

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer:	A 50619/2019	(51) Int. Cl.:	<b>H01M 8/18</b>	(2006.01)
(22) Anmeldetag:	08.07.2019		<b>H01M 8/04007</b>	(2016.01)
(43) Veröffentlicht am:	15.01.2021		<b>C25B 1/04</b>	(2006.01)
			<b>C25B 15/08</b>	(2006.01)
			<b>H01M 8/124</b>	(2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
WO 2016161999 A1  
US 2009139874 A1  
US 2012282534 A1

(71) Patentanmelder:  
AVL List GmbH  
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:  
Reichholf David Dipl.Ing.  
8010 Graz (AT)  
Koberg Franz BSC  
8020 Graz (AT)

(74) Vertreter:  
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.  
8020 Graz (AT)

(54) **Elektrolysesystem und Verfahren zur Wärmerückgewinnung in einem Elektrolysesystem**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Elektrolysesystem (1), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einer Produktgasseite (3) und einer Luftseite (4), einen Prozesswasserbehälter (5) zum Bereitstellen von Prozesswasser (6) für die Produktgasseite (3) des Brennstoffzellenstapels (2), eine Rezirkulationsleitung (7, 8) zum Rückführen von Produktgas (14) von der Produktgasseite (3) in den Prozesswasserbehälter (5) für eine thermische Wechselwirkung zwischen dem Produktgas (14) und dem Prozesswasser (6) im Prozesswasserbehälter (5), und eine Produktgasauslassleitung (9) zum Leiten von Produktgas (14) aus dem Prozesswasserbehälter (5). Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Wärmerückgewinnung in einem erfindungsgemäßen Elektrolysesystem (1).

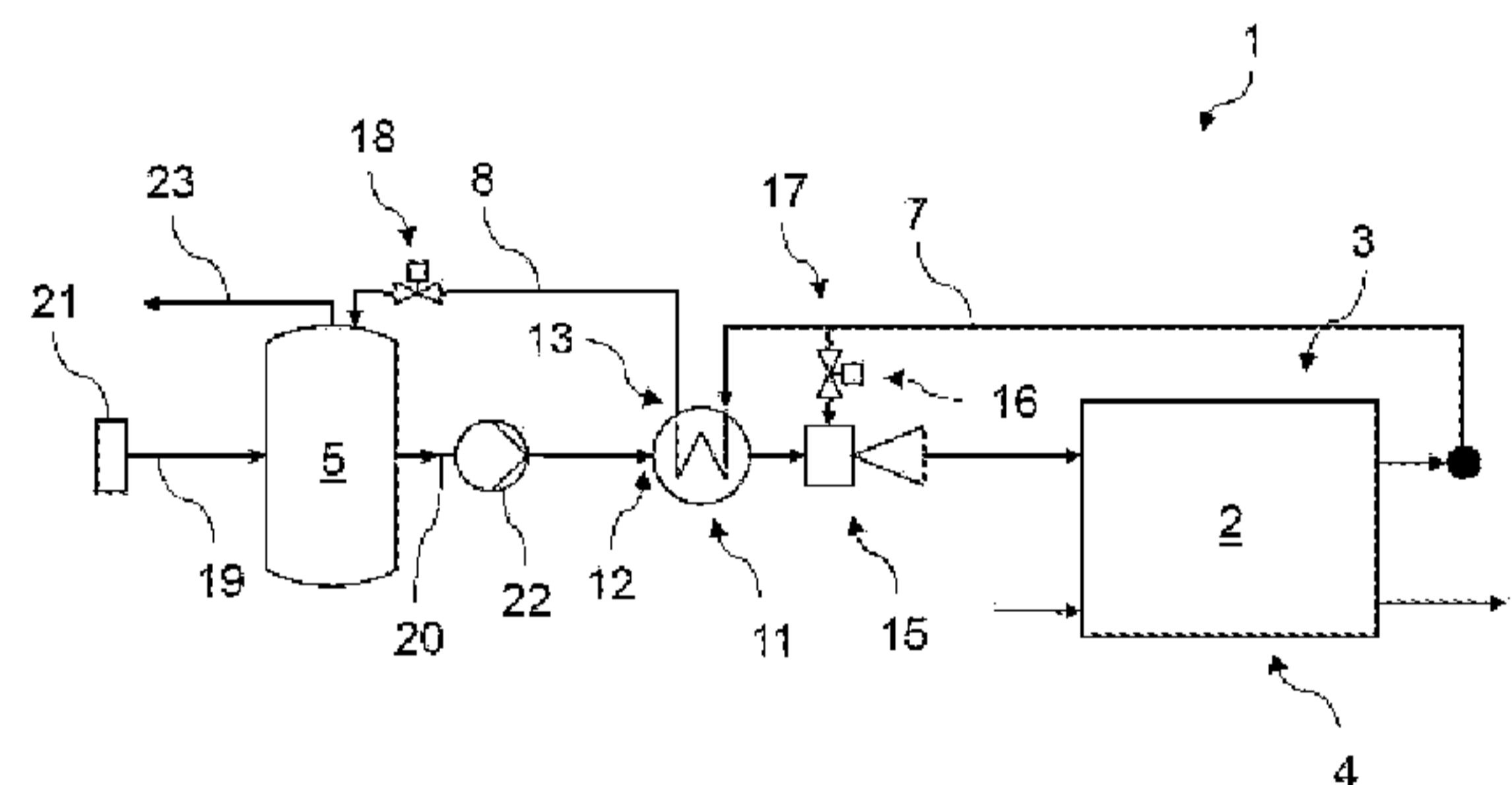


Fig. 1

### Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Elektrolysesystem (1), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einer Produktgasseite (3) und einer Luftseite (4), einen Prozesswasserbehälter (5) zum Bereitstellen von Prozesswasser (6) für die Produktgasseite (3) des Brennstoffzellenstapels (2), eine Rezirkulationsleitung (7, 8) zum Rückführen von Produktgas (14) von der Produktgasseite (3) in den Prozesswasserbehälter (5) für eine thermische Wechselwirkung zwischen dem Produktgas (14) und dem Prozesswasser (6) im Prozesswasserbehälter (5), und eine Produktgasauslassleitung (9) zum Leiten von Produktgas (14) aus dem Prozesswasserbehälter (5).

Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Wärmerückgewinnung in einem erfindungsgemäßen Elektrolysesystem (1).

Fig. 1

## **Elektrolysesystem und Verfahren zur Wärmerückgewinnung in einem Elektrolysesystem**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Elektrolysesystem, insbesondere ein SOEC-System oder reversibel betreibbares SOFC/SOEC-System, sowie ein Verfahren zur Wärmerückgewinnung in einem Elektrolysesystem.

Im Stand der Technik sind verschiedene Elektrolysesysteme bekannt. Ein Elektrolysesystem bedarf einer kontinuierlichen Prozesswasserzufuhr. Dieses Wasser wird durch einen elektrochemischen Prozess in einem Brennstoffzellenstapel des Elektrolysesystems in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespaltet. Eine Sonderform stellen sogenannte SOEC-Systeme dar. Unter einem SOEC-System ist ein SOFC-System zu verstehen, welches in einem regenerativen Modus betrieben wird, um im Rahmen einer Wasserdampfelektrolyse aus Wasser Wasserstoff zu erzeugen. In SOEC-Systemen fällt der Sauerstoff an der Luftseite des Brennstoffzellenstapels an und der Wasserstoff verbleibt auf einer Brennstoffseite. Im Falle von Co-Elektrolyse betrifft dies auch die Aufspaltung von Kohlendioxid in Kohlenmonoxid und Sauerstoff. Das Produktgas befindet sich also auf der Brennstoffseite und besteht insbesondere aus produziertem Wasserstoff, im Falle einer Co-Elektrolyse noch aus Kohlenmonoxid und restlichem nicht umgewandeltem dampfförmigem Wasser, sowie im Falle der Co-Elektrolyse noch aus Kohlendioxid.

Das Produktgas kann für weiterführende Prozesse aufbereitet werden. Dies betrifft in der Regel zunächst eine Kondensation von Restwasser im Wasserdampfgehalt des Produktgases. Das im System verfügbare Wasser soll dabei möglichst effizient genutzt werden. Bei bekannten SOEC-Systemen erfolgt hierzu eine separate Auskondensation von Produktgasen von einer Brennstoffseite eines Brennstoffzellenstapels des SOEC-Systems. Genauer gesagt werden beispielsweise dezidierte Kühler verwendet, mit welchen eine Kondensation und damit die gewünschte Wasserrückgewinnung realisiert werden können. Derartige Systeme bedingen allerdings eine relativ hohe Komponentenanzahl. Die Anzahl der Komponenten und eine entsprechende Anlagenkomplexität sollen mit Blick auf die Systemkosten jedoch so niedrig wie möglich sein.

SOEC-Systeme werden bei Temperaturen in einem Bereich von ca. 500°C bis ca. 900°C betrieben. Bei derart hohen Temperaturen ist es wichtig, die vorhandene

Wärme möglichst im System zu erhalten. Nur dadurch können die gewünschten Wirkungsgrade erzielt werden. Kondensationswärme soll deshalb möglichst direkt und vollständig im System gehalten werden

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, der voranstehend beschriebenen Problematik zumindest teilweise Rechnung zu tragen. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein hinsichtlich des Temperaturmanagements verbessertes Elektrolysesystem sowie ein effizientes Verfahren zur Wärmerückgewinnung in einem Elektrolysesystem zu schaffen.

Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch das Elektrolysesystem gemäß Anspruch 1 sowie das Verfahren gemäß Anspruch 8 gelöst. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Figuren. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem Elektrolysesystem beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Elektrolysesystem zur Verfügung gestellt, aufweisend einen Brennstoffzellenstapel mit einer Produktgasseite und einer Luftseite, einen Prozesswasserbehälter zum Bereitstellen von Prozesswasser für die Produktgasseite des Brennstoffzellenstapels, eine Rezirkulationsleitung zum Rückführen von Produktgas von der Produktgasseite in den Prozesswasserbehälter für eine thermische Wechselwirkung zwischen dem Produktgas und dem Prozesswasser im Prozesswasserbehälter, und eine Produktgasauslassleitung zum Leiten von Produktgas aus dem Prozesswasserbehälter.

Im Rahmen der Erfindung werden gewünschte Systemfunktionen vorteilhaft vereint. Durch das erfindungsgemäße Rückführen des Produktgases in den Prozesswasserbehälter für die thermische Wechselwirkung zwischen dem Produktgas und dem Prozesswasser im Prozesswasserbehälter kann die Restwärme des Produktgases zur effizienten Aufheizung und/oder Vorwärmung des Prozesswassers genutzt werden. Restdampf im aufgeheizten Produktgas kann durch

Abkühlen im kälteren Prozesswasser auskondensieren und damit Wärme direkt in das Prozesswasser im Prozesswasserbehälter abgeben. D. h., die thermische Energie des Produktgases kann zur effizienten sowie effektiven Aufheizung des Prozesswassers und damit zur Aufheizung des Elektrolysesystems genutzt werden.

Unter der Produktgasseite kann eine Brennstoffseite des Brennstoffzellenstapels verstanden werden, auf welcher im Elektrolysebetrieb Wasser zu Brennstoff, insbesondere zu Wasserstoff, umgewandelt werden kann. Das erfindungsgemäße Elektrolysesystem ist bevorzugt in Form eines SOEC-Systems oder eines reversibel betreibbaren SOFC/SOEC-Systems ausgestaltet. D. h., das Elektrolysesystem kann mit einer Betriebstemperatur von ca. 500°C bis ca. 900°C betrieben werden.

