



GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Material umgewandelt wird. Zumindest ein Teil dieses vorreduzierten Materials, bevorzugt das ganze vorreduzierte Material, wird aus dem Reduktionsschacht in einen Einschmelzvergaser eingebracht, in welchem es mittels eines unter einem Druck p_2 stehenden Reduktionsgases fertigreduziert wird. Dabei wird ein Topgas mit einem Druck p_3 aus dem Raum oberhalb des Festbettes aus dem Reduktionsschacht ausgeleitet, und aus dem Festbett wird zumindest ein Staubausblasgas mit einem Druck p_4 aus dem Reduktionsschacht ausgeleitet. Dabei gilt die Beziehung $p_1 > p_4$ und $p_1 > p_3$, bevorzugt auch $p_4 > p_3$. Weiters betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

Beschreibung

Bezeichnung der Erfindung

5 Verfahren und Vorrichtung zur Roheisenerzeugung

Gebiet der Technik

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduktion von
eisenoxidhaltigem Material, wobei das eisenoxidhaltige
Material in einem Reduktionsschacht ein Festbett ausbildet,
und es in dem Reduktionsschacht mittels zumindest eines mit
einem Druck p_1 in das Festbett eingebrachten
Vorreduktionsgases das eisenoxidhaltige Material in
15 vorreduziertes Material umgewandelt wird,
und zumindest ein Teil dieses vorreduzierten Materials,
bevorzugt das ganze vorreduzierte Material, aus dem
Reduktionsschacht in einen Einschmelzvergaser eingebracht
wird, in welchem es mittels eines unter einem Druck p_2
20 stehenden Reduktionsgases fertigreduziert wird.
Weiters betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur
Durchführung eines solchen Verfahrens.

Stand der Technik

25 Es existieren Verfahren zur Reduktion von eisenoxidhaltigem
Material, bei denen ein Festbett mit eisenoxidhaltigem
Material in einem Reduktionsschacht einem Vorreduktionsgas
ausgesetzt, von diesem durchströmt, und dabei in
30 vorreduziertes Material umgewandelt wird. Das vorreduzierte
Material wird dann in einen Einschmelzvergaser eingebracht,
in der ein Reduktionsgas weitergehende Reduktion bewirkt.
Nach dem Durchströmen des Festbettes wird das verbrauchte
Vorreduktionsgas als Topgas aus dem Raum oberhalb des
35 Festbettes aus dem Reduktionsschacht ausgeleitet. Ein solches
Verfahren ist beispielsweise das COREX®-Verfahren.

Ein Problem ergibt sich bei solchen Verfahren dadurch, dass in den Reduktionsschacht staubförmiges Material – wobei unter staubförmigem Material, kurz auch Staub genannt, Partikel mit einem Partikeldurchmesser von bis zu etwa 500 µm zu verstehen
5 sind – eingetragen wird beziehungsweise im Reduktionsschacht entsteht. Eintragung kann beispielsweise mit dem Vorreduktionsgas, mit dem eisenoxidhaltigen Material, oder mit der für die Vorreduktions- und Reduktionsreaktionen ebenfalls notwendigen Moellerzugabe in den Reduktionsschacht
10 erfolgen. Entstehen kann staubförmiges Material im Reduktionsschacht beispielweise durch Abrieb und Zerfallsprozesse infolge von Phasenumwandlungen.

Ein Teil des Staubes wird durch die Strömung des
15 Vorreduktionsgases aus dem Festbett herausgerissen und mit dem Topgas aus dem Reduktionsschacht ausgeleitet. Ein anderer Teil des Staubes wird durch die Strömung des Vorreduktionsgases in bestimmten Bereichen des Festbettes aus eisenoxidhaltigem Material und vorreduziertem Material
20 abgelagert. Solche Staubablagerungen behindern Gasströmungen, so dass es zur Bildung von gut durchgasten, weniger gut durchgasten und praktisch nicht durchgasten Zonen im Festbett kommt. Je schlechter eine Zone von Vorreduktionsgas durchgast ist, desto weniger gut können Reduktionsprozesse in ihr
25 ablaufen. Entsprechend beeinflusst der Staub die Produktivität des Reduktionsschachtes beziehungsweise den Reduktionsgrad des vorreduzierten Materials, der als Verhältnis des durch Reduktion entfernten Sauerstoffs zum durch Reduktion entfernbaren Sauerstoff in dem zu
30 reduzierenden Material definiert ist.

Speziell im unteren Teil – das heißt unterhalb der Bustle, durch die Vorreduktionsgas in den Reduktionsschacht eingebracht wird – eines COREX®-Reduktionsschachtes kommt es
35 zu besonders ausgeprägten Staubablagerungen, weil zum einen über Fallrohre – die zur Einbringung von vorreduziertem Material in den Einschmelzvergaser dienen – Staub aus dem Einschmelzvergaser durch in Richtung des Reduktionsschachtes

fließende Gasströme in den Reduktionsschacht eingetragen wird, und zum anderen die über die Fallrohre in Richtung Reduktionsschacht fließenden Gaströme Stäube daran hindern, den Reduktionsschacht über die Fallrohre in Richtung
5 Einschmelzvergaser zu verlassen. Die sich im unteren Teil ablagernden Stäube neigen zur Agglomeration. Speziell die durch die Fallrohre eingebrachten Stäube weisen aufgrund ihrer Gehalte an Alkalien bzw. niederschmelzenden Alkalienhaltigen Schlackenphasen eine große Agglomerationsneigung
10 auf. Die über die Möllerzugabe in den Reduktionsschacht eingebrachten Stäube sowie die durch Abrieb und/oder Zerfall im Reduktionsschacht entstehenden Stäube neigen - bedingt durch die unter den vorherrschenden Reduktionsbedingungen begünstigte Bildung feinsten Kristalle von metallischem Eisen
15 und/oder Wüstit und deren Verfilzung - insbesondere in wenig bewegten Ablagerungszonen ebenfalls zur Ausbildung von Agglomeraten. Bei Agglomeration von sich in Lücken des Festbettes befindenden Stäuben resultiert eine Verfestigung des Festbettes mit Ausbildung von Materialbrücken. Es können
20 verfestigte Bereiche entstehen, die ein Nachrutschen von Material zu den Vorrichtungen, die vorreduziertes Material aus dem Reduktionsschacht austragen, verhindern. Das behindert einen regulären Betrieb des Reduktionsschachtes, der zur Herstellung regulärer Betriebsverhältnisse abgestellt
25 und bergmännisch geräumt werden muss. Eine solche Räumungsarbeit bedeutet sinkende Produktivität.

30 **Zusammenfassung der Erfindung**

Technische Aufgabe

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Bildung von Staubablagerungen im Reduktionsschacht zu vermindern oder
35 zu vermeiden, und dadurch Agglomerationsprobleme zu vermindern oder zu vermeiden.

