein. Zum Abziehen des abgeschiedenen reinen Wasserstoffs kann entsprechend zum Erhalt eines Unterdrucks eine Vakuumpumpe vorgesehen sein.

[0036] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann schließlich auch Steuer-, Regel- und Messeinheiten mit entsprechenden Sensoren umfassen. Die Messeinheiten bestimmen dabei die Menge an abgeschiedenem Wasserstoff bzw. den Anteil an Wasserstoff im Rohgas und abgereicherten Rohgas sowie weitere Verfahrensparameter, wie Temperatur, etc. Die Steuer- und Regeleinheiten regeln die entsprechenden Drücke zum Zuführen und Abführen der verschiedenen Gase. Weiterhin erlauben die Steuer- und Regeleinheiten die Steuerung der angelegten Energie, z.B. der Wärmeenergie bzw. elektrischen Energie zur Erwärmung des semipermeablen Materials.

[0037] Des Weiteren kann das semipermeable Material magnetisch angeregt werden, z.B. durch ein magnetisches Wechselfeld. Dem Fachmann sind geeignete Mittel zum Anlegen des Magnetfeldes bekannt.

[0038] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigen die Figuren folgendes:

[0039] Fig. 1: Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0040] Fig. 2: Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch ein Druckgefäß, worin zwei Rohrspiralen mit semipermeablem Material angeordnet sind.

[0041] Fig. 3: Fig. 3 zeigt die Konzentration an H₂ in Abhängigkeit von der Zeit.

[0042] Fig. 4: Fig. 4 zeigt den Einfluss der Stromstärke auf die H₂-Anreicherung.

Zu den Figuren im Einzelnen:

[0043] Die Fig. 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Aufreinigen von hochreinem Wasserstoff. Dabei ist in dem Druckgefäß 1

mit dem Innenraum 2 ein abgeschlossener Innenbereich 3 mit einem semipermeablen Material im Innenraum 2 angeordnet. Dieser Innenbereich 3 ist dabei über elektrische Kontakte 11a und 11b mit einer Stromquelle 10 verbunden. Weiterhin ist dieser Innenbereich über den Auslass 6 für den abgeschiedenen Wasserstoff mit einem Unterdruckgefäß 7 verbunden. Mit Hilfe einer Vakuumpumpe 8 wird im Unterdruckgefäß 7 ein Unterdruck zum Abziehen des abgeschiedenen Wasserstoffs erzeugt in oder an dem Druckgefäß oder in anderen Bereichen des Systems zum Abführen des abgeschiedenen Wasserstoffs kann ein Sensor für die Bestimmung der Konzentration an Wasserstoff 9 angeordnet sein, um die Menge an abgeschiedenem Wasserstoff zu bestimmen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann ebenfalls weitere Sensoren in Form von Temperaturfühler etc. aufweisen, um die entsprechenden Prozessparameter während des Prozesses zu bestimmen. Die entsprechenden Prozessparameter, die über die Sensoren aufgenommen werden, werden zur weiteren Bearbeitung an die Steuer- und Regeleinheiten (nicht dargestellt) weitergeleitet. Über diese Steuer- und Regeleinheiten können dann über entsprechende Einrichtungen der Druck des Rohgases bzw. abgereicherten Rohgases bzw. des abgeschiedenen Wasserstoffs geregelt werden, genauso wie die anzulegende Energie z.B. der entsprechende elektrische Strom, um den Prozess zu steuern.

[0044] Abgereichertes Rohgas wird über den Auslass 5 aus dem Druckgefäß 1 geführt.

[0045] In der Fig. 2 ist ein Querschnitt eines Druckbehälters einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. In dem Druckgefäß 1 wird Rohgas über die Zuleitung 4 zugeführt. Dargestellt sind eine äußere Rohrspirale 3a und eine innere Rohrspirale 3b, die den Innenbereich mit semipermeablem Material darstellen. Über die elektrischen Kontakte 11a und 11b kann entsprechend über geeignete Mittel zur elektrischen Energie eine Erwärmung stattfinden.

