



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 56 281 A1** 2004.06.24

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 56 281.4**

(22) Anmeldetag: **03.12.2002**

(43) Offenlegungstag: **24.06.2004**

(51) Int Cl.⁷: **H01M 8/24**
H01M 8/02

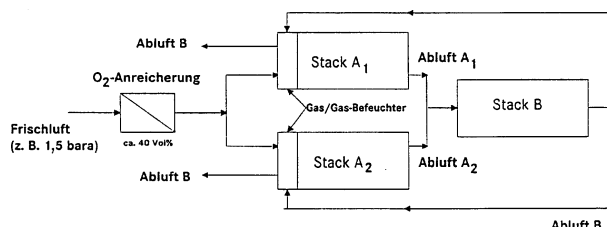
(71) Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Heller, Cosmas, Dipl.-Ing., 88045 Friedrichshafen, DE; Koch, Alfred, Dipl.-Phys., 88709 Meersburg, DE; Schmid, Ottmar, Dipl.-Ing. (FH), 88677 Markdorf, DE; Schudy, Markus, Dipl.-Ing., 71638 Ludwigsburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellensystem mit vorteilhafter Stackverschaltung**

(57) Zusammenfassung: Zur Verbesserung des Feuchtigkeitsgehalts der Reaktionsgase bei PEM-Brennstoffzellen wird vorgeschlagen, Stacks mit verschiedenen Betriebstemperaturen miteinander zu verschalten. Dabei werden die Kathodengase zunächst in einen oder mehrere Stacks geleitet, die auf einer niedrigeren Betriebstemperatur arbeiten und anschließend in nachgeschaltete Stacks mit höherer Betriebstemperatur weitergeführt. Innerhalb eines jeweiligen Stacks werden in der bevorzugten Ausführungsform die Reaktionsgase im Gegenstrom über die Flowfields der Polymerelektrolytmembranen geleitet. Durch Vorbefeuchtung der Reaktionsgase und/oder Zumischung von unverbrauchtem Anoden- bzw. Kathodengas können die Betriebsparameter optimiert werden. Entsprechend können die Temperaturwerte der verschiedenen Stacks im Betrieb durch Regulierung des Kühlmittelflusses und Wärmetauscher eingestellt werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Brennstoffzellen mit Polymerelktrolytmembranen (PEM). Bei Brennstoffzellen dieses Typs ist zu berücksichtigen, dass die Protonenleitfähigkeit und damit die Leistungsausbeute der Zelle stark vom Befeuchtungsgrad der Membran abhängt. Es ist aus diesem Grund eine hohe relative Feuchte in der Zelle gefordert. Dies läßt sich grundsätzlich durch eine niedrige Temperatur und hohen Druck der Reaktionsgase erreichen. Dabei wird durch einen niedrigen Wasserdampf-sättigungsdruck und verringerte Wasseraufnahme der Gase die Austrocknung der Membran reduziert und der technische Aufwand einer Befeuchtung der Reaktionsgase ist relativ gering.

[0002] Andererseits ist, besonders für traktionsgeeignete PEM-Brennstoffzellensysteme, eine hohe Betriebstemperatur und ein niedriger Druck der Reaktionsgase von Vorteil. Die hohe Betriebstemperatur ermöglicht eine Verkleinerung des Kühlungssystems bzw. des Wärmetauschers bei gleicher Wärmeabfuhr durch ein höheres Temperaturgefälle. Der niedrigere Druck der Reaktionsgase setzt die erforderliche Verdichterleistung herab.

Stand der Technik

[0003] Stand der Technik ist es, einen Brennstoffzellenstack, oder mehrere Stacks parallel, mit Reaktionsgasen unter einem hohen Druck zu versorgen. Unter einem Stack ist hier die Verschaltung von mehreren Einzelzellen zu verstehen. Die Reaktionsgase verlassen den Stack oder die Stacks noch mit einem relativ hohen Druck. Diese Gase werden in einer nachgeschalteten Turbine unter Abgabe von Arbeit auf Umgebungsdruck expandiert. Die so gewonnene Energie kann dem Verdichter der Reaktionsgase zugeführt werden. Der hohe Druck der Reaktionsgase vermindert den Austrocknungseffekt der Zellen und die Betriebstemperatur der Stacks kann angehoben werden. Solch ein Brennstoffzellensystem ist z.B. in der EP 0776529 B1 beschrieben.

[0004] Nachteile des Systems sind die zusätzlichen Bauteile, besonders die Turbine mit beweglichen Teilen, eine zusätzliche Verminderung der Dynamik des Systems durch die Kopplung Turbine – Verdichter und eine erhöhte Anforderung an die Dichtungskomponenten des Systems. Weiterhin müssen die Reaktionsgase bei den geforderten hohen Temperaturen vorbefeuchtet werden, da die Druckerhöhung der Gase allein zur Vermeidung des Austrocknungseffekts nicht ausreicht. Eine Vorbefeuchtung der Reaktionsgase bedeutet wiederum einen zusätzlichen technischen Aufwand.

[0005] Eine Kombination von Brennstoffzellenstacks, die bei unterschiedlichen Temperaturen betrieben werden, wird beschrieben in der EP 1009050 A2. Bei dieser Anordnung durchströmen die Reaktionsgase zunächst einen ersten Stack aus Brennstoffzellen, die für eine hohe Betriebstemperatur ausgelegt sind (HT-Stack), und werden anschließend in einen zweiten Stack aus Brennstoffzellen geleitet, die für eine niedrigere Betriebstemperatur (NT-Stack) ausgelegt sind. Durch Wärmetransport vom HT-Stack zum NT-Stack soll erreicht werden, dass bei Inbetriebnahme (Kaltstart) die Aufheizphase des gesamten Stack-Systems bis zum Erreichen der Dauer-Betriebsbedingungen verringert wird.

Aufgabenstellung

[0006] Die vorliegende Erfindung geht aus von dem dargestellten Stand der Technik. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, ein alternatives System aus PEM-Brennstoffzellenstacks zu entwickeln, das im Dauerbetrieb einen hohen Wirkungsgrad durch günstige Befeuchtungs- und Druckwerte der Reaktionsgase erreicht.