Technische Lösung

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein
Verfahren zur Reduktion von eisenoxidhaltigem Material, wobei
das eisenoxidhaltige Material in einem Reduktionsschacht ein
5 Festbett ausbildet, und in dem Reduktionsschacht mittels
zumindest eines mit einem Druck p_1 in das Festbett
eingebrachten Vorreduktionsgases das eisenoxidhaltige
Material in vorreduziertes Material umgewandelt wird,
und zumindest ein Teil dieses vorreduzierten Materials,
10 bevorzugt das gesamte vorreduzierte Material, aus dem
Reduktionsschacht in einen Einschmelzvergaser eingebracht
wird, in welchem es mittels eines unter einem Druck p_2
stehenden Reduktionsgases fertigreduziert wird,
und wobei ein Topgas mit einem Druck p_3 aus dem Raum oberhalb
15 des Festbettes aus dem Reduktionsschacht ausgeleitet wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
aus dem Festbett zumindest ein Staubausschlaggas mit einem
Druck p_4 aus dem Reduktionsschacht ausgeleitet wird, und die
Beziehung $p_1 > p_4$ und $p_1 > p_3$, bevorzugt auch $p_4 > p_3$, gilt.

20 Unter „vorreduzieren“ ist dabei zu verstehen ein
Reduktionsgrad von größer 70 %, bevorzugt größer 80 %,
besonders bevorzugt bis zu 90 % oder größer, ganz besonders
bevorzugt bis zu 95%, wobei mit diesen Formulierungen 90% und
25 95% mit umfasst sind. Unter „fertigreduzieren“ ist dabei zu
verstehen ein Reduktionsgrad von mehr als 95%, bevorzugt 98 %
oder höher, besonders bevorzugt 99% oder höher.
Grundsätzlich ist der Reduktionsgrad nach dem „Vorreduzieren“
immer kleiner als nach dem „Fertigreduzieren“, wobei also
30 zwei Reduktionsschritte vorliegen.

Unter Topgas ist das nach dem Durchströmen des Festbettes
verbrauchte Vorreduktionsgas zu verstehen, das aus dem Raum
oberhalb des Festbettes aus dem Reduktionsschacht ausgeleitet
35 wird.

Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird Staub nicht nur mittels des Topgases aus dem Reduktionsschacht

5 hinausbefördert, sondern auch mittels eines aus dem Festbett ausgeleiteten Staubaussblasgases. Damit wird die sich im Festbett ablagernde und Agglomeration verursachende Menge Staub vermindert.

Durch Einstellung des Verhältnisses der Drücke p_3 und p_4 kann
10 das Verhältnis der als Topgas und als Staubaussblasgas abgezogenen Gasmengen eingestellt werden.

Der Abzug des Staubaussblasgases kann durch speziell dafür vorliegende Vorrichtungen, unabhängig vom Fluss des
15 vorreduzierten Materials in Richtung des Einschmelzvergasers erfolgen.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird
20

zumindest ein Teil des zumindest einen Staubaussblasgases

zumindest während eines Teiles
des

25 vom vorreduzierten Material
beim Einbringen in den Einschmelzvergaser
zwischen Reduktionsschacht und Einschmelzvergaser
zurückzulegenden
Weges

30 gemeinsam mit diesem vorreduzierten Material in Richtung des Einschmelzvergasers geleitet.

Wenn Staubaussblasgas gemeinsam mit dem vorreduzierten Material in Richtung des Einschmelzvergasers geleitet wird,
35 wird der Staub zusammen mit dem vorreduzierten Material mittelbar oder unmittelbar in den Einschmelzvergaser befördert, wo er zumindest teilweise zu den Endprodukten Roheisen und Schlacke verarbeitet wird. Anderweitig

ausgeblasener Staub müsste mittels einer besonderen Vorrichtung wieder dem Einschmelzvergaser zugeführt oder anderweitig verwendet werden.

- 5 Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens gilt die Beziehung $p_4 > p_2$. Besonders dann, wenn Staubausschlaggas gemeinsam mit vorreduziertem Material in Richtung des Einschmelzvergasers geleitet wird, wird dadurch die Einbringung von Staub aus dem Einschmelzvergaser in den
10 Reduktionsschacht durch unter p_2 stehendes Reduktionsgas vermieden.

- Nach einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Anspruch 2 gilt die Beziehung $p_2 > p_4$, und das
15 vorreduzierte Material wird in einer oder mehreren Stufen unter einen Gas-Zwischendruck p_Z gebracht bevor oder während das vorreduzierte Material in den Einschmelzvergaser eingebracht wird, wobei gilt $p_Z \geq p_2$.
Normalerweise ist beim Einbringen des vorreduzierten
20 Materials in den Einschmelzvergaser $p_Z = p_2$. Wenn dabei zusätzlich ein Spülgas verwendet wird, ist p_Z wenige mbar höher als p_2 .

- Beispielsweise wird dabei im Laufe des Verfahrens der Gas-
25 Zwischendruck p_Z von $p_Z \leq p_4$ auf $p_Z \geq p_2$ erhöht.
Dadurch wird es möglich, Einbringung von Staub aus dem Einschmelzvergaser in den Reduktionsschacht durch unter p_2 stehendes Reduktionsgas zu vermeiden, wenn $p_2 > p_4$ ist. Das
deshalb, weil eine Strömung des Reduktionsgases durch die
30 Fallrohre in Richtung Reduktionsschacht unterbunden wird.

- Dabei wird vorteilhafterweise dasjenige vorreduzierte Material aus dem Reduktionsschacht, das in den
Einschmelzvergaser eingebracht wird, vor dem Einbringen in
35 den Einschmelzvergaser in einem Zwischenbehälter zwischengespeichert, wobei in dem Zwischenbehälter zwischen dem oberen Ende des bei der Zwischenspeicherung gebildeten Materialpolsters – das heißt die dem zuströmenden

vorreduzierten Material zugekehrte Seite des Materialpolsters
- und dem unteren Ende dieses Materialpolsters - das heißt
dem Ende des Materialpolsters, von dem aus vorreduziertes
Material in Richtung des Einschmelzvergasers 4 abgezogen wird
5 - eine Druckdifferenz von Δp_{ZW} herrscht. Aus dem
Zwischenbehälter wird ein Staubaustragsgas abgezogen, welches
einen Staubaustragsgas-Druck p_5 aufweist, wobei gilt $p_5 < p_4$
und $p_5 < p_2$.

Für Δp_{ZW} gilt Δp_{ZW} kleiner/gleich $(p_2 - p_5)$,

10 also $\Delta p_{ZW} \leq (p_2 - p_5)$.

