



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 27 536 A1** 2005.01.05

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 27 536.3**  
 (22) Anmeldetag: **18.06.2003**  
 (43) Offenlegungstag: **05.01.2005**

(51) Int Cl.7: **F04D 29/04**  
**F16C 33/76**

(71) Anmelder:  
**General Motors Corp. (n.d.Ges.d. Staates Delaware), Detroit, Mich., US**

(74) Vertreter:  
**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336 München**

(72) Erfinder:  
**Hobmeyr, Ralph, 55252 Mainz-Kastel, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

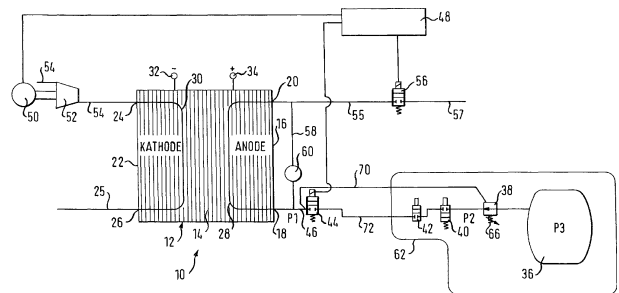
**DE 197 29 450 C2**  
**DE 43 27 815 C2**  
**DE 43 12 251 C1**  
**DE 102 04 686 A1**  
**DE 101 45 405 A1**  
**DE 24 24 546 A**  
**DE 696 22 526 T2**  
**GB 6 89 483**  
**US 52 48 238 A**  
**WO 98/41 663 A1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Wälzlageranordnung und Wälzlager, insbesondere zur Anwendung bei einer Rezirkulationspumpe eines Brennstoffzellensystems**

(57) Zusammenfassung: Eine Wälzlageranordnung, insbesondere zur Anwendung bei einer Rezirkulationspumpe eines Brennstoffzellensystems, mit einem Wälzlager mit einem inneren Laufring, einem äußeren Laufring und dazwischen angeordneten Wälzkörpern sowie gegebenenfalls mit Deckscheiben, beispielsweise in Form von Staubkappen, wobei die Rezirkulationspumpe eine Antriebswelle bzw. eine Motorwelle aufweist, die durch den inneren Laufring des Wälzlagers und durch eine Öffnung eines Lager-schilds in einen Förderraum der Rezirkulationspumpe hindurchgeführt ist und dort ein Förderglied antreibt, und der Außenring des Wälzlagers in einem Lagersitz des Lager-schilds aufgenommen ist, kennzeichnet sich dadurch aus, dass auf beiden axialen Seiten des Wälzlagers mit der Motorwelle drehbare Deckel vorgesehen sind, die sich jeweils radial über den äußeren Laufring hinweg erstrecken.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wälzlageranordnung, insbesondere zur Anwendung bei einer Rezirkulationspumpe eines Brennstoffzellensystems, mit einem Wälzlager mit einem inneren Laufring, einem äußeren Laufring und dazwischen angeordneten Wälzkörpern, sowie gegebenenfalls mit Abdeckscheiben, beispielsweise in Form von Staubkappen, wobei die Rezirkulationspumpe eine Antriebswelle bzw. eine Motorwelle aufweist, die durch den inneren Laufring des Wälzlagers und durch eine Öffnung eines Lagerschildes in einen Förderraum der Rezirkulationspumpe hindurchgeführt ist und dort ein Förderglied antreibt und der Außenring des Wälzlagers in einem Lagersitz des Lagerschildes aufgenommen ist sowie ein entsprechendes Wälzlager.

**[0002]** Die Erfindung befasst sich insbesondere, jedoch nicht ausschließlich mit Wälzlager, die in Brennstoffzellensystemen eingesetzt werden können, vor allem in Rezirkulationspumpen von sogenannten PEM Brennstoffzellen. Brennstoffzellen, insbesondere so genannte PEM-Brennstoffzellen, sind aus vielen Schriften bestens bekannt.