[0046] Das erhaltene abgeschiedene Wasserstoffgas wird über die Ableitung 6 mittels Unterdruck abgezogen.

[0047] In der Fig. 3 ist die Wasserstoffkonzentration in Abhängigkeit von der Zeit und der Energiezufuhr dargestellt.

[0048] Wie aus der Messung deutlich wird, wird durch Anlegen eines elektrischen Stroms die Durchlässigkeit der semipermeablen Membran schnell und deutlich erhöht, die Konzentration an H₂ nimmt deutlich zu. Im Vergleich dazu steigt die Konzentration an H₂ ohne Energiezufuhr nur langsam an. Auch nach dem Stopp der Energiezufuhr nach ca. 300 Sekunden ist die Konzentration an H₂ im abgeschiedenen Gas deutlich erhöht.

[0049] In der **Fig. 4** wird der Einfluss der Stromstärke bei Anlegen einer elektrischen Energie dargestellt. Wie zu erkennen ist, ist der Durchsatz an Wasserstoff exponentiell proportional zu der angelegten Stromstärke.

Bezugszeichenliste

1	Druckgefäß
2	Innenraum
3, 3a, 3b	Innenbereich mit semipermeablem Material
4	Rohgaszufuhr
5	Rohgasauslass
6	Wasserstoffauslass
7	Unterdruckgefäß
8	Vakuumpumpe
9	H ₂ -Messsensor
10	Stromquelle
11a/11b	elektrische Kontakte

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 2823521 [0005]
- DE 3319305 [0005]
- DE 60020772 T2 [0005]
- DE 102010049792 [0006]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung von hochreinem Wasserstoff aus einem Rohgas, wobei das Rohgas unter Druck in ein Druckgefäß (1) geleitet wird und dieses Druckgefäß (1) einen Innenbereich (3) aufweist, der zum Innenraum (2) des Druckgefäßes (1) vollständig abgeschlossen ist, dieser Innenbereich (3) ist zumindest teilweise mit einem semipermeablen Material zum Innenraum (2) des Druckgefäßes (1) abgegrenzt und wobei der hochreine Wasserstoff über dieses semipermeable Material in den Innenbereich (3) abgeschieden wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das semipermeable Material ein Metall oder eine Metalllegierung ist und dieses semipermeable Material zumindest zu Beginn des Verfahrens erwärmt wird, für einen Zeitraum ausreichend die Menge an durchtretenden Wasserstoff zu erhöhen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das semipermeable Material eines ist, das ferritisches Eisen und/oder Roheisen und oder Reineisen umfasst, bevorzugt aus ferritischem Eisen und/oder Roheisen und/oder Reineisen besteht.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das semipermeable Material nur zu Beginn des Verfahrens erwärmt wird für einen Zeitraum, ausreichend die Menge an durchtretenden Wasserstoffgas zu erhöhen.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abgrenzung des Innenbereichs mit dem zumindest teilweise semipermeablen Material zumindest abschnittsweise heizbar ist.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Erwärmen ein Weichglühen des Metalls oder der Metalllegierung ist, bevorzugt ein zumindest kurzzeitig Erwärmen auf eine Temperatur von 400° C bis 800° C.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das semipermeable Material mit Hilfe von Strom, insbesondere elektrischen Wechselstrom erwärmt wird.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zu Beginn des Verfahrens Strom in Längsrichtung durch das semipermeable Material geleitet wird.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wasserstoff, das sich im Inneren des Innenbereichs abscheidet, durch Unterdruck abgeleitet wird.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rohgas