Δp_{ZW} sorgt dafür, dass keine Kurzschlussströmung zwischen der
das Staubaustragsgas abführenden Staubaustragsgasableitung
und dem Einschmelzvergaser auftritt, die eine Lieferung von
Reduktionsgas in den Reduktionsreaktor über die

15 Vorreduktionsgaszufuhrleitung 2 vermindern oder unterbinden
würde.

Wenn staubbeladenes Gas, das aus dem Einschmelzvergaser durch
den Zwischenbehälter in Richtung Reduktionsreaktor strömt,
durch den Materialpolster im Zwischenbehälter strömt,

20 scheidet sich der Staub in den Zwischenräumen des
Materialpolsters teilweise ab. Je mehr Staub abgeschieden
wird, desto höher ist Δp_{ZW} aufgrund des steigenden
Strömungswiderstandes, den das Gas überwinden muss um den
Materialpolster zu durchqueren.

25

Nach einer Ausführungsform umfasst das Staubaustragsgas das
Staubausschlagsgas, und ist $p_4 = p_5$.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens
30 wird das vorreduzierte Material unter den Gas-Zwischendruck
 p_Z gebracht, indem das vorreduzierte Material in einen
Zwischenbehälter mit Druckschleusungsvorrichtungen oder
nacheinander in mehrere Zwischenbehälter mit
Druckschleusungsvorrichtungen eingebracht wird.

35

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens
gilt $p_1 > p_2$.

Das Vorreduktionsgas kann aus verschiedenen Quellen stammen. Beispielsweise kann es aus einer externen Gasquelle stammen. Unter einer externen Gasquelle ist eine Gasquelle zu verstehen, bei der zur Bereitstellung des Vorreduktionsgases
5 keine Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Vorreduktion des eisenoxidhaltigem Materials beziehungsweise zur Reduktion des vorreduzierten Material stattfinden. Dabei kann es sich beispielsweise um Erdgas, Raffineriegase, Kokereigase, oder Gase aus Kohlevergasungs/-
10 entgasungsprozessen handeln.

Das Vorreduktionsgas kann auch aus internen Gasquellen stammen. Unter einer internen Gasquelle ist eine Gasquelle zu verstehen, bei der zur Bereitstellung des Vorreduktionsgases
15 Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Vorreduktion des eisenoxidhaltigem Materials beziehungsweise zur Reduktion des vorreduzierten Material stattfinden. Beispielsweise kann es sich um ein entsprechend aufbereitetes Topgas handeln, wobei die Aufbereitung beispielsweise Entstaubung, CO₂-
20 Entfernung, Erwärmung, Abkühlung, Kompression, umfassen kann. Ein anderes Beispiel ist die Nutzung von in dem Einschmelzvergaser eines COREX®-Verfahrens, dem Einschmelzvergaser, anfallendem Reduktionsgas. Das aus dem Einschmelzvergaser abgezogene Reduktionsgas wird allgemein
25 mit dem Begriff Generatorgas bezeichnet. Dieses Generatorgas kann nach entsprechender Aufbereitung wie Entstaubung und Abkühlung im Reduktionsschacht des erfindungsgemäßen Verfahrens als Vorreduktionsgas eingesetzt werden. Nach einer anderen Variante seiner Nutzung kann das Generatorgas in
30 einem anderen Reduktionsschacht zur Reduktion genutzt werden, aus welchem es nach Erfüllung seiner Reduktionsaufgabe abgezogen und nach entsprechender Aufbereitung analog dem Topgas genutzt werden kann.

35 Es können auch Gemische aus externen und internen Gasquellen als Vorreduktionsgas genutzt werden.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden zwei oder mehr unter voneinander verschiedenen Drücken stehende Vorreduktionsgase in das Festbett eingebracht, wobei für je zwei in horizontaler Richtung gesehen vertikal direkt
5 benachbart eingebrachte Vorreduktionsgase gilt, dass das jeweils tiefer eingebrachte Vorreduktionsgas einen höheren Druck hat als das höher eingebrachte Vorreduktionsgas.

Bei einer derartigen Verfahrensführung strömt das höher
10 eingebrachte Vorreduktionsgas in Richtung der Oberfläche des Festbettes, während das tiefer eingebrachte Vorreduktionsgas auch in die entgegengesetzte Richtung strömt und entsprechend eine Ausleitung von Staubausschlaggas aus Regionen des Festbettes, die unterhalb des tiefsten Höhenniveaus der
15 Einleitung von Vorreduktionsgas in den Reduktionsschacht liegen, ermöglicht. Vorteilhaft ist dabei, dass Vorreduktionsgase mit verschiedener Reduktionskraft an verschiedenen Stellen in den Reduktionsschacht eingebracht werden können. Das erlaubt eine bessere Steuerung der
20 Vorreduktion und somit eine erhöhte Produktivität.

Gegenüber dem Stand der Technik kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine höhere Verfügbarkeit des Reduktionsschachtes erzielt werden, der entsprechend
25 produktiver ist und kleiner ausgelegt werden kann. Die Verwendung bisher problematischer Einsatzstoffe mit hohem Staubanteil beziehungsweise großer Neigung zur Bildung von Staub im Reduktionsschacht wird ebenso ermöglicht.

30 Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, umfassend einen Reduktionsschacht,
35 zumindest eine in den Reduktionsschacht mündende Vorreduktionsgaszufuhrleitung, eine von dem Reduktionsschacht ausgehende Topgasableitung, einen Einschmelzvergaser,

ein Einbringungssystem zur Einbringung von im
Reduktionsschacht vorreduziertem Material in den
Einschmelzvergaser,
eine von dem Reduktionsschacht ausgehende
5 Staubausschlaggasableitung.

Das Einbringungssystem zur Einbringung von im
Reduktionsschacht vorreduziertem Material in den
Einschmelzvergaser kann dabei beispielsweise eine oder
10 mehrere Leitungen, Zwischenbehälter,
Druckschleusungsvorrichtungen und Dosiereinrichtungen zur
kontrollierten Zufuhr des vorreduzierten Materials vom
Reduktionsschacht in den Einschmelzvergaser umfassen. Es kann
beispielsweise auch umfassen pneumatische Förderleitungen
15 oder Förderbänder oder Fallrohre. Die Dosiereinrichtung
können beispielsweise in Form von Förderschnecken oder
Zellenradschleusen ausgebildet sein.

Unter Einschmelzvergaser ist eine Vorrichtung zu verstehen,
20 in dem eingebrachtes vorreduziertes Material mittels eines
durch Vergasung von Kohlenstoffträgern mit technisch reinem
Sauerstoff gewonnenen Reduktionsgases fertigreduziert und
erschmolzen wird unter einem Druck des Reduktionsgases von
von 3-5 bar absolut oder höher und bei einer Temperatur des
25 Reduktionsgases von etwa 900 bis 2400°C – an der
Festbetttoberfläche bis zur Düsenebene zur Eindüsung des
technisch reinen Sauerstoffs. Ein Hochofen ist nicht unter
dem Begriff Einschmelzvergaser zu verstehen.