[0007] Dies wird erreicht durch das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Hauptanspruchs. Weitere Details und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Ausführungsbeispiel

[0008] Das erfindungsgemäße PEM-Brennstoffzellensystem wird im Folgenden näher beschrieben unter Bezug auf die Figuren und die darin verwendeten Angaben.

[0009] Es zeigt

[0010] **Fig. 1:** ein nach dem Stand der Technik übliches Brennstoffzellensystem mit parallel verschalteten identischen Stacks (1-3)

[0011] **Fig. 2:** das Grundschemata des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems mit Stacks verschiedener Betriebstemperatur (A, B), die nacheinander von den Reaktanden durchströmt werden

[0012] **Fig. 3:** ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems mit Angabe von Druckwerten des Kathodengases (z.B. Frischluft)

[0013] **Fig. 4 – 6:** Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems mit Sauerstoffanreicherung des Kathodengases an verschiedenen Einlaßpunkten

[0014] **Fig. 7:** Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem mit vorgeschalteter Be-
feuchtung des Kathodengases

[0015] **Fig. 8:** Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems nach **Fig. 7** mit zusätz-
licher Sauerstoffanreicherung

[0016] **Fig. 9:** Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems mit Führung des Kühl-
mediums im Kühlkreislauf des Systems

[0017] **Fig. 10:** Ausführungsbeispiel nach **Fig. 9** mit zusätzlicher Bypass-Steuerung des Kühlmittelflusses
über zwischengeschaltete Ventile

[0018] **Fig. 11:** Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems mit getrennten Kühl-
mittelkreisläufen für vorgeschaltete und nachgeschaltete Stacks

[0019] **Fig. 12:** Ausführungsbeispiel nach **Fig. 11** mit kombinierten Wärmetauschern.

[0020] Die **Fig. 1** stellt den aktuellen Stand der Technik eines Brennstoffzellensystems dar. Die Reaktionsga-
se, auf der Kathodenseite trockene Luft (Position **1**), werden in Stacks mit gleicher elektrischer Leistung ein-
geleitet. Das Kathodengas wird nach den Stacks (Position **2**) in einer Turbine oder Komplex auf Umgebungs-
druck unter Abgabe von Arbeit entspannt (Position **3**). Die einzelnen Zustandsgrößen und Parameter des Ka-
thodengases an den Punkten **1-3** sind in Tabelle A wiedergegeben. Das Kühlfluid verläßt die Brennstoffzelle
mit einer Temperatur von 80°C.

Zustand:	Druck abs.	Temp.	O ₂ -Stöch.	Molanteil O ₂	Molanteil H ₂ O	Molanteil N ₂
1 :	1,5 bar	70 °C	1,8	21 %	ca. 0 %	ca. 79 %
2 :	1,3 bar	80 °C	0,8	8 %	ca. 24 %	ca. 68 %
3 :	1,0 bar	ca. 50 °C	0,8	8 %	ca. 24 %	ca. 68 %

Notwendige Verdichterleistung (für 25 kW elektr. Leistung pro Stack, Verdichterwirkungsgrad 60%): 3,60 kW					
Gewinnbare Leistung durch Komplex: 0,43 kW					
Aufzuwendende Netto-Leistung: 3,17 kW					

Tabelle A

[0021] Das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem kombiniert demgegenüber zwei oder mehrere Stacks
aus Polymerelektrolytmembranen, die bei unterschiedlichen Betriebstemperaturen arbeiten (Abkürzungen:
niedrige Betriebstemperatur – NT, bzw. höhere Betriebstemperatur – HT). Die Reaktionsgase und das Kühlme-
dium werden zunächst den NT-Stacks auf einem niedrigen bis mittlerem Druckniveau zugeführt und nach der
Versorgung dieser Zellen in mindestens einen weiteren HT-Stack eingeleitet.

[0022] **Fig. 2** zeigt schematisch eine solche Anordnung von NT- und HT-Stacks. Die Reaktionsgase werden
zunächst in die NT-Stacks (A1, A2) eingeleitet (Punkt **1**). Das Kathodengas (hier: Luft) wird nach den
NT-Stacks (Punkt **2**) einem HT-Stack (B) zugeführt. Die NT- und HT-Stacks können gleiche elektrische Lei-
stung aufweisen. Dies ist aber nicht zwingend erforderlich und die Stacks können auch unterschiedliche Lei-
stungsgrößen aufweisen, um z.B. identische Bauteile insbesondere Bipolarplatten in allen Stacks zu verwen-
den. Am Ausgang des HT-Stacks (Punkt **3**) herrscht Umgebungsdruck oder geringer Überdruck. Die einzelnen
Zustandsgrößen und Parameter des Kathodengases an den Punkten **1-3** sind in Tabelle B wiedergegeben.
Das Kühlfluid verläßt die Brennstoffzelle mit einer relativ hohen Temperatur von 90°C.

Zustand:	Druck abs.	Temp.	O ₂ -Stöch.	Molanteil O ₂	Molanteil H ₂ O	Molanteil N ₂
1 :	1,5 bar	70 °C	2,0	21 %	ca. 0 %	ca. 79 %
2 :	1,3 bar	80 °C	2,0	9 %	ca. 23 %	ca. 68 %
3 :	1,0 bar	90 °C	1,0	4 %	ca. 24 %	ca. 72 %

Notwendige Verdichterleistung (für 25 kW elektr. Leistung pro Stack, Verdichterwirkungsgrad 60%): 2,40 kW					
---	--	--	--	--	--

Tabelle B

[0023] **Fig. 3** stellt eine Erweiterung des Brennstoffzellensystems nach **Fig. 2** mit einer unterschiedlichen An-
zahl der NT-Stacks dar.