Stromabwärts des Prozesswasserbehälters ist vorzugsweise eine Pumpe zum Pumpen des Prozesswassers vom Prozesswasserbehälter zur Produktgasseite, genauer gesagt in Richtung der Produktgasseite zu einer Einspritzvorrichtung, angeordnet. Stromabwärts der Pumpe kann die Einspritzvorrichtung, beispielsweise in Form eines Ejektors, zum zerstäubten oder nicht zerstäubten Einspritzen des Wassers in die Produktgasseite ausgestaltet sein. Das Wasser wird bevorzugt über eine Verdampfungseinheit wie einen Wärmetauscher geführt, und nach diesem über den Ejektor eingedüst, wodurch Produktabgas aus der Abgasleitung teilweise miteingesaugt wird.

Die Rezirkulationsleitung kann einen Verzweigungsabschnitt zum Verzweigen des Produktgases in Richtung des Prozesswasserbehälters durch die Rezirkulationsleitung sowie in Richtung der Einspritzvorrichtung und/oder in Richtung der Produktgasseite, d. h., stromaufwärts der Produktgasseite, durch eine Produktgasseite-Rezirkulationsleitung, aufweisen. Stromabwärts des Verzweigungsabschnitts und stromaufwärts der Produktgasseite kann in der Produktgasseite-Rezirkulationsleitung ein Ventil zum Sperren und Freigeben der Produktgasseite-Rezirkulationsleitung angeordnet sein. Ebenso kann stromabwärts des Verzweigungsabschnitts und stromaufwärts des Prozesswasserbehälters ein Ventil zum Sperren und Freigeben der Rezirkulationsleitung angeordnet sein. Durch die Ventile kann das Produktgas wahlweise zum Prozesswasserbehälter und/oder zur Produktgasseite rückgeführt werden.

Das Ventil in der Rezirkulationsleitung ist bevorzugt als Rückstauventil ausgestaltet. Damit kann auf einfache und zuverlässige Weise ein Ansaugen von Prozesswasser und/oder einem Gas aus dem Prozesswasserbehälter in die Rezirkulationsleitung verhindert werden. Durch das Ventil in der Rezirkulationsleitung kann zudem auf einfache und direkte Weise die Produktgaszufuhr zum Prozesswasserbehälter geregelt werden. So kann das Ventil beispielsweise gesperrt werden, sobald das Prozesswasser im Prozesswasserbehälter eine vordefinierte Temperatur erreicht hat. Hierzu kann ein Temperatursensor zum Messen der Temperatur des Prozesswassers und/oder im Prozesswasserbehälter bereitgestellt sein. Der Temperatursensor kann mit einem Controller in Signalverbindung stehen. Der Controller kann auch mit dem Ventil in Signalverbindung stehen. Der Controller kann so konfiguriert sein, dass er bei Erkennen einer vordefinierbaren Temperatur im Prozesswasserbehälter und/oder im Prozesswasser das Ventil in einen Sperrzustand zum Sperren der Rezirkulationsleitung schaltet.

Der Prozesswasserbehälter beinhaltet bevorzugt eine bestimmte, dem Systembetrieb angepasste Menge an Prozesswasser. Ferner kann eine Prozesswasserquelle zum kontinuierlichen, dem Betrieb des Elektrolysesystems entsprechenden Nachfüllen des Prozesswasserbehälters bereitgestellt sein. Das Produktgas kann durch die Produktgasauslassleitung abgeleitet und anschließend weiteren Aufbereitungsanlagen und/oder Prozessen zugeführt werden. Im erfindungsgemäßen Elektrolysesystem werden damit zur Steigerung der Systemeffizienz die Kondensation von Produktgas, das Rückführen von Kondensat in das Prozesswasser sowie die Abwärmenutzung aus dem Produktgas für die Prozesswasservorwärmung kombiniert.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Elektrolysesystem im Prozesswasserbehälter eine Produktgaszuleitung zum Leiten des Produktgases in das Prozesswasser ausgestaltet ist. Insbesondere geht die Rezirkulationsleitung in die Produktgaszuleitung über, um das Produktgas von der Rezirkulationsleitung in die Produktgaszuleitung und von dort direkt in das Prozesswasser leiten zu können. Das Produktgas, welches Restwärme und Restdampf beinhaltet, kann über die offene Produktgaszuleitung bei ausreichendem Überdruck direkt in das Prozesswasser strömen, welches in flüssiger Phase vorliegt. Das Produktgas kann hierbei in das

flüssige Prozesswasser entweichen und durch den Dichteunterschied in Form von Gasblasen aufsteigen, wobei durch den direkten Kontakt mit dem Prozesswasser dieses erwärmt wird und das Produktgas abgekühlt wird. Der Dampfanteil im Produktgas kondensiert und verbleibt direkt im Prozesswasser.

Von Vorteil ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Elektrolysesystem die Produktgaszuleitung in Gravitationsrichtung betrachtet in einem unteren Bereich des Prozesswasserbehälters mündet. Umso weiter unten das Produktgas in den Prozesswasserbehälter geleitet wird, desto länger kann das Produktgas auf dem Weg zur Prozesswasseroberfläche in thermische Wechselwirkung mit dem Prozesswasser treten, d. h., das Prozesswasser erwärmen. Selbstverständlich muss dabei sichergestellt werden, dass die Produktgasleitung stets frei in das Prozesswasser münden kann. Unter einem unteren Bereich kann ein Bereich möglichst nahe am Boden des Prozesswasserbehälters, beispielsweise in den unteren 10% des Prozesswasserbehälters, verstanden werden. Die Produktgaszuleitung kann beispielsweise in Gravitationsrichtung betrachtet unterhalb einer Prozesswasser-Mindestfüllgrenze münden, bis zu welcher der Prozesswasserbehälter stets mit Prozesswasser gefüllt ist oder zumindest sein sollte. Darüber hinaus ist es Vorteil, wenn die Frischwasserzuleitung aus gravimetrischer Sicht oberhalb angebracht ist und die Frischwasserzuleitung stromabwärts in Richtung Pumpe (bzw. von Pumpe angesaugt) gravimetrisch unten abgeführt ist. Dadurch herrscht ein Gegenstrom zwischen Flüssigwasser und Gasphase des Produktgases vor. Weiter kann der Eintritt des Produktgases in den Behälter auf mehrere Öffnungen aufgeteilt werden, um eine homogenere Verteilung der Gasblasen zu erzielen.