30 Vorzugsweise umfasst das Einbringungssystem zur Einbringung
von im Reduktionsschacht vorreduziertem Material in den
Einschmelzvergaser auch zumindest einen Teil der
Staubausschlaggasableitung. Dadurch ist es möglich,
Staubausschlaggas gemeinsam mit dem vorreduzierten Material aus
35 dem Reduktionsschacht auszuleiten.

Vorzugsweise umfasst das Einbringungssystem zur Einbringung
von im Reduktionsschacht vorreduziertem Material in den

Einschmelzvergaser eine oder mehrere Leitungen mit einem oder mehreren Zwischenbehältern und gegebenenfalls einer oder mehreren Druckschleusungsvorrichtungen. Die Druckschleusungsvorrichtungen können auch an den
5 Zwischenbehältern vorgesehen sein.

Nach einer Ausführungsform ist dabei zumindest ein Zwischenbehälter mit einer Staubaustragsgasableitung versehen. Auf diese Weise kann aus einem solchen
10 Zwischenbehälter Staub ausgetragen werden, indem Gas aus ihm abgezogen wird, welches Staub mitreißt. Dieses Gas wird im Rahmen dieser Anmeldung Staubaustragsgas genannt.

Nach einer Ausführungsform weist die erfindungsgemäße
15 Vorrichtung zwei oder mehrere in verschiedenen Höhenniveaus in den Reduktionsschacht mündende Vorreduktionsgaszufuhrleitungen auf. Auf diese Weise können zwei oder mehr unter voneinander verschiedenen Drücken stehende Vorreduktionsgase – gleicher
20 oder verschiedener Zusammensetzung – in das Festbett im Reduktionsschacht eingebracht werden.

In der Folge wird die vorliegende Erfindung anhand mehrerer schematischer beispielhafter Figuren von Ausführungsformen
25 erläutert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1 zeigt eine Ausführungsform einer Vorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

30 Figur 2 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform einer Vorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Figur 3 zeigt eine weitere bevorzugte Ausführungsform einer Vorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen
35 Verfahrens.

Figuren 4a und 4b zeigen eine Ausführungsform einer Vorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens während zwei Arbeits-Takten des Verfahrens.

Figur 5 zeigt eine weitere bevorzugte Ausführungsform einer Vorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

5 Beschreibung der Ausführungsformen

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese Vorrichtung umfasst einen Reduktionsschacht 1, eine in den Reduktionsschacht 1 mündende
10 Vorreduktionsgaszufuhrleitung 2, eine von dem Reduktionsschacht 1 ausgehende Topgasableitung 3, einen Einschmelzvergaser 4, ein Einbringungssystem 5 zur Einbringung von im Reduktionsschacht 1 vorreduziertem Material in den Einschmelzvergaser 4, sowie eine von dem
15 Reduktionsschacht 1 ausgehende Staubausschlaggasableitung 6. In dem Reduktionsschacht 1 bildet eisenoxidhaltiges Material ein Festbett 7 aus. Vorreduktionsgas, welches über die Vorreduktionsgaszufuhrleitung 2 in das Festbett 7 eingebracht wird, steht unter einem Druck p_1 . Durch das Vorreduktionsgas
20 wird das eisenoxidhaltige Material in vorreduziertes Material umgewandelt. Vorreduziertes Material wird über das Einbringungssystem 5 zur Einbringung von im Reduktionsschacht 1 vorreduziertem Material in den Einschmelzvergaser 4 eingebracht. Dort wird es mittels des unter einem Druck p_2
25 stehenden Reduktionsgases 8 – welches im Einschmelzvergaser 1 durch Vergasung von Kohlenstoffträgern erzeugt wird – fertigreduziert und erschmolzen.

Nach dem Durchströmen des Festbettes 7 verbrauchtes Vorreduktionsgas wird aus dem Raum oberhalb des Festbettes 7
30 als unter einem Druck p_3 stehendes Topgas aus dem Reduktionsschacht 1 ausgeleitet.

Über die vom Reduktionsschacht 1 ausgehende Staubausschlaggasableitung 6 wird ein unter einem Druck p_4 stehendes Staubausschlaggas aus dem Festbett 7 aus dem
35 Reduktionsschacht 1 ausgeleitet. Es gilt die Beziehung $p_1 > p_4$ und $p_1 > p_3$. Ebenso gilt $p_4 > p_2$ und $p_4 > p_3$. Es gilt auch $p_1 > p_2$.

In Figur 2 gilt $p_2 > p_4$. Das vorreduzierten Material 9 wird in einer Stufe - in dem Zwischenbehälter 10 - unter einen Gas-Zwischendruck p_Z gebracht, bevor es in den Einschmelzvergaser 4 eingebracht wird. Dabei gilt $p_Z \geq p_2$. In Figur 2 ist die Situation beim Einbringen des vorreduzierten Materials in den Einschmelzvergaser 4 dargestellt durch aus dem Zwischenbehälter 10 in den Einschmelzvergaser 4 fallende Partikel.

Beim nicht dargestellten Einschleusen von vorreduziertem Material in den Zwischenbehälter 10 würde gelten $p_Z = p_4 < p_2$. In Figur 2 umfasst das Einbringungssystem zur Einbringung von im Reduktionsschacht vorreduziertem Material in den Einschmelzvergaser auch einen Teil der Staubausblasgasableitung 6.

Dargestellt sind auch Druckschleusungsvorrichtungen vor und hinter dem Zwischenbehälter 10 durch jeweils zwei waagrechte Striche bei den Reduktionsschacht 1 und Einschmelzvergaser 4 verbindenden Leitung des Einbringungssystems 5. In der in Figur 2 dargestellten Situation ist die Druckschleusungsvorrichtung in der den Reduktionsschacht 1 and Zwischenbehälter 10 verbindenden Leitung geschlossen, und die Druckschleusungsvorrichtung in der den Zwischenbehälter 10 mit dem Einschmelzvergaser 4 verbindenden Leitung offen.