[0024] In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems wird die zuge-
speiste Kathodenluft mit Sauerstoff angereichert. Diese Anordnung ist dargestellt in der **Fig. 4**. Die Kathoden-
luft wird z.B. mit Hilfe eines PSA-Verfahrens mit O₂ angereichert. Die Reaktionsgase werden in die NT-Stacks

(Punkt 1) eingeleitet. Das Kathodengas (hier: Luft) wird nach Durchströmen der NT-Stacks (Punkt 2) einem HT-Stack zugeführt. Die Stack können eine gleiche elektrische Leistung aufweisen. Am Ausgang des HT-Stacks (Punkt 3) herrscht beispielsweise Umgebungsdruck. Die Sauerstoffanreicherung verbessert die Stackleistung durch einen höheren O_2 -Partialdruck und damit verbesserte Diffusion, wobei die Zellen – aufgrund eines kleineren Volumenstromes – nicht so stark ausgetrocknet werden. Die erhöhte relative Feuchte kann genutzt werden, um die Stacktemperatur weiter zu erhöhen. Wie in den **Fig. 4, 5 und 6** dargestellt, kann die Anreicherung der Kathodenluft mit Sauerstoff vor den NT-Stacks und/oder vor den nachgeschalteten HT-Stacks stattfinden.

[0025] Die Reaktionsgase können den vorgeschalteten NT-Stacks trocken oder nur gering befeuchtet zugeführt werden. Da die Betriebstemperaturen dieser NT-Stacks relativ gering sind, unterbleibt ein Austrocknen der PEM-Membranen. Nach Durchlaufen der NT-Stacks sind die Reaktionsgase, insbesondere auf der Kathodenseite (durch Rückdiffusion aber auch Anodenseite), aufgrund der erfolgten Reaktion befeuchtet und werden nun den HT-Stacks zugeführt. Diese systembedingte Befeuchtung der Reaktionsgase durch (Teil-)Reaktion in den NT-Stacks erlaubt es, die nachgeschalteten Stack auf einem etwas niedrigeren Druck und einer deutlich höheren Temperatur zu betreiben, ohne deren PEM-Membranen dadurch auszutrocknen.

[0026] Das Anodengas (z.B. durch Reformierung gewonnener Wasserstoff) kann beispielsweise jedem einzelnen Stack des Brennstoffzellensystems parallel zugeführt werden. Vorzugsweise wird das Anodengas zunächst den vorgeschalteten NT-Stacks zugeführt und anschließend den nachgeschalteten HT-Stacks. Dabei kann das Anodengas beispielsweise zunächst durch alle NT-Stacks sequentiell geleitet werden und anschließend in gleicher Weise die HT-Stacks versorgen. Alternativ können auch Gruppen von Stack (im NT und/oder HT-Bereich) parallel vom Anodengas durchströmt werden. Bei entsprechender Führung des Anodengases kann auch ein sog. "dead end" Betrieb erreicht werden, d.h., dass der zugeführte Wasserstoff nicht mehr aus dem System herausgeführt wird, sondern vollständig chemisch umgesetzt wird ("dead ended system" vgl. auch WO9410716). Diese vollständige chemische Umsetzung kann auch durch eine Rückführung (Loop-Betrieb) des noch unverbrauchten Wasserstoffes wieder an den Anodeneingang, z.B. durch eine jet-pump, realisiert werden. Auch bei dieser Ausführung werden die Reaktionsgase vorzugsweise im Gegenstrom betrieben.

[0027] Wie in den **Fig. 4, 5 und 6** für das Kathodengas dargestellt, kann in entsprechender Weise auch das Anodengas an verschiedenen Einlassstellen durch Zufuhr von Wasserstoff angereichert werden.

[0028] In einer erweiterten Ausführung können die Reaktionsgase am Eingang der Stack (NT und/oder HT) befeuchtet werden, beispielsweise durch einen Gas/Gas-Befeuchter. Diese Befeuchtung ermöglicht es, die Temperaturen der Stack weiter zu erhöhen oder/und den Druck weiter zu senken. **Fig. 7** zeigt als Beispiel ein solches Brennstoffzellensystem mit zusätzlicher Befeuchtung des Kathodengases. Die Kathodenluft am Eingang der vorgeschalteten NT-Stacks (A1, A2) wird mit Hilfe eines Gas/Gas-Befeuchters durch die Abluft des nachgeschalteten HT-Stacks (B) befeuchtet. Anschließend wird die Kathodenluft am Ausgang der vorgeschalteten Stack (A1, A2) in den nachgeschalteten HT-Stack (B) geleitet. Dieses System erlaubt durch einen noch besseren Befeuchtungsgrad eine weitere Steigerung der Temperaturen und/oder Drucksenkung der Kathodenluft. Weiterhin kann somit der Kathodenluftausgang der nachgeschalteten HT-Stacks ohne Druckhalteventil über dem Umgebungsdruck gehalten werden. Zur Regulierung des Befeuchtungsgrades können an verschiedenen Punkten der Gasführung (vor und nach den NT- und HT-Stacks) Feuchtigkeitssensoren eingebracht werden, über deren Messwerte die Rückführung der abreagierten Gase (hier: Luft) gesteuert wird. Entsprechend kann mit den Anodengasen verfahren werden.

[0029] **Fig. 8** zeigt ein erweitertes Brennstoffzellensystem entsprechend **Fig. 7** mit zusätzlicher Anreicherung der Kathodenluft mit O_2 . Wie dargestellt kann die Kathodenluft am Eingang der NT-Stacks angereichert werden. Alternativ ist eine Sauerstoffanreicherung auch zusätzlich oder nur am Ausgang der vorgeschalteten NT-Stacks bzw. am Eingang der nachgeschalteten HT-Stacks möglich (nicht dargestellt). Dieses System erlaubt durch einen noch besseren Befeuchtungsgrad eine weitere Steigerung der Temperaturen und/oder Drucksenkung der Kathodenluft und durch die O_2 Anreicherung eine Leistungsverbesserung und eine bessere Vermeidung von Austrocknungseffekten.

[0030] In einer speziellen Ausführung des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems besitzt jeder Stack separat, oder die Gruppe der vorgeschalteten NT-Stacks und die Gruppe der nachgeschalteten HT-Stacks jeweils einen Kühler bzw. Wärmetauscher für das Kühlfluid. Diese können baulich getrennt sein oder in einem Gesamtkühler mit Trennung des Kühlfluids nach höherer und niedriger Temperatur integriert sein. Bei baulicher Trennung erreicht man z.B. eine höhere Freiheit bei der Anordnung der Kühler und bei einem Gesamtkühler kann dieser kompakt gebaut werden. Beim Gesamtkühler wird vorzugsweise das zur Wärmeabfuhr benutzte Medium, z.B. Umgebungsluft erst dem Bauraum mit dem Kühlfluid der niedrigeren Temperatur zugeführt. Desweiteren kann die Ausgangstemperatur des Kühlfluids eines Stack oder mehreren Stack über den zugeführten Volumenstrom über einen Bypass geregelt werden. Somit können die Volumenströme der einzelnen Stack und dadurch die Ausgangs- und zum Teil die Eingangstemperatur der Stack angepasst werden.