Außerdem ist es bei einem Elektrolysesystem gemäß der vorliegenden Erfindung möglich, dass die Produktgasauslassleitung in Gravitationsrichtung betrachtet in einem oberen Bereich des Prozesswasserbehälters beginnt. Damit kann sichergestellt werden, dass nur gasförmiges Fluid und kein Prozesswasser durch die Produktgasauslassleitung aus dem Prozesswasserbehälter geführt wird. Unter dem oberen Bereich des Prozesswasserbehälters kann ein Bereich in den oberen 10% im Prozesswasserbehälter verstanden werden.

Von weiterem Vorteil kann es sein, wenn bei einem Elektrolysesystem stromabwärts des Prozesswasserbehälters und stromaufwärts der Produktgasseite eine kalte Seite

eines Wärmetauschers zum Zuführen von Prozesswasser durch die kalte Seite des Wärmetauschers zur Produktgasseite angeordnet ist sowie stromabwärts der Produktgasseite und stromaufwärts des Prozesswasserbehälters eine heiße Seite des Wärmetauschers zum Zuführen von Produktgas durch die heiße Seite des Wärmetauschers zum Prozesswasserbehälter angeordnet ist. Damit kann das Produktgas bereits stromaufwärts des Prozesswasserbehälters zum Aufheizen des Elektrolysesystems genutzt werden. Genauer gesagt kann das Produktgas auf der heißen Seite des Wärmetauschers zum wenigstens teilweisen Verdampfen von Prozesswasser auf der kalten Seite des Wärmetauschers, der entsprechend als Verdampfer ausgeführt sein kann, genutzt werden. Damit lässt sich die Effizienz des Gesamtsystems weiter steigern.

Bei einer weiteren Ausgestaltungsvariante der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass der Prozesswasserbehälter im Elektrolysesystem gasdicht oder im Wesentlichen gasdicht angeordnet ist. D. h., am Prozesswasserbehälter sind zwar Fluidleitungen zum Zuführen von Fluiden zum Prozesswasserbehälter und zum Auslassen von Fluiden vom Prozesswasserbehälter ausgestaltet. Insgesamt betrachtet ist das System jedoch als geschlossen zu betrachten, sodass im Prozesswasserbehälter Druck aufgebaut werden kann und/oder Flüssigkeiten und Gase im Systembetrieb nur durch die vorhandenen Zu- und Auslassleitungen in den Prozesswasserbehälter und aus dem Prozesswasserbehälter geführt werden können. Damit können eine kontrollierte Produktgaszufuhr und Produktgasabfuhr am Prozesswasserbehälter realisiert werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Wärmerückgewinnung in einem wie vorstehend im Detail beschriebenen Elektrolysesystem zur Verfügung gestellt. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- Rückführen von Produktgas von der Produktgasseite in den Prozesswasserbehälter durch eine Rezirkulationsleitung für eine thermische Wechselwirkung zwischen dem Produktgas und dem Prozesswasser im Prozesswasserbehälter, und
- Leiten von Produktgas aus dem Prozesswasserbehälter durch eine Produktgasauslassleitung.

Damit bringt ein erfindungsgemäßes Verfahren die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Elektrolysesystem beschrieben worden sind. Die Wärmerückgewinnung ist mit Bezug auf den Brennstoffzellenstapel zu verstehen, da Wärmenergie in Form des Produktgases den Brennstoffzellenstapel verlässt und über das Prozesswasser, das durch das Produktgas aufgewärmt wird, wieder zurück in den Brennstoffzellenstapel geführt wird.

Wie vorstehend erwähnt ist es von Vorteil, wenn das Produktgas, zum Abscheiden eines Wasserdampfanteils des Produktgases in das Prozesswasser, durch die Produktgaszuleitung direkt in das Prozesswasser, insbesondere in den unteren Bereich des Prozesswasserbehälters, geführt wird.

Ebenso ist es von Vorteil, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren Prozesswasser vom Prozesswasserbehälter zur Produktgasseite geführt wird und zumindest vorübergehend gleichzeitig Produktgas von der Produktgasseite zum Prozesswasserbehälter geführt wird. Damit kann erreicht werden, dass das Prozesswasser während der Zufuhr zum Brennstoffzellenstapel kontinuierlich durch das Produktgas erwärmt wird. Zusätzliche Heizvorrichtungen können dadurch eingespart oder zumindest mit reduzierter Leistung betrieben werden.

Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind.

Es zeigen jeweils schematisch:

- Figur 1 eine Blockdiagramm zum Beschreiben eines Elektrolysesystems gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 2 eine Detailansicht zum Beschreiben eines erfindungsgemäßen Prozesswasserbehälters, und
- Figur 3 ein Flussdiagramm zum Erläutern eines Verfahrens gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

In Fig. 1 ist ein Elektrolysesystem 1 gemäß einer bevorzugten Ausgestaltungsvariante in Form eines SOEC-Systems dargestellt. Das Elektrolysesystem 1 weist einen Brennstoffzellenstapel 2 mit einer Produktgasseite 3 und einer Luftseite 4 auf. Außerdem weist das Elektrolysesystem 1 einen gasdichten Prozesswasserbehälter 5 zum Bereitstellen von Prozesswasser 6 für die Produktgasseite 3 des Brennstoffzellenstapels 2 sowie eine Rezirkulationsleitung 7, 8 zum Rückführen von Produktgas 14 von der Produktgasseite 3 in den Prozesswasserbehälter 5 für eine thermische Wechselwirkung zwischen dem Produktgas 14 und dem Prozesswasser 6 im Prozesswasserbehälter 5 auf. Am und teilweise im Prozesswasserbehälter 5 ist eine Produktgasauslassleitung 9 zum Leiten von Produktgas 14 aus dem Prozesswasserbehälter 5 ausgestaltet.