In Figur 3 ist ein Ausschnitt aus dem einschmelzvergaserseitigen Endbereich des Reduktionsschachtes 1, ein Ausschnitt aus dem Einschmelzvergaser 4, und das Einbringungssystem 5 zur Einbringung von im Reduktionsschacht 1 vorreduziertem Material in den Einschmelzvergaser 4 gezeigt. Sichtbar ist am Reduktionsschacht 1 der Bereich der Bustle, in dem die Vorreduktionsgaszufuhrleitung 2 in den Reduktionsschacht 1 mündet. Sichtbar ist auch eine Förderschnecke, die vorreduziertes Material aus dem Reduktionsschacht befördert. Das Einbringungssystem 5 zur Einbringung von im Reduktionsschacht 1 vorreduziertem Material in den Einschmelzvergaser 4 umfasst einen Zwischenbehälter 11. Dargestellt ist auch ein Materialpolster aus vorreduziertem Material im Zwischenbehälters 11. Zwischen

dem oberen Ende des Materialpolsters und dem unteren Ende des Materialpolsters herrscht eine Druckdifferenz von Δp_{zw} . Der Zwischenbehälter 11 ist mit einer Staubaustragsgasableitung 12 versehen. Über diese wird mittels eines unter einem Druck p_5 stehenden Staubaustragsgases, dargestellt durch einen gewellten Pfeil, Staub aus dem Zwischenbehälter 11 ausgetragen. Staubaussblasgas, dargestellt durch einen geraden Pfeil, wird unter dem Druck p_4 stehend abgezogen.

- 10 Es gilt $p_5 < p_4$ und $p_5 < p_2$, und es gilt Δp_{zw} kleiner/gleich $(p_2 - p_5)$.

Grundsätzlich ist auch eine Ausführungsform möglich, bei der im Unterschied zu Figur 3 eine Leitung aus der dargestellten Gruppe von Leitungen bestehend aus Staubaussblasgasableitung 6 und Staubaustragsgasableitung 12 nicht vorhanden ist.

Es kann beispielsweise sein, dass im Unterschied zu Figur 3 die dort bei der Förderschnecke eingezeichnete Staubaussblasgasableitung 6 nicht vorhanden ist. Dann wäre die vom Zwischenbehälter 11 ausgehende Leitung auch als Staubaussblasgasableitung anzusehen, denn sie leitet ja aus dem Festbett ein Staubaussblasgas mit einem Druck – der als p_4 zu bezeichnen wäre – aus dem Reduktionsschacht aus. Dann umfasst das Staubaustragsgas das Staubaussblasgas, und es ist $p_4 = p_5$.

Oder es kann sein, dass eine Staubaussleitung zum Staubaustrag an beliebiger Stelle innerhalb der Sektion des Einbringsystems 5 zwischen Reduktionsschacht 1 und Zwischenbehälter 11 realisiert ist, statt der in Figur 3 dargestellten Staubaustragsgasleitung 12 und der Staubaussblasgasableitung 6. Da in diesem Fall das durch diese Staubaussleitung ausgeführte Gas den in Figur 3 durch die Staubaussblasgasableitung 6 und die Staubaustragsgasableitung 12 ausgeführten Staub ausleitet, und damit diese beiden Leitungen ersetzt, gilt $p_4 = p_5$.

In den Figuren 4a und 4b ist dargestellt, wie in einen Reduktionsschacht 1 zwei Vorreduktionsgaszufuhrleitungen

2a,2b in verschiedener Höhe einmünden. Dadurch können beispielsweise zwei Reduktionsgase mit unterschiedlichem Reduktionspotential eingeleitet werden, gegebenenfalls mit unterschiedlichem Druck.

5 Ebenfalls dargestellt ist, dass das Einbringungssystem 5 zur Einbringung von im Reduktionsschacht 1 vorreduziertem Material in den Einschmelzvergaser 4 eine Leitung mit mehreren Zwischenbehältern und mehreren Druckschleusungsvorrichtungen umfasst. Das vorreduzierte
10 Material wird unter den Gas-Zwischendruck p_Z , der im letzten Zwischenbehälter 13 vor dem Einschmelzvergaser 4 herrscht, gebracht, indem das vorreduzierte Material nacheinander in mehrere Zwischenbehälter 14,15 mit Druckschleusungsvorrichtungen 16,17 - dargestellt durch
15 jeweils ein Paar waagrechter Striche - eingebracht wird. Dosiereinrichtungen sind mit ein Kreuz beinhaltenden Kreisen dargestellt.

Das Einbringungssystem zur Einbringung von im Reduktionsschacht vorreduziertem Material in den
20 Einschmelzvergaser umfasst auch einen Teil der Staubausschleusung 6. Weitere Teile der Staubausschleusung 6 gehen von den Zwischenbehältern 14 und 15 aus.

Der Sinn der drei Zwischenbehälter 13,14,15 besteht darin,
25 dass in einem ersten Takt (a) - dargestellt in Figur 4a - vorreduziertes Material aus dem obersten 14 Zwischenbehälter in den mittleren Zwischenbehälter 15 chargiert wird, wobei der Material- und Gasfluss zwischen dem mittleren Zwischenbehälter 15 und dem unteren Zwischenbehälter 13 durch
30 die Druckschleusungsvorrichtung 17 gesperrt ist und Staub aus dem mittleren Zwischenbehälter 15 über die von diesem ausgehende Staubausschleusung 6 abgesaugt wird. Nach Umschalten auf Takt (b) - dargestellt in Figur 4b - wird aus dem mittleren Zwischenbehälter 15 vorreduziertes Material in
35 den unteren Zwischenbehälter 13 chargiert, wobei der Material- und Gasfluss zwischen dem oberen Zwischenbehälter 14 und dem mittleren Zwischenbehälter 15 durch die Druckschleusungsvorrichtung 16 gesperrt ist und Staub aus dem

oberen Zwischenbehälter 14 über die von diesem ausgehende Staubausschlaggasableitung 6 abgesaugt wird; außerdem wird der obere Zwischenbehälter 14 mit vorreduziertem Material aus dem Reduktionsschacht 1 befüllt.

5 Somit kann kontinuierlich Material aus dem Reduktionsschacht 1 ausgetragen und in den Einschmelzvergaser 4 eingetragen werden, wobei Staub hierbei dem vorreduzierten Material in den Einschmelzvergaser folgt oder durch die Staubausschlaggasableitungen 6 ausgetragen wird.

10

Figur 5 zeigt schematisch eine Ausführungsform, bei der das Einbringungssystem 5 zur Einbringung von im Reduktionsschacht 1 vorreduziertem Material in den Einschmelzvergaser 4 anders aufgebaut ist als in der vorhergehenden Figuren. Es umfasst
15 eine Heißtransportvorrichtung 18 mit Förderband zur Förderung von heißem vorreduziertem Material unter Schutzgasatmosphäre zwischen zwei Zwischenbehältern.

20

Um Zwischenbehälter unter einen bestimmten Druck zu setzen, kann beispielsweise ein Gas in den Zwischenbehälter eingeleitet werden oder Gas aus dem Zwischenbehälter abgezogen werden. Zur Durchführung solche Operationen notwendige Leitungssysteme sind zur besseren Übersichtlichkeit in den Figuren nicht dargestellt.