[0031] **Fig. 9** zeigt ein erstes Beispiel für die Führung des Kühlmediums im Kühlkreislauf des erfindungsgemäßen Systems. Das Kühlmedium wird zuerst den NT-Stacks (A1, A2) zugeführt und anschließend in die

nachgeschalteten HT-Stacks (B). Die Temperatur des Kühlmediums steigt entlang der Stacks (Punkte **1-3**) und wird mit der höchsten Temperatur dem Wärmetauscher zugeführt (Punkt **3**). Im Wärmetauscher gibt das Kühlmedium die aufgenommene Wärme ab und wird den vorgeschalteten NT-Stacks wieder zugeführt. Das Kühlmedium wird vorzugsweise im Gleichstrom mit dem Kathodengas in jedem Stack geführt, um Austrocknungseffekten entgegen zu wirken.

[0032] Die Ausgangstemperaturen der Stacks können durch Regelung der Volumenströme des Kühlmediums, z.B. über einen Bypass und 3-Wege-Ventile, geregelt werden. Diese Ausführungsform ist in **Fig. 10** dargestellt.

[0033] **Fig. 11** zeigt eine andere Ausführungsform, bei der für die vorgeschalteten NT-Stacks (A1, A2) und den nachgeschalteten HT-Stacks jeweils getrennte Kühlkreisläufe vorhanden sind. Hier können auch unterschiedliche Kühlmedien eingesetzt werden (Kühlmedium A, Kühlmedium B), um eine bauliche Trennung der Kühler zu erreichen und die Kühler effektiv für die jeweiligen Temperaturen auszulegen. Gleichzeitig ist dadurch eine Redundanz beim Ausfall eines Kühlkreislaufes gegeben.

[0034] **Fig. 12** zeigt eine Abwandlung der Anordnung nach **Fig. 11** mit getrennten Kühlkreisläufen, bei der die Kühler zu einem Gesamtkühler verbunden sind. Damit ist sowohl eine Trennung des Kühlfluids nach höherer und niedriger Temperatur (Kühlmedium A, Kühlmedium B) möglich, als auch eine kompakte Bauart des Kühlers, bei Redundanz gegen Ausfall eines Kühlkreislaufes. Beim Gesamtkühler wird vorzugsweise das zur Wärmeabfuhr benutzte Medium, z.B. Umgebungsluft, erst dem Kühlerbereich mit dem Kühlfluid der niedrigeren Temperatur zugeführt. Die beiden Kühlmedien, wie auch das wärmeabführende Medium (hier: Umgebungsluft) können im Gesamtkühler im Gleich-, Gegen- oder Kreuzstrom betrieben werden. Die Regelung der Stacktemperaturen kann über den Volumenstrom des jeweiligen Kühlmittels, z.B. durch Steuerung der Pumpleistung oder mittels Bypass/3-Wege-Ventile erfolgen.

[0035] Das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem eignet sich insbesondere für PEM-Niederdruckstacks (NT und HT). Das Kühlmedium wird dabei zuerst den vorgeschalteten NT-Stacks zugeführt und durchläuft dann die nachgeschalteten Stacks mindestens teilweise. Das Kühlmedium wird vorzugsweise im Gleichstrom mit dem Kathodengas in jedem Stack geführt. Die Reaktionsgase werden innerhalb der einzelnen Stacks vorzugsweise im Gegenstrom geführt.

[0036] Das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem bietet den Vorteil, dass aufgrund des mittleren Druckniveaus die benötigte Verdichterleistung geringer als bei einem Hochdrucksystem, wie es im Stand der Technik beschrieben ist. Das System wird durch den Wegfall der Turbine vereinfacht. Der Wirkungsgrad des Subsystems Brennstoffzelle-Kathodenluftverdichter weist dadurch einen besseren Wirkungsgrad auf. Weiterhin kann das Kühlungssystem bzw. der Wärmetauscher durch die hohe Temperatur kompakter ausgelegt werden. Bei geeigneter Ausführung, besonders durch die Auslegung von unterschiedlichen Leistungsgrößen der Stacks, können baugleiche MEAs und/oder Bipolarplatten für die Stacks verwendet werden.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem aus PEM-Zellen-Stacks, die bei unterschiedlicher Temperatur betrieben werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kathodengase zunächst in einen oder mehrere Stacks mit niedriger Betriebstemperatur (NT-Stacks) eingeleitet werden und anschließend in einen oder mehrere Stacks mit höherer Betriebstemperatur (HT-Stacks).

2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktionsgase innerhalb der Stacks im Gegenstrom geführt werden.

3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die NT-Stacks auf einem höheren Druckniveau als die HT-Stacks arbeiten.

4. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktionsgase am Ausgang der HT-Stacks Umgebungsdruck aufweisen.