Das Elektrolysesystem 1 weist ferner einen Wärmetauscher 11 in Form eines Verdampfers zum wenigstens teilweisen Verdampfen des Prozesswassers 6 auf. Eine kalte Seite 12 des Wärmetauschers 11 ist zum Zuführen von Prozesswasser 6 durch die kalte Seite 12 des Wärmetauschers 11 zur Produktgasseite 3 stromabwärts des Prozesswasserbehälters 5 und stromaufwärts der Produktgasseite 3 angeordnet. Eine heiße Seite 13 des Wärmetauschers 11 ist zum Zuführen von Produktgas 14 durch die heiße Seite 13 des Wärmetauschers 11 zum Prozesswasserbehälter 5 stromabwärts der Produktgasseite 3 und stromaufwärts des Prozesswasserbehälters 5 angeordnet.

Stromaufwärts der Produktgasseite 3 ist in der dargestellten Ausführungsform eine Einspritzvorrichtung in Form eines Ejektors 15 angeordnet. Genauer gesagt ist der Ejektor 15 stromaufwärts der Produktgasseite 3 und stromabwärts der kalten Seite 12 des Wärmetauschers 11 angeordnet. Das zumindest teilweise verdampfte Prozesswasser 6 aus dem Wärmetauscher 11 kann dem Ejektor 15 damit als Primärfluid zugeführt werden.

Die Rezirkulationsleitung 7, 8 weist einen ersten Rezirkulationsabschnitt 7 und einen zweiten Rezirkulationsabschnitt 8 auf. Der erste Rezirkulationsabschnitt 7 verläuft von der Produktgasseite 3 zum Ejektor 15 zur Rückführung von Produktgas 14 von der Produktgasseite 3 als Sekundärfluid zum Ejektor 15. Am ersten Rezirkulationsabschnitt 7 ist ein Verzweigungsabschnitt 17 angeordnet, von welchem sich der erste Rezirkulationsabschnitt 7 in den zweiten Rezirkulationsabschnitt 8 verzweigt. Stromabwärts des Verzweigungsabschnitts 17 ist im ersten

Rezirkulationsabschnitt 7 stromaufwärts des Ejektors 15, genauer gesagt stromaufwärts eines Fluideingangs für das Sekundärfluid, ein Ventil 16 zum Sperren und Freigeben des ersten Rezirkulationsabschnitts 7 angeordnet. Wird der erste Rezirkulationsabschnitt 7 durch das Ventil 16 gesperrt, kann kein Produktgas 14 mehr zum Ejektor 15 fließen.

Der zweite Rezirkulationsabschnitt 8 verläuft vom Verzweigungsabschnitt 17 durch die heiße Seite 13 des Wärmetauschers 11 bis hin zum Prozesswasserbehälter 5. Stromaufwärts des Prozesswasserbehälters 5 und stromabwärts der heißen Seite 13 des Wärmetauschers 11 ist im zweiten Rezirkulationsabschnitt 8 ein weiteres Ventil 18 zum Sperren und Freigeben des zweiten Rezirkulationsabschnitts 8 angeordnet. Das weitere Ventil 18 ist als Rückschlagventil ausgestaltet, um ein unerwünschtes Rückführen von Produktwasser 6 und/oder Produktgas 14 aus dem Produktwasserbehälter 5 zurück Richtung der heißen Seite 13 des Wärmetauschers 11 zu verhindern sowie einen vordefinierbaren Überdruck in Richtung des Prozesswasserbehälters 5 zu gewährleisten.

Am Prozesswasserbehälter 5 ist eine Prozesswasserzuleitung 19 zum Zuführen von Prozesswasser 6 von einer Prozesswasserquelle 21 in den Prozesswasserbehälter 5 ausgestaltet. Außerdem ist am Prozesswasserbehälter 5 eine Prozesswasserauslassleitung 20 zum Auslassen von Prozesswasser 6 vom Prozesswasserbehälter 5 in Richtung der kalten Seite 12 des Wärmetauschers 11 sowie der Produktgasseite 3 ausgestaltet. In der Prozesswasserauslassleitung 20 ist ferner eine Pumpe 22 zum Pumpen des Prozesswassers 6 von der Prozesswasserquelle 21 durch die Prozesswasserauslassleitung 20 zur kalten Seite 12 des Wärmetauschers 11 ausgestaltet.

Mit Bezug auf Fig. 2 wird anschließend der Prozesswasserbehälter 5 im Detail beschrieben. In Fig. 2 ist zu erkennen, dass am Prozesswasserbehälter 5 sowie teilweise im Prozesswasserbehälter 5 eine Produktgaszuleitung 10 zum Leiten des Produktgases 14 direkt in das Prozesswasser 6 ausgestaltet ist. Die Produktgaszuleitung 10 mündet gemäß der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform in Gravitationsrichtung betrachtet in einem Bereich in den unteren 10% des Prozesswasserbehälters 5, d. h., in der Nähe des Bodens des Prozesswasserbehälters 5. Die Produktgasauslassleitung 9 beginnt in Gravitationsrichtung betrachtet in einem Bereich in den oberen 10% des

Prozesswasserbehälters 5. Die Produktauslassleitung 9 mündet in einer Produktgasleitung 23, durch welche das durch das Prozesswasser 6 abgekühlte und auskondensierte Produktgas 14 weiteren Funktionsbauteilen und/oder Prozessen im Elektrolysesystem 1 zugeführt werden kann. Der Prozesswasserbehälter 5 kann auch in anderen Anwendungen als in einem Elektrolysesystem 1 verwendet werden.