25

Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann
30 hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Liste der Bezugszeichen

1	Reduktionsschacht
2	Vorreduktionsgaszufuhrleitung
3	Topgasableitung
4	Einschmelzvergaser
5	Einbringungssystem
6	Staubausblasgasableitungen
7	Festbett
8	Reduktionsgas
9	vorreduziertes Materials
10	Zwischenbehälter
11	Zwischenbehälter
12	Staubaustragsgasableitung
13	Zwischenbehälter
14	Zwischenbehälter
15	Zwischenbehälter
16	Druckschleusungsvorrichtung
17	Druckschleusungsvorrichtung
18	Heißtransportvorrichtung

Ansprüche

1. Verfahren zur Reduktion von eisenoxidhaltigem Material,
wobei das eisenoxidhaltige Material in einem
5 Reduktionsschacht ein Festbett ausbildet, und in dem
Reduktionsschacht mittels zumindest eines mit einem
Druck p_1 in das Festbett eingebrachten
Vorreduktionsgases das eisenoxidhaltige Material in
vorreduziertes Material umgewandelt wird,
10 und zumindest ein Teil dieses vorreduzierten Materials,
bevorzugt das ganze vorreduzierte Material, aus dem
Reduktionsschacht in einen Einschmelzvergaser
eingebracht wird, in welchem es mittels eines unter
einem Druck p_2 stehenden Reduktionsgases
15 fertigreduziert wird,
und wobei ein Topgas mit einem Druck p_3 aus dem Raum
oberhalb des Festbettes aus dem Reduktionsschacht
ausgeleitet wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
20 aus dem Festbett zumindest ein Staubausschlaggas mit
einem Druck p_4 aus dem Reduktionsschacht ausgeleitet
wird, und die Beziehung $p_1 > p_4$ und $p_1 > p_3$, bevorzugt auch
 $p_4 > p_3$, gilt.
- 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest ein Teil des zumindest einen
Staubausschlaggases
30 zumindest während eines Teiles
des
vom vorreduzierten Material
beim Einbringen in den Einschmelzvergaser
zwischen
35 Reduktionsschacht und Einschmelzvergaser
zurückzulegenden
Weges

gemeinsam mit diesem vorreduzierten Material in
Richtung des Einschmelzvergasers geleitet wird.

- 5 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch
gekennzeichnet, dass die Beziehung $p_4 > p_2$ gilt.
- 10 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
gekennzeichnet, dass die Beziehung $p_2 > p_4$ gilt, und das
vorreduzierte Material in einer oder mehreren Stufen
unter einen Gas-Zwischendruck p_Z gebracht wird bevor
oder während das vorreduzierte Materials in den
Einschmelzvergaser eingebracht wird, wobei gilt $p_Z \geq p_2$
- 15 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass
dasjenige vorreduzierte Material aus dem
Reduktionsschacht, das in den Einschmelzvergaser
eingebracht wird, vor dem Einbringen in den
Einschmelzvergaser in einem Zwischenbehälter
20 zwischengespeichert wird, wobei in dem Zwischenbehälter
zwischen dem oberen Ende des bei der
Zwischenspeicherung gebildeten Materialpolsters und dem
unteren Ende dieses Materialpolsters eine
Druckdifferenz von Δp_{ZW} herrscht,
und wobei aus dem Zwischenbehälter ein Staubaustragsgas
25 abgezogen wird, welches einen Staubaustragsgas-Druck p_5
aufweist, wobei gilt $p_5 < p_4$ und $p_5 < p_2$,
und wobei gilt $\Delta p_{ZW} \leq (p_2 - p_5)$.
- 30 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
dass das Staubaustragsgas das Staubaussblasgas umfasst,
und $p_4 = p_5$ ist.
- 35 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch
gekennzeichnet, dass das vorreduzierte Material unter
den Gas-Zwischendruck p_Z gebracht wird, indem das
vorreduzierte Material in einen Zwischenbehälter mit
Druckschleusungsvorrichtungen oder nacheinander in
mehrere Zwischenbehälter mit

Druckschleusungsvorrichtungen eingebracht wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass gilt $p_1 > p_2$.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwei oder mehr unter voneinander verschiedenen Drücken stehende Vorreduktionsgase in das Festbett eingebracht werden, wobei für je zwei in horizontaler Richtung gesehen vertikal direkt benachbart eingebrachte Vorreduktionsgase gilt, dass das jeweils tiefer eingebrachte Vorreduktionsgas einen höheren Druck hat als das höher eingebrachte Vorreduktionsgas.

10. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, umfassend einen Reduktionsschacht, zumindest eine in den Reduktionsschacht mündende Vorreduktionsgaszufuhrleitung, eine von dem Reduktionsschacht ausgehende Topgasableitung, einen Einschmelzvergaser, ein Einbringungssystem zur Einbringung von im Reduktionsschacht vorreduziertem Material in den Einschmelzvergaser, eine von dem Reduktionsschacht ausgehende Staubausschlaggasableitung.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Einbringungssystem zur Einbringung von im Reduktionsschacht vorreduziertem Material in den Einschmelzvergaser auch zumindest einen Teil der Staubausschlaggasableitung umfasst.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Einbringungssystem zur Einbringung von im Reduktionsschacht vorreduziertem

Material in den Einschmelzvergaser eine oder mehrere Leitungen mit einem oder mehreren Zwischenbehältern und gegebenenfalls einer oder mehreren Druckschleusungsvorrichtungen umfasst.

5

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Zwischenbehälter mit einer Staubaustragsgasableitung versehen ist.

10

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei oder mehrere in verschiedenen Höhenniveaus in den Reduktionsschacht mündende Vorreduktionsgaszufuhrleitungen aufweist.