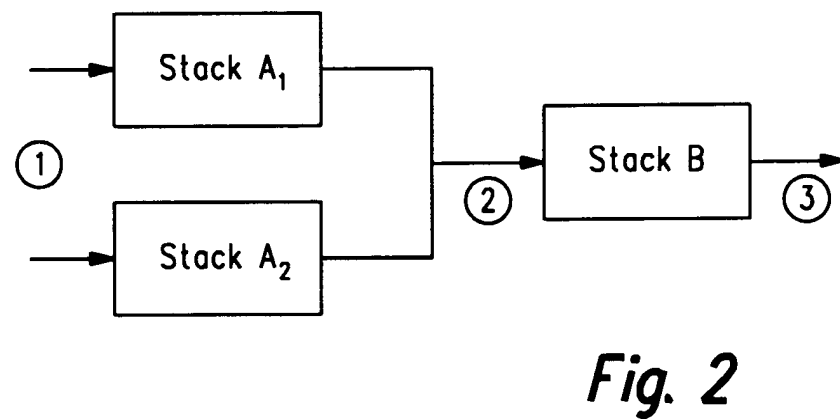
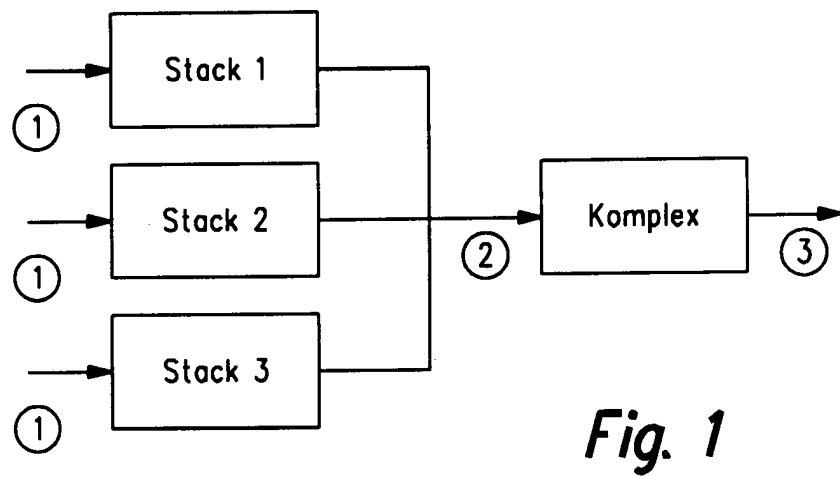
5. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorhanden sind, um die Anoden- und/oder Kathodengase zu befeuchten.

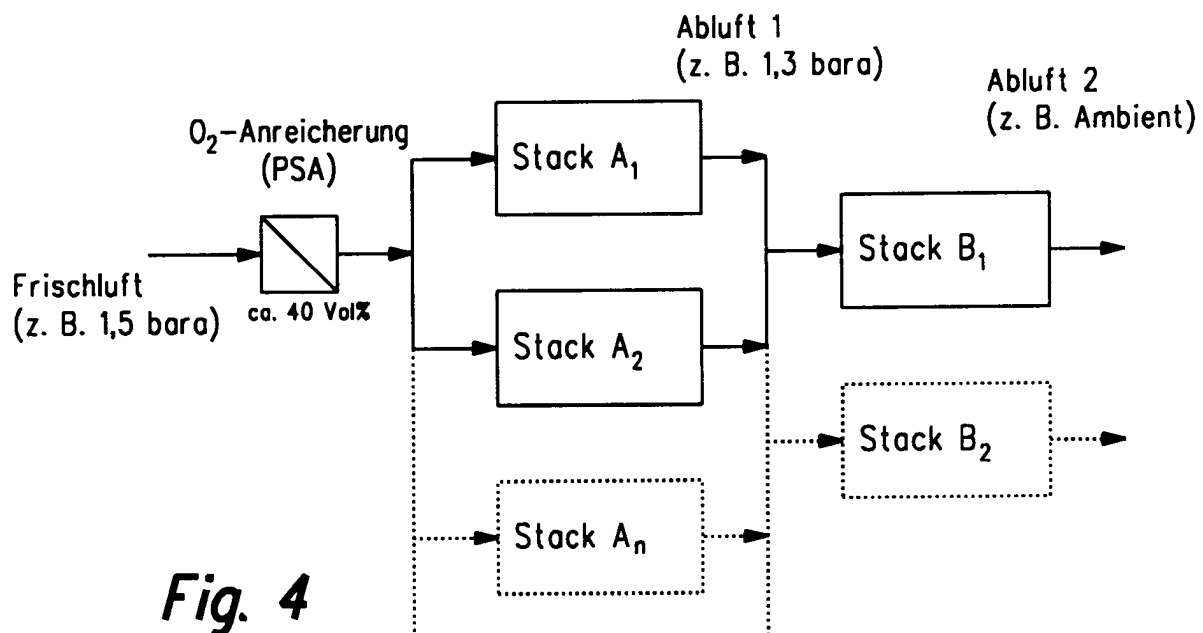
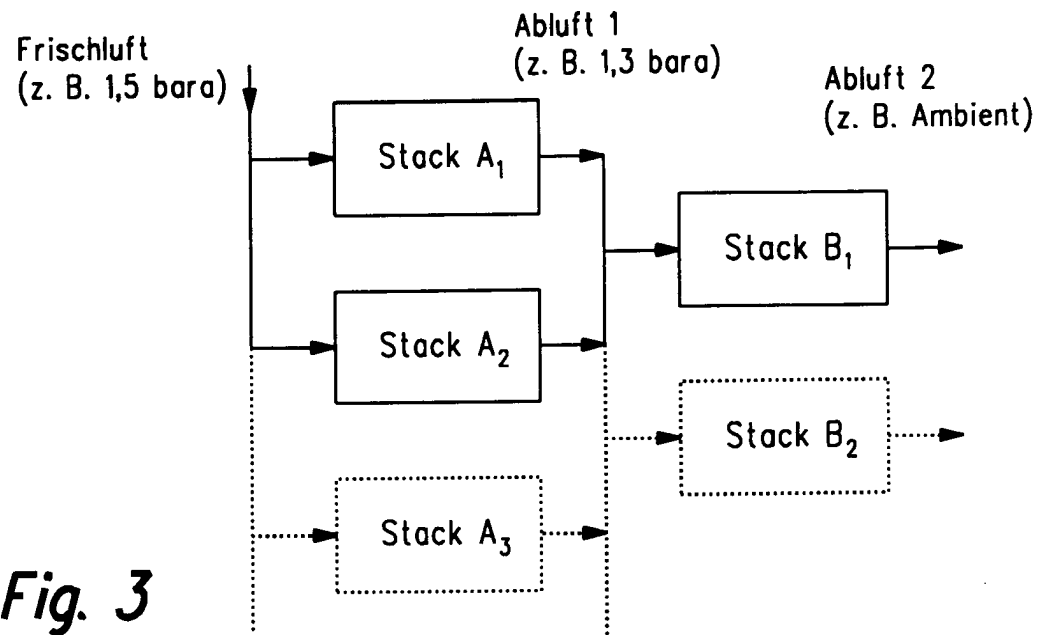
6. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Befeuchtung der Anoden- und/oder Kathodengase als Gas/Gas-Befeuchter ausgebildet sind.