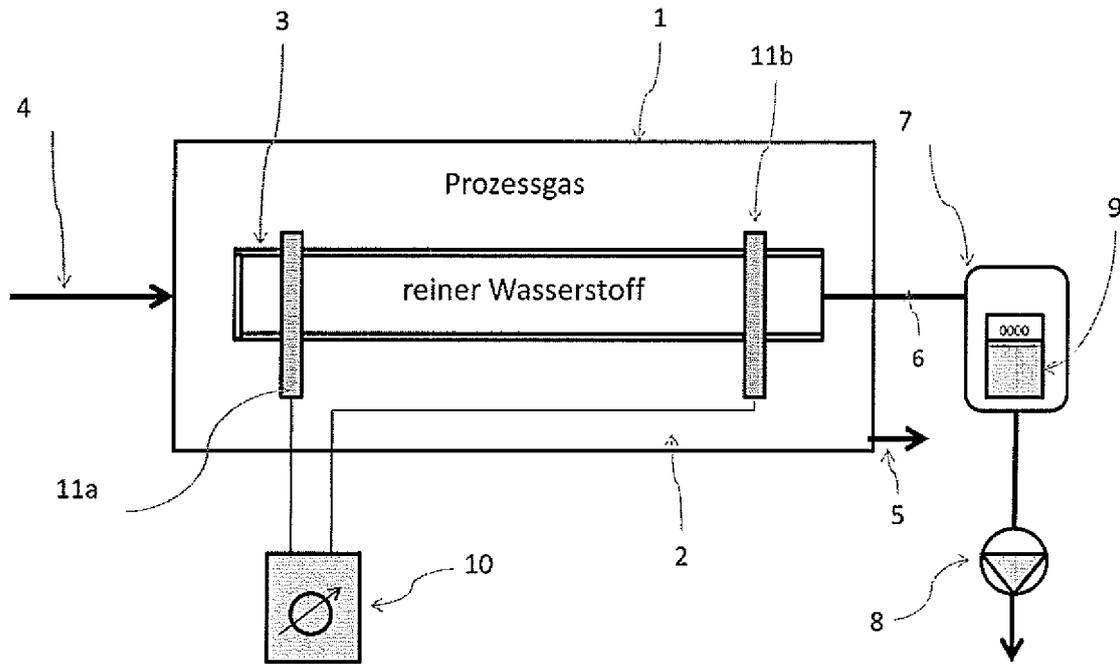
mit einer Temperatur von kleiner 400° C, wie kleiner 300° C, insbesondere kleiner 200° C, wie mit Raumtemperatur in das Druckgefäß eingeleitet wird.

10. Vorrichtung zur Gewinnung von hochreinem Wasserstoff aus Rohgas mit einem Druckgefäß (1) und Zu- und Ableitungen (4, 5, 6) für das Rohgas bzw. dem Wasserstoff abgereicherten Rohgas, einem im Innenraum (2) des Druckgefäßes (1) angeordneten Innenbereich, der vollständig gegenüber dem Innenraum (2) des Druckgefäßes (1) abgeschlossen ist und dieser Innenbereich (3) zumindest teilweise mit einem semipermeablen Material zum Innenraum (2) des Druckgefäßes abgegrenzt ist, wobei dieses semipermeable Material durchlässig ist für Wasserstoff, zur Abscheidung von hochreinem Wasserstoff aus dem Rohgas, **dadurch gekennzeichnet**, dass das semipermeable Material, insbesondere durch elektrische Energie, zumindest abschnittsweise beheizbar ist, insbesondere eingerichtet zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