15

FIG 1

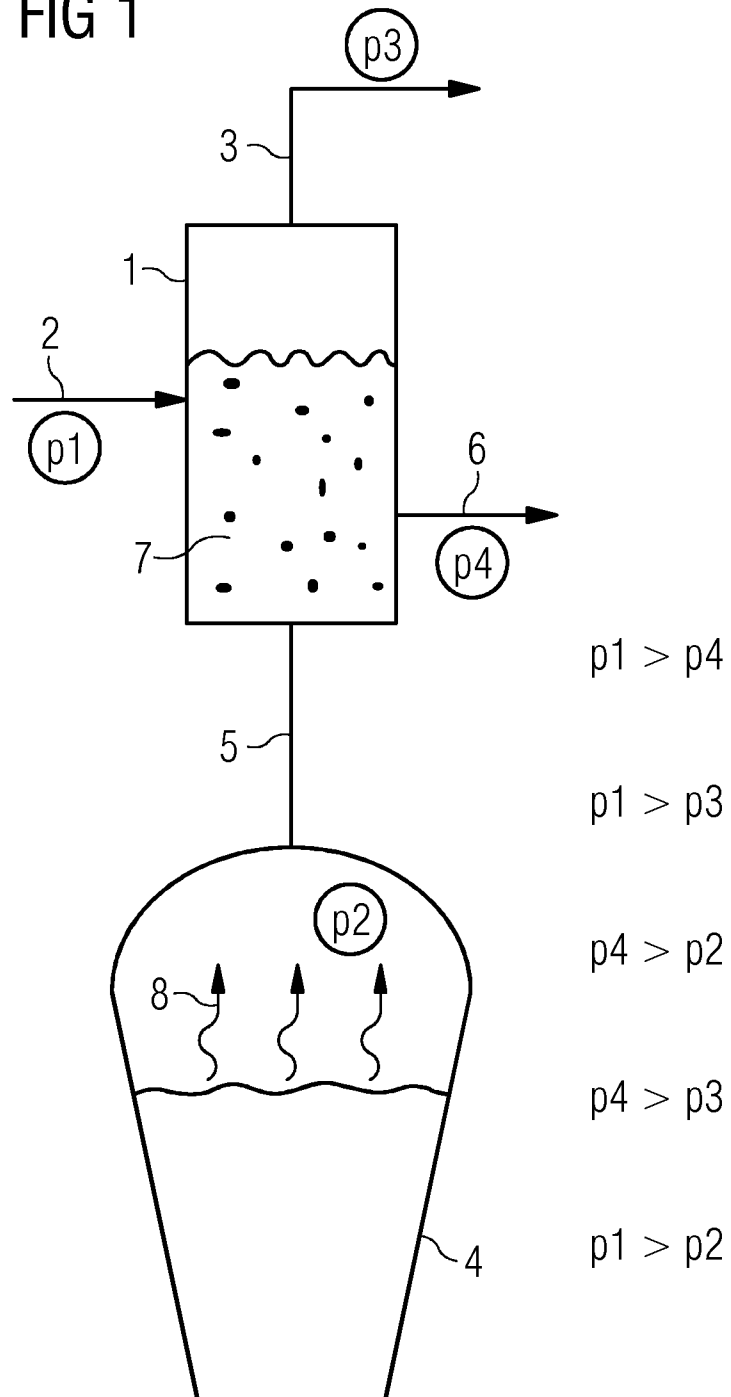


FIG 2

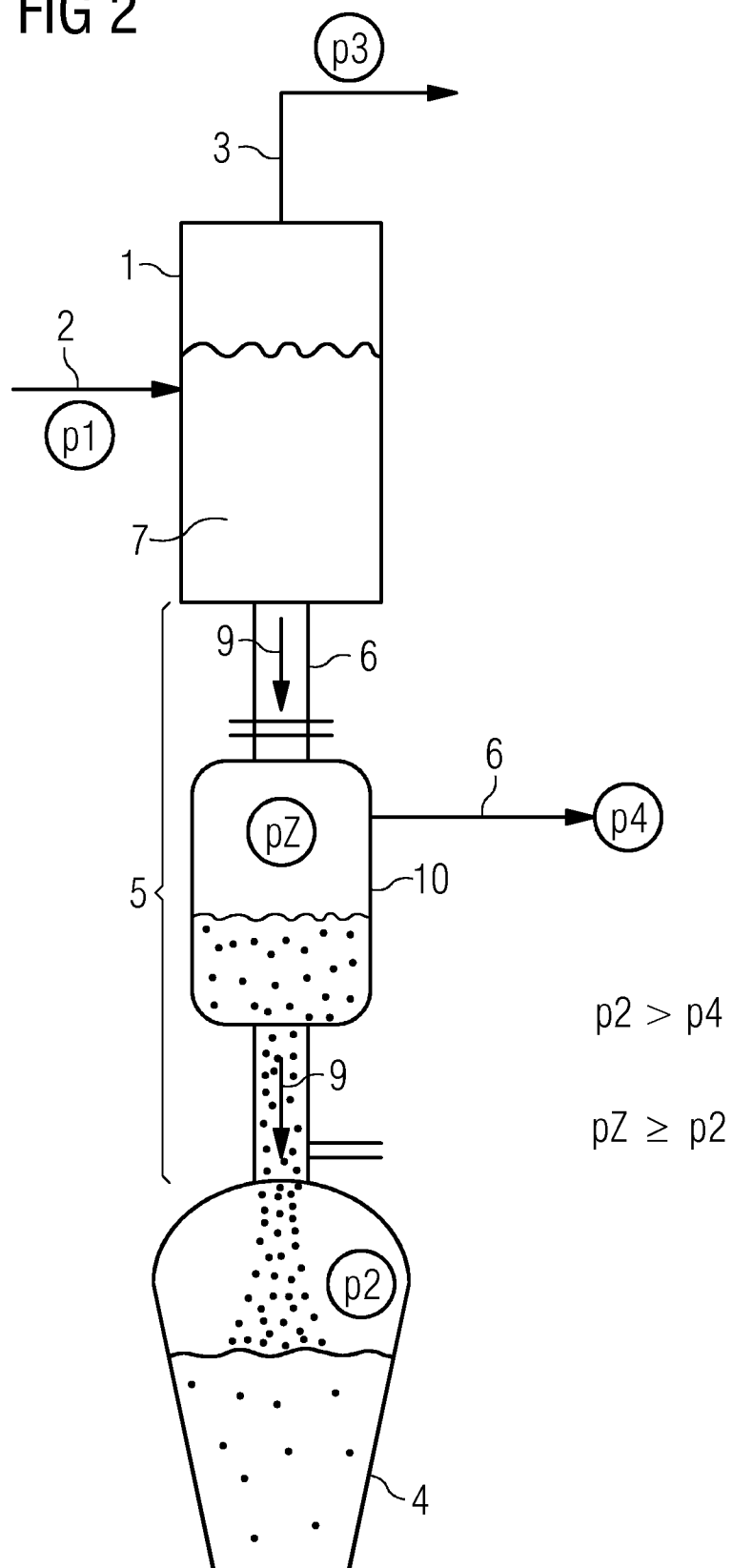
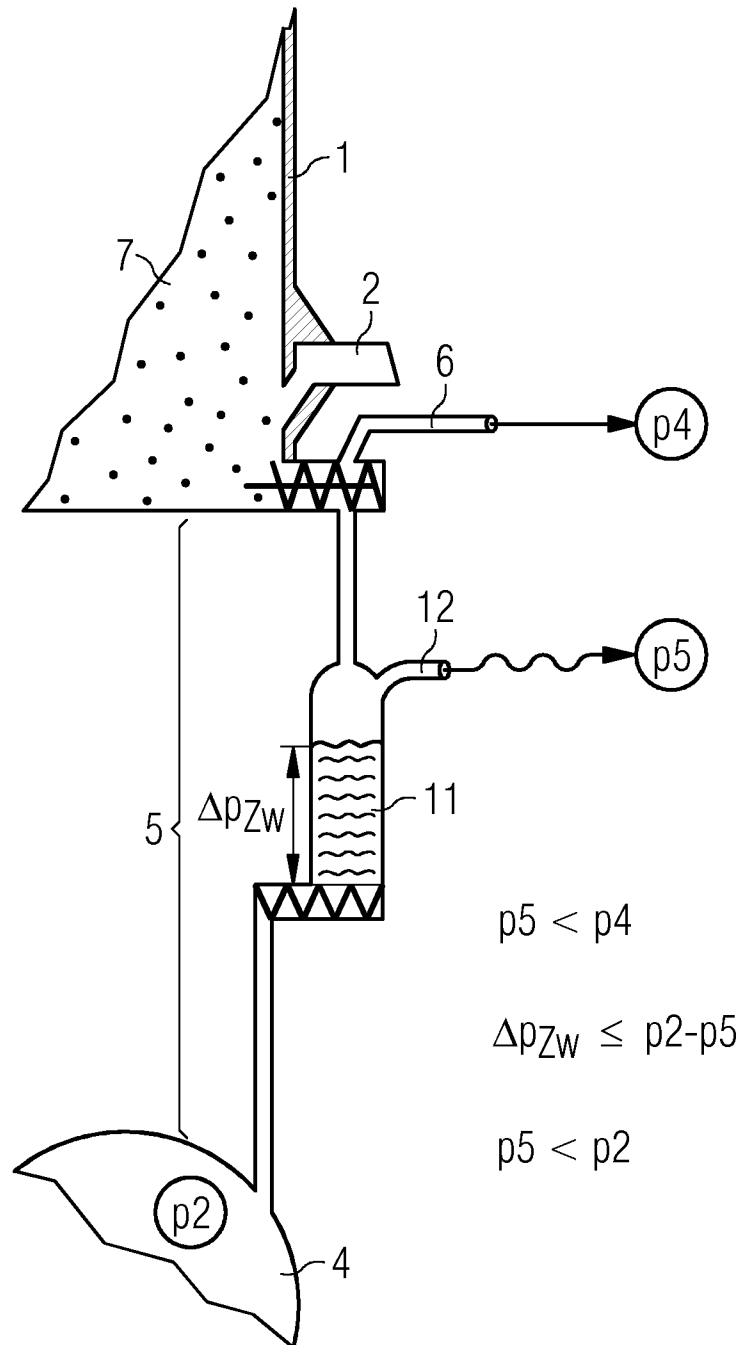