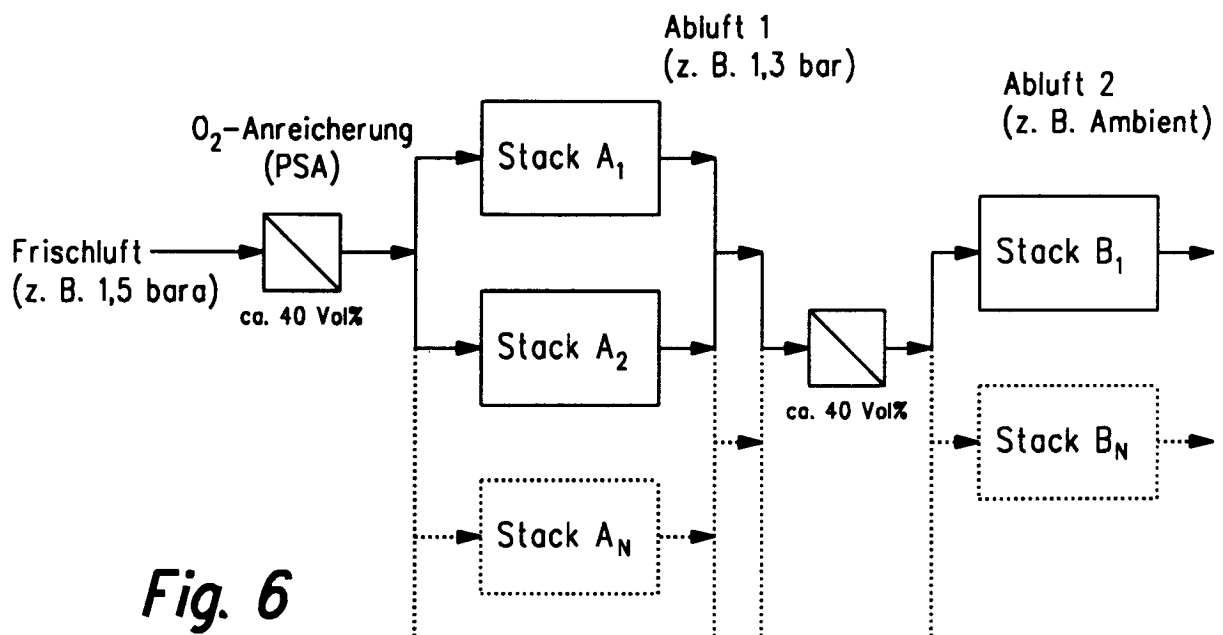
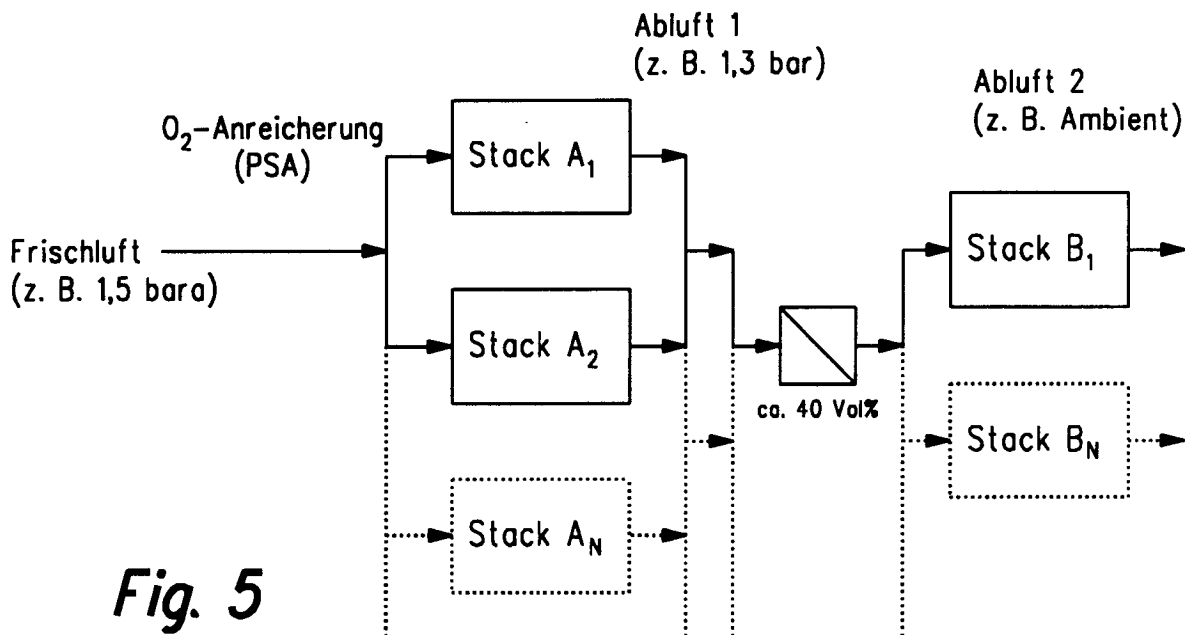
7. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Anodengas vorhandene mehrere NT-Stacks sequentiell durchläuft.