Mit Bezug auf Fig. 3 wird anschließend ein Verfahren zur Wärmerückgewinnung in einem wie in Fig. 1 dargestellten Elektrolysesystem 1 beschrieben. In einem ersten Schritt wird Produktgas 14 von der Produktgasseite 3 durch den ersten Rezirkulationsabschnitt 7, den zweiten Rezirkulationsabschnitt 8, die heiße Seite 13 des Wärmetauschers 11 und die Produktgaszuleitung 10, für eine thermische Wechselwirkung zwischen dem Produktgas 14 und dem Prozesswasser 6 im Prozesswasserbehälter 5, in den Prozesswasserbehälter 5, genauer gesagt direkt in das Prozesswasser 6 im Prozesswasserbehälter 5, rückgeführt. Sobald sich das Produktgas 14 im Prozesswasser 6 befindet, können Wasserdampfanteile des Produktgases 14 in das Prozesswasser 6 abgeschieden werden. In einem zweiten Schritt S2 wird das Produktgas 14 anschließend durch die Produktgasauslassleitung 9 aus dem Prozesswasserbehälter 5 geführt. Ein Zuführen von Prozesswasser 6 vom Prozesswasserbehälter 5 zur Produktgasseite 3 und das Zuführen von Produktgas 14 von der Produktgasseite 3 zum Prozesswasserbehälter 5 werden zumindest vorübergehend gleichzeitig durchgeführt.

Die Erfindung lässt neben den dargestellten Ausführungsformen weitere Gestaltungsgrundsätze zu. D. h., die Erfindung soll nicht auf die mit Bezug auf die Figuren erläuterten Ausführungsbeispiele beschränkt betrachtet werden. So kann das Ventil 18 stromabwärts der heißen Seite 13 des Wärmetauschers 11 auch stromaufwärts der heißen Seite 13 des Wärmetauschers 11 angeordnet oder gar nicht erst verbaut sein. Die Produktgaszuleitung 10 kann als Teil der Rezirkulationsleitung bzw. des zweiten Rezirkulationsabschnitts 8 verstanden werden. Die Produktgasauslassleitung 9 kann als Teil der Produktgasleitung 23 verstanden werden.

**Bezugszeichenliste**

- 1 Elektrolysesystem
- 2 Brennstoffzellenstapel
- 3 Produktgasseite
- 4 Luftseite
- 5 Prozesswasserbehälter
- 6 Prozesswasser
- 7 erster Rezirkulationsabschnitt (Rezirkulationsleitung)
- 8 zweiter Rezirkulationsabschnitt (Rezirkulationsleitung)
- 9 Produktgasauslassleitung
- 10 Produktgaszuleitung
- 11 Wärmetauscher
- 12 kalte Seite
- 13 heiße Seite
- 14 Produktgas
- 15 Ejektor
- 16 Ventil
- 17 Verzweigungsabschnitt
- 18 Ventil
- 19 Prozesswasserzuleitung
- 20 Prozesswasserauslassleitung
- 21 Prozesswasserquelle
- 22 Pumpe
- 23 Produktgasleitung

### Patentansprüche

1. Elektrolysesystem (1), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einer Produktgasseite (3) und einer Luftseite (4), einen Prozesswasserbehälter (5) zum Bereitstellen von Prozesswasser (6) für die Produktgasseite (3) des Brennstoffzellenstapels (2), eine Rezirkulationsleitung (7, 8) zum Rückführen von Produktgas (14) von der Produktgasseite (3) in den Prozesswasserbehälter (5) für eine thermische Wechselwirkung zwischen dem Produktgas (14) und dem Prozesswasser (6) im Prozesswasserbehälter (5), und eine Produktgasauslassleitung (9) zum Leiten von Produktgas (14) aus dem Prozesswasserbehälter (5).
2. Elektrolysesystem (1) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
im Prozesswasserbehälter (5) eine Produktgaszuleitung (10) zum Leiten des Produktgases (14) in das Prozesswasser (6) ausgestaltet ist.
3. Elektrolysesystem (1) nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Produktgaszuleitung (10) in Gravitationsrichtung betrachtet in einem unteren Bereich des Prozesswasserbehälters (5) mündet.
4. Elektrolysesystem (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Produktgasauslassleitung (9) in Gravitationsrichtung betrachtet in einem oberen Bereich des Prozesswasserbehälters (5) beginnt.
5. Elektrolysesystem (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
stromabwärts des Prozesswasserbehälters (5) und stromaufwärts der Produktgasseite (3) eine kalte Seite (12) eines Wärmetauschers (11) zum Zuführen von Prozesswasser (6) durch die kalte Seite (12) des Wärmetauschers (11) zur Produktgasseite (3) angeordnet ist sowie stromabwärts der Produktgasseite (3) und stromaufwärts des Prozesswasserbehälters (5) eine heiße Seite (13) des Wärmetauschers (11) zum Zuführen von Produktgas (14) durch die heiße Seite (13) des Wärmetauschers (11) zum Prozesswasserbehälter (5) angeordnet ist.

6. Elektrolysesystem (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Prozesswasserbehälter (5) im Elektrolysesystem (1) gasdicht oder im Wesentlichen gasdicht angeordnet ist.
7. Elektrolysesystem (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Elektrolysesystem (1) in Form eines SOEC-Systems oder eines reversibel betriebbaren SOFC/SOEC-Systems ausgestaltet ist.
8. Verfahren zur Wärmerückgewinnung in einem Elektrolysesystem (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche, aufweisend die Schritte:
  - Rückführen von Produktgas (14) von der Produktgasseite (3) in den Prozesswasserbehälter (5) durch eine Rezirkulationsleitung (7, 8) für eine thermische Wechselwirkung zwischen dem Produktgas (14) und dem Prozesswasser (6) im Prozesswasserbehälter (5), und
  - Leiten von Produktgas (14) aus dem Prozesswasserbehälter (5) durch eine Produktgasauslassleitung (9).
9. Verfahren nach Anspruch 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Produktgas (14), zum Abscheiden eines Wasserdampfanteils des Produktgases (14) in das Prozesswasser (6), im Prozesswasserbehälter (5) in das Prozesswasser (6) geführt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
Prozesswasser (6) vom Prozesswasserbehälter (5) zur Produktgasseite (3) geführt wird und zumindest vorübergehend gleichzeitig Produktgas (14) von der Produktgasseite (3) zum Prozesswasserbehälter (5) geführt wird.