FIG 3



$$p_5 < p_4$$

$$\Delta p_{ZW} \leq p_2 - p_5$$

$$p_5 < p_2$$

FIG 4A

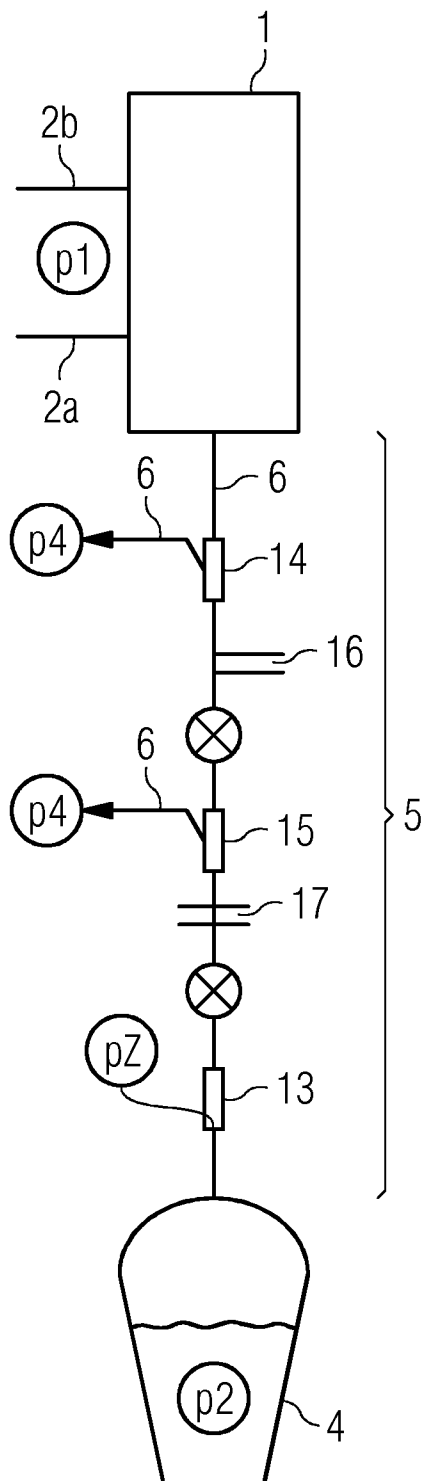


FIG 4B

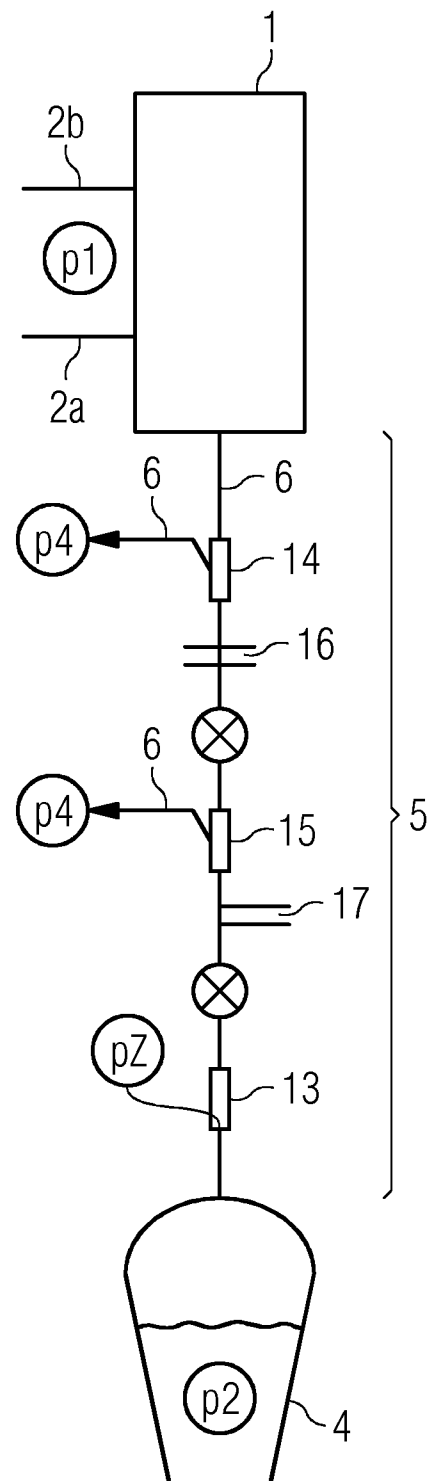


FIG 5