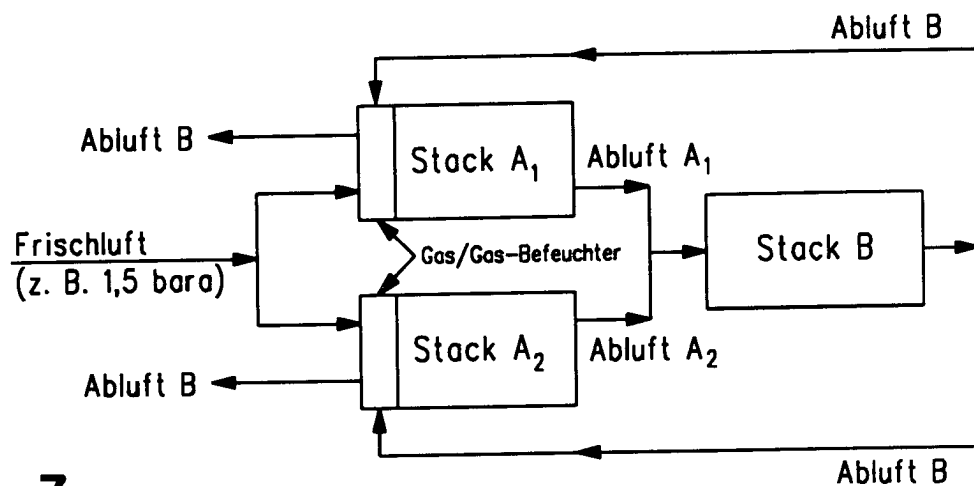
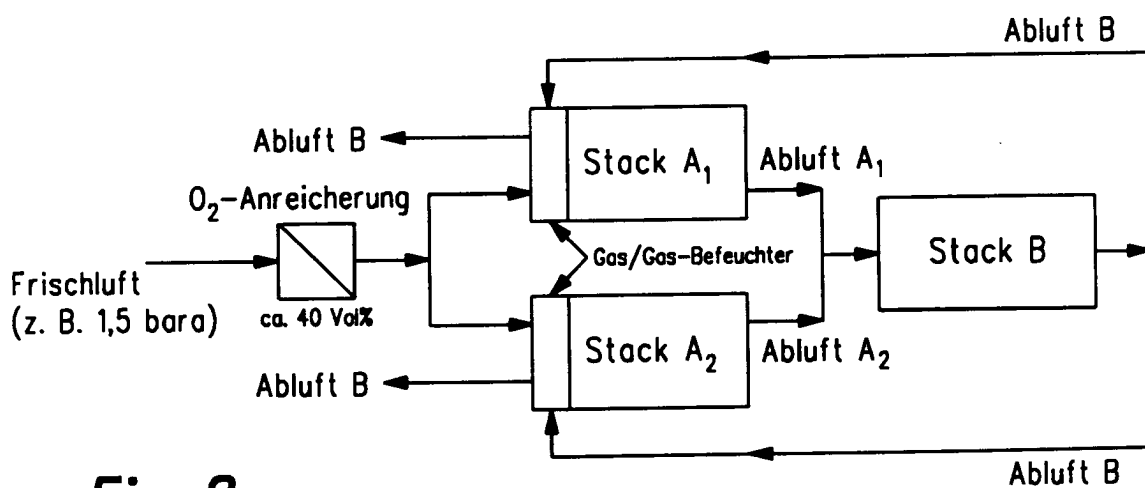
8. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Anodengas vorhandene mehrere HT-Stacks sequentiell durchläuft.
9. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Anodengas erst den HT-Stacks und anschließend den NT-Stacks zugeführt wird.
10. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Anodengas im "dead end"-Anschluß geführt wird.
11. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Rückführung (Loop) des Anodengases vorhanden ist.
12. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorhanden sind, das Kathodengas mit Sauerstoff anzureichern.
13. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Kathodengas vor Einleitung in die NT-Stacks mit Sauerstoff angereichert wird.
14. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Kathodengas vor Einleitung in die HT-Stacks mit Sauerstoff angereichert wird.
15. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlmittel innerhalb der Stacks im Gleichstrom mit dem Kathodengas geführt wird.
16. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Wärmetauscher vorhanden sind, wobei die Kühlleistung durch Regelung des Kühlmittelflusses über Stacks und Wärmetauscher, z.B. mittels Bypass, verändert werden kann.
17. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlmittel erst den NT-Stacks und anschließend den HT-Stacks zugeführt wird.
18. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass für NT- bzw. HT-Stacks getrennte Kühlmittelkreisläufe vorhanden sind.
19. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlmittelkreisläufe durch einen gemeinsamen Wärmetauscher mit interner separater Kühlmittelführung geleitet werden.
20. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass NT- und HT-Stacks unterschiedliche Leistungsgrößen aufweisen.

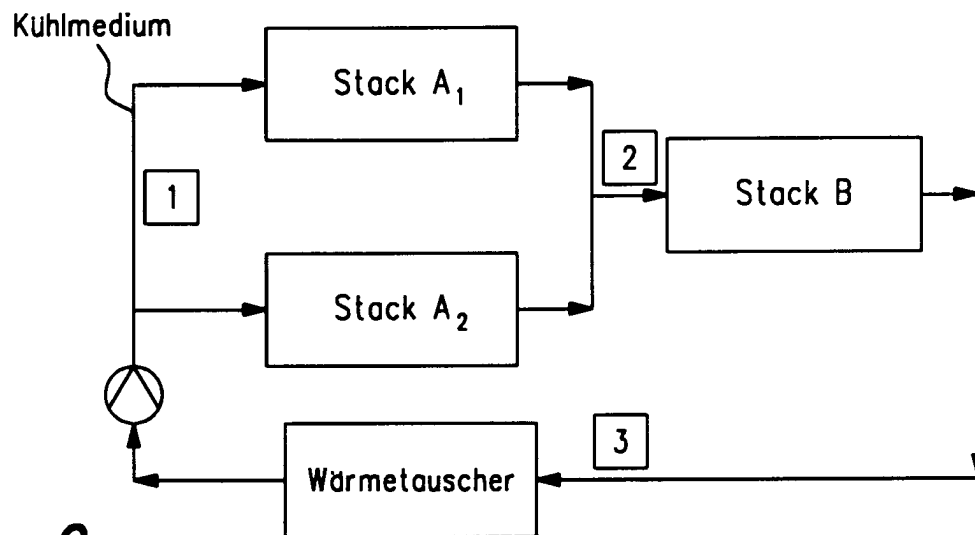
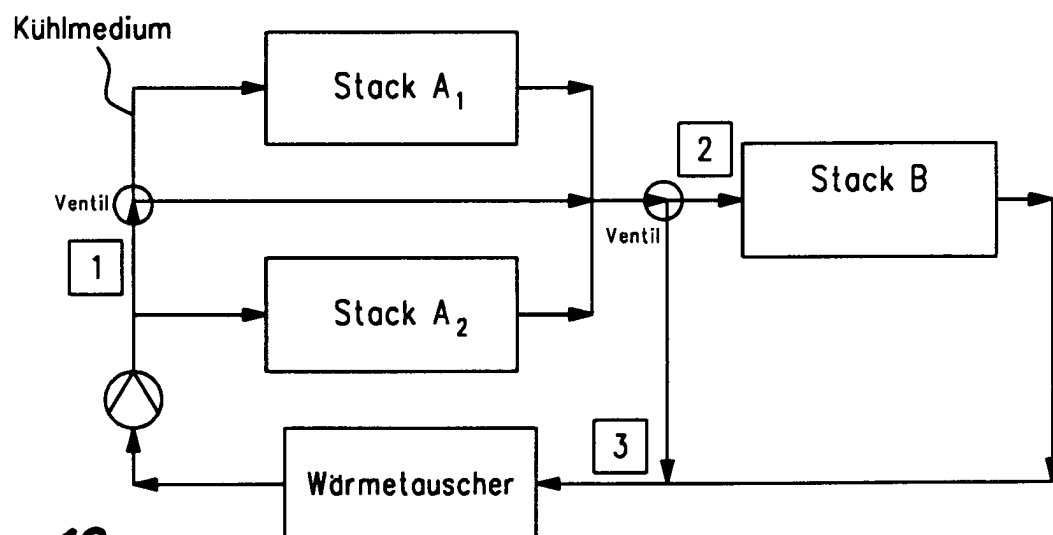
Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

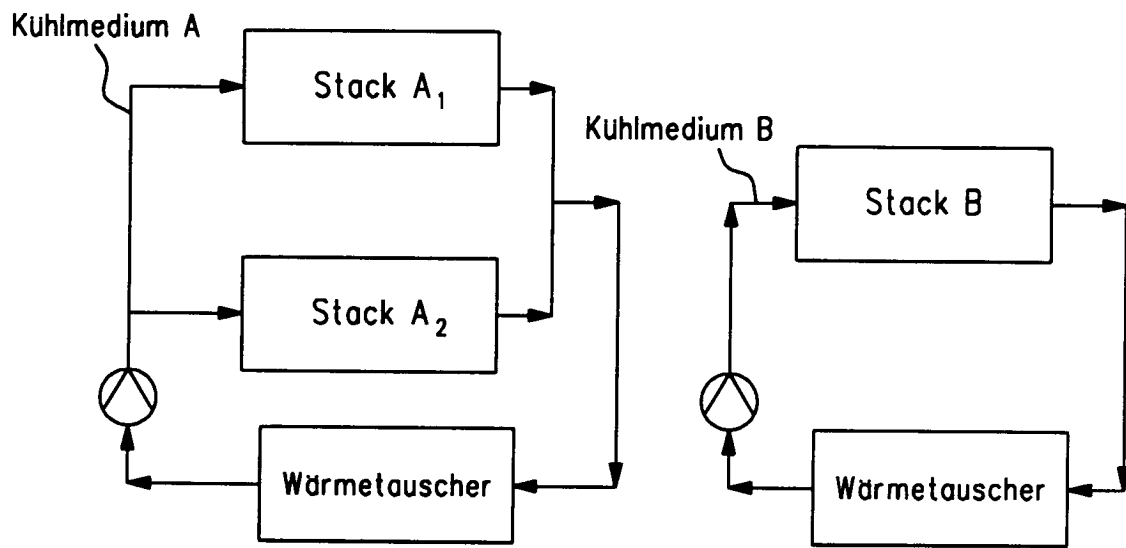
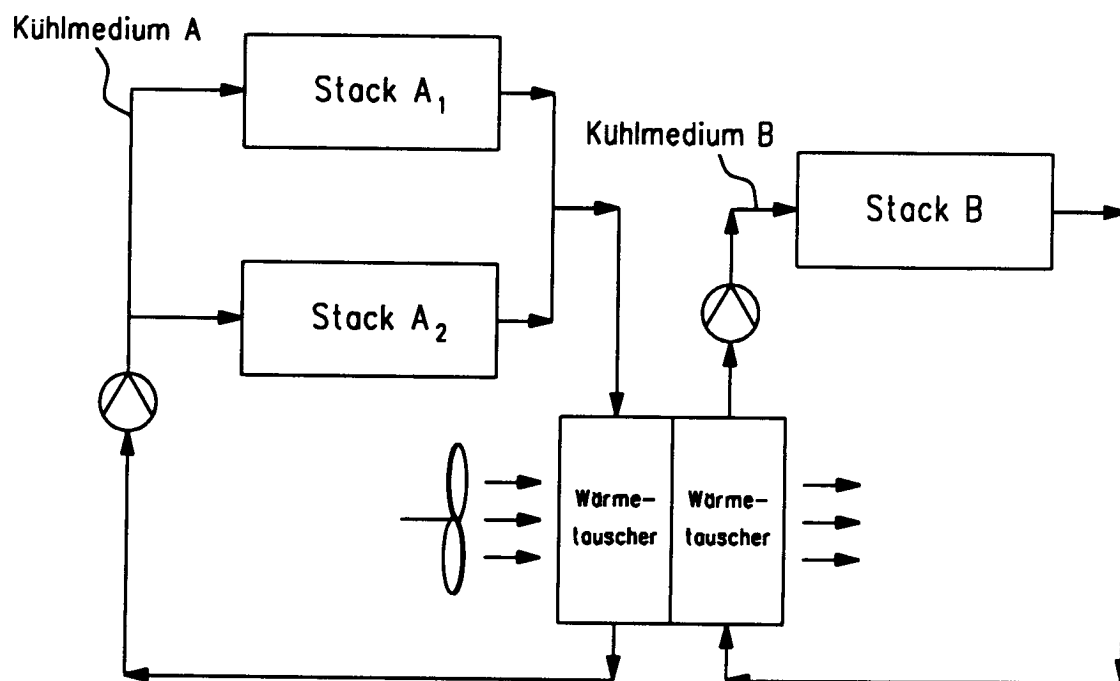






*Fig. 7**Fig. 8*

**Fig. 9****Fig. 10**

**Fig. 11****Fig. 12**