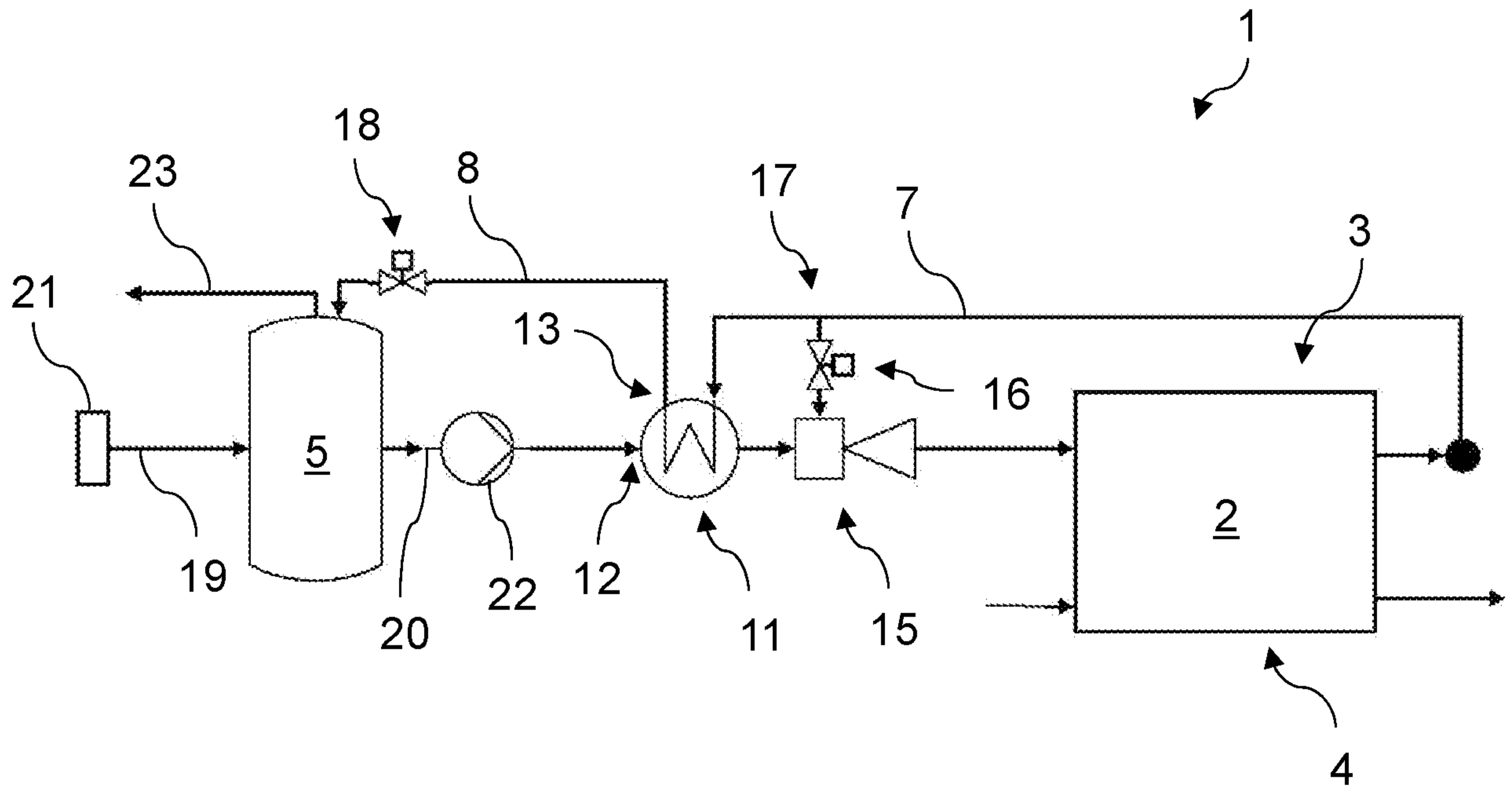


Fig. 1

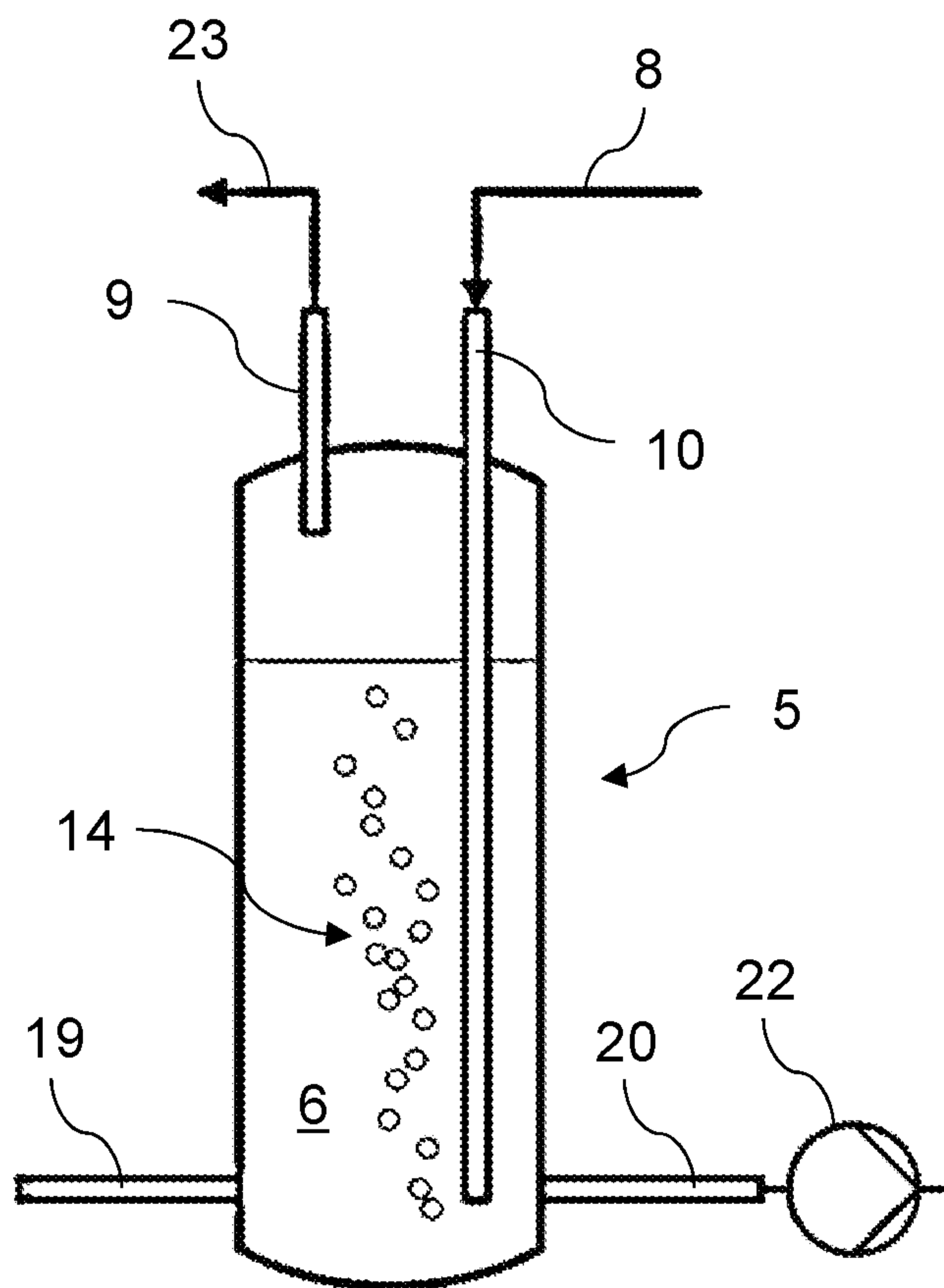