### Stand der Technik

**[0003]** Im Betrieb liefert der den Brennstoffzellen anodenseitig zugeführte Wasserstoff Protonen, die durch die Membrane der Brennstoffzellen zu den Kathoden der Brennstoffzellen hindurch wandern und dort mit Sauerstoff reagieren, um einerseits Wasser zu produzieren und andererseits Strom zu erzeugen, der von entsprechenden Klemmen am Brennstoffzellenstapel abgenommen werden kann. Ein Teil des auf der Kathodenseite des Brennstoffzellenstapels erzeugten Wassers strömt durch die Membrane der Brennstoffzellen zu der Anodenseite, so dass Wasserdampf auch auf der Anodenseite des Brennstoffzellenstapels vorliegt, abgesehen davon, dass Wasserdampf auch häufig der Anodenseite zugeführt wird, da die Membrane nur dann einwandfrei und effizient funktionieren, wenn sie ausreichend befeuchtet sind. Ferner bewegt sich Stickstoff von der Kathodenseite durch die Membrane zu der Anodenseite der Brennstoffzellen und die Konzentration von Stickstoff erhöht sich ständig auf der Anodenseite. Da dieser Stickstoff den Wirkungsgrad der Brennstoffzellen beeinträchtigt, ist es erforderlich, einen Teil der anodenseitig fließenden Gase entweder kontinuierlich oder diskontinuierlich abzulassen, um die Stickstoffkonzentration zu begrenzen bzw. von Zeit zu Zeit herabzusetzen, so dass das System insgesamt effizient arbeitet.

**[0004]** Beim Ablassen eines Teils der anodenseitig fließenden Gase ist eine Verschmutzung der Umwelt nicht zu befürchten, da etwaiger Brennstoff bzw.

Wasserstoff, der aus dem Anodenkreis abgelassen wird, mittels eines geeigneten Katalysators dazu gebracht wird, mit Luft katalytisch zu Wasser zu reagieren. Das so erzeugte Wasser, bzw. der so erzeugte Wasserdampf, sowie der Stickstoffanteil bilden natürliche Bestandteile der Atmosphäre und stellen daher keine Verunreinigung der Atmosphäre dar. Es wurde bereits vorgeschlagen, die aus der Anodenseite des Brennstoffzellenstapels austretenden Gase, die noch verwertbaren Wasserstoff enthalten, mittels einer Rezirkulationspumpe, die für notwendige Druckerhöhung sorgt, dem Anodeneingang des Brennstoffzellenstapels zusammen mit frischem Wasserstoff wieder zuzuführen.

**[0005]** Es hat sich bei den bisher eingesetzten Rezirkulationspumpen gezeigt, dass die Lebensdauer dieser Pumpen begrenzt ist, und es ist in der Praxis außerordentlich schwierig, eine zuverlässige Pumpe zu finden, die als Rezirkulationspumpe dienen kann. Ein erhebliches Problem liegt darin, dass das Anodenmedium einen negativen Einfluss auf die Haltbarkeit der Pumpe ausübt; dem soll mit der vorliegenden Erfindung entgegengewirkt werden.

**[0006]** Die Erfindung ist aber nicht auf Wälzlager beschränkt, die in einer Rezirkulationspumpe eingesetzt sind. Verschiedene Aggregate in Brennstoffzellensystemen sind nämlich mit von Wälzlager gelagerten drehbaren Wellen ausgestattet. Diese Wellen und die dazugehörigen Wälzlager sind häufig den Arbeitsmedien der Brennstoffzellen ausgesetzt. Diese Medien sind vor allem Brennstoff, häufig in Form von Wasserstoff, der mit Wasserdampf, flüssigem Wasser und Stickstoff vermischt ist sowie Luft, die Wasserdampf und Wassertröpfchen enthält. Es hat sich herausgestellt, dass die Wälzlager, die zur Lagerung von Wellen verwendet werden, bisher nicht im Stande sind, die Arbeitsbedingungen in einem Brennstoffzellensystem längerfristig zu verkraften. Ein besonderes Problem stellt die Lagerung der im Anodenkreis eines Brennstoffzellensystems verwendeten Rezirkulationspumpe dar. Da bei Verwendung eines Brennstoffzellensystems zur Stromerzeugung für den Antrieb eines Kraftfahrzeugs die Lastanforderungen sich ständig zwischen Leerlauf und Höchstleistung ändern können, entstehen relativ große Druckschwankungen im Anodenkreislauf des Brennstoffzellensystems, die zu einem unerwünschten Volumenstrom durch das Lager zwischen dem Motorraum und dem Förderraum der Rezirkulationspumpe führen. Es sind zwar verschiedene Vorschläge gemacht worden, diesen Volumenstrom deutlich herabzusetzen und somit die Arbeitsbedingungen des Lagers zu verbessern, dennoch ist es nicht auszuschließen, dass das Lager mit den aggressiven Arbeitsmedien in Kontakt gelangt. Die vorliegende Erfindung befasst sich daher mit Möglichkeiten, dem unerwünschten