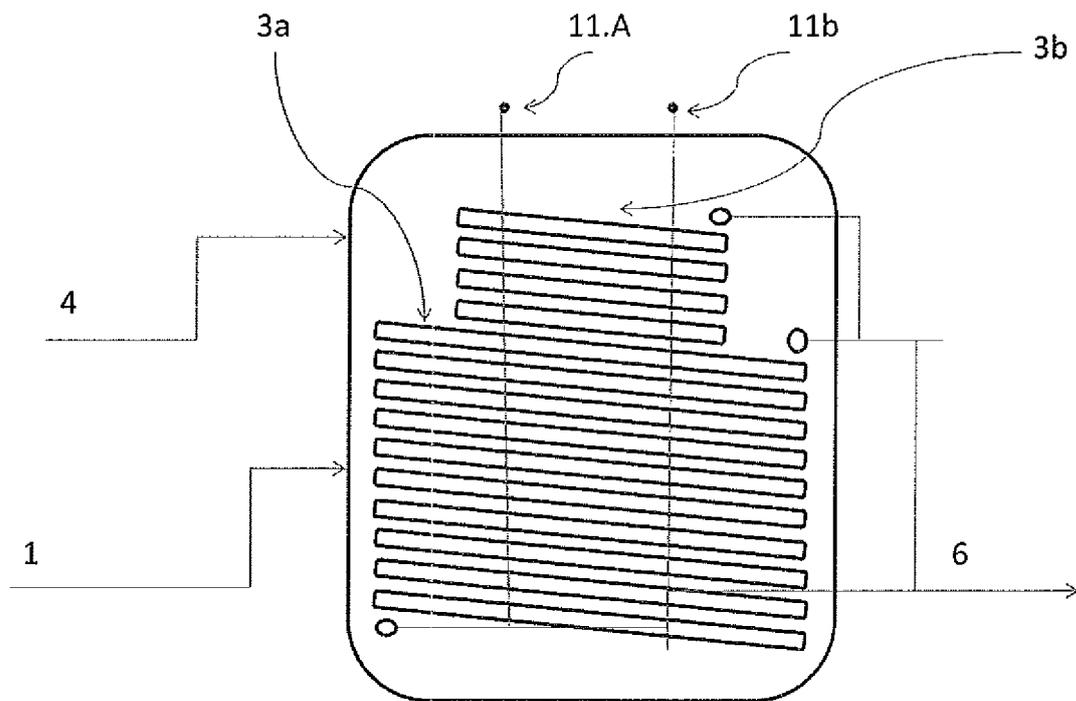
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das semipermeable Material eins ist enthaltend ferritisches Eisen und/oder Roheisen und/oder Reineisen, insbesondere aus diesen besteht.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

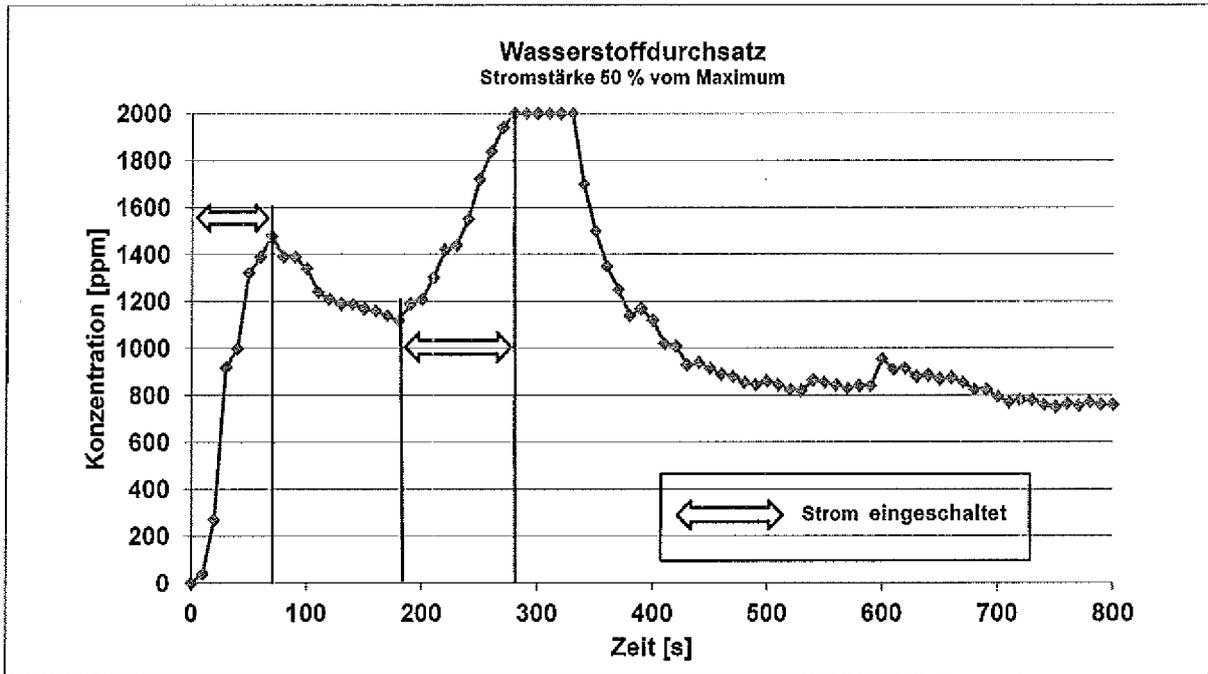
Anhängende Zeichnungen



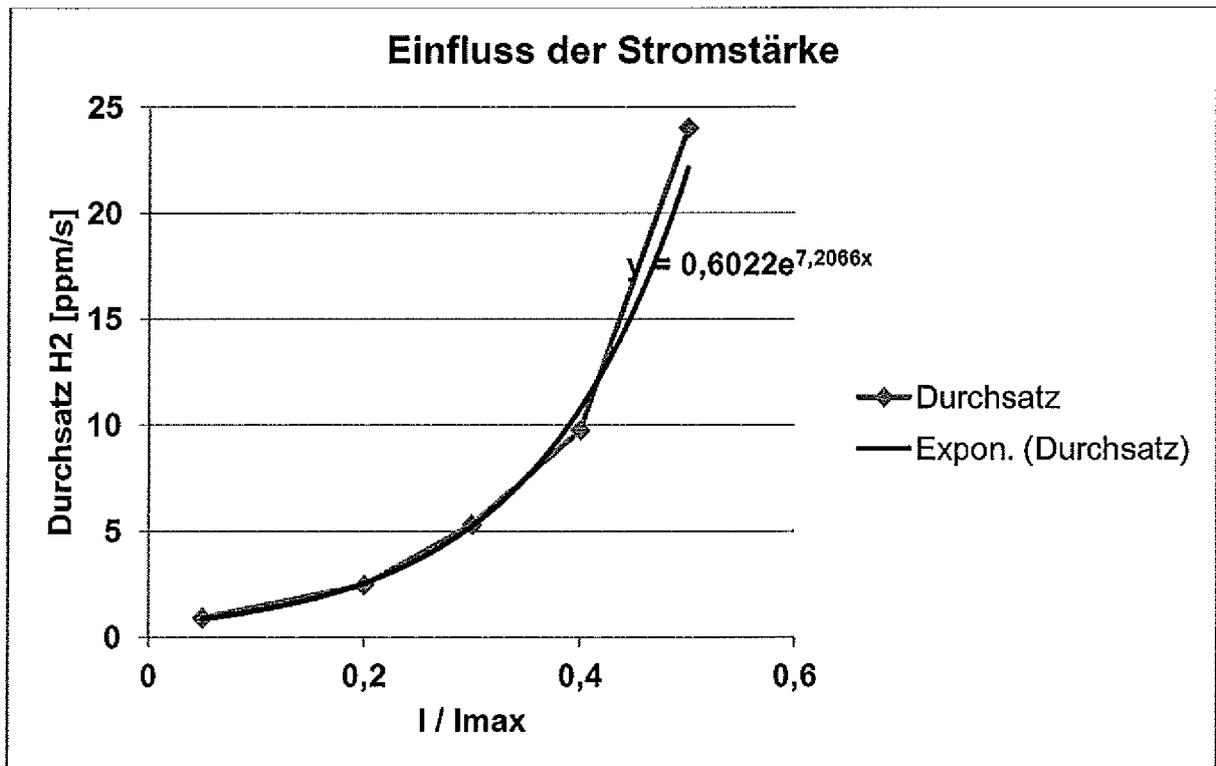
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4