Fig. 2

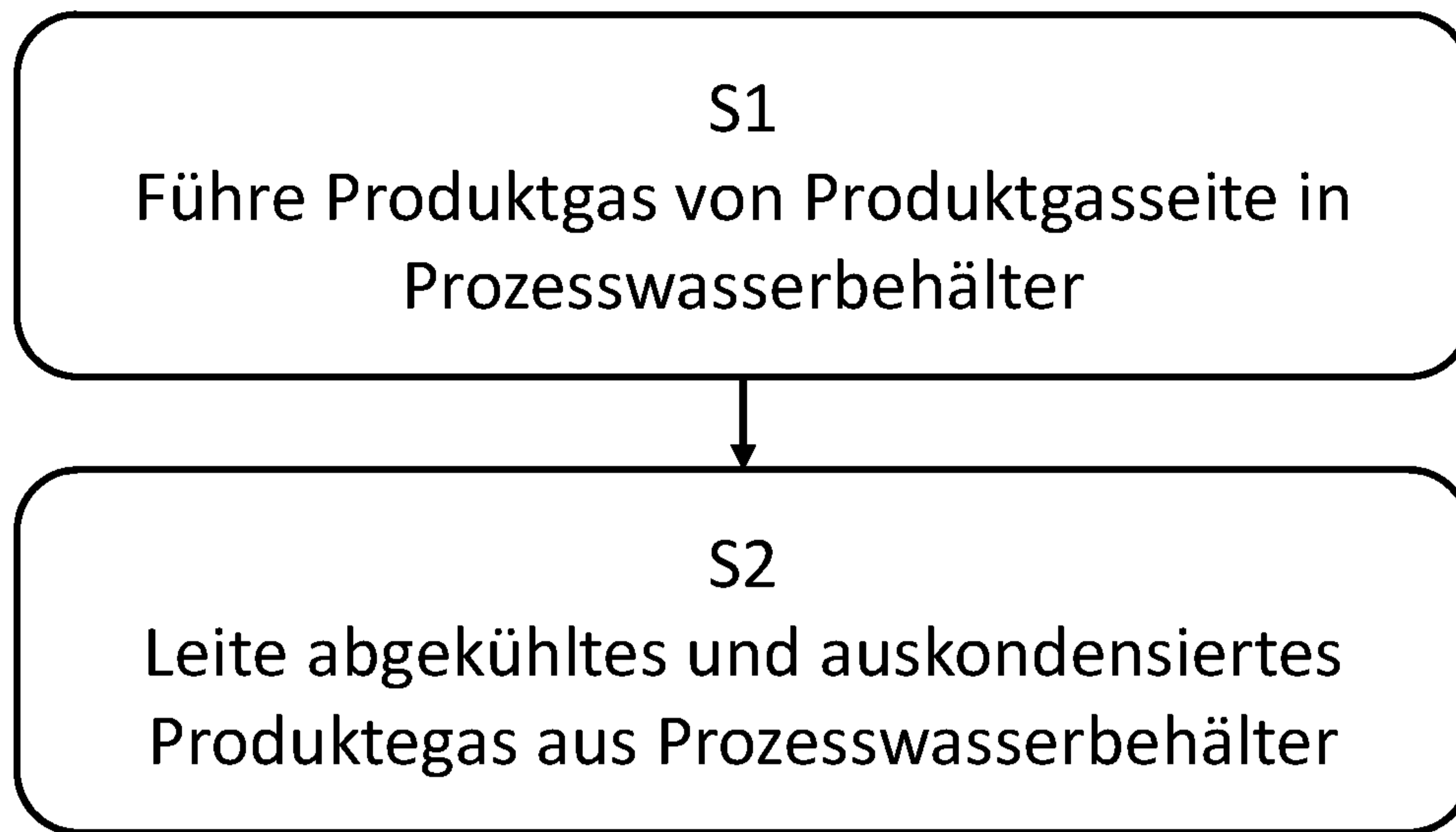


Fig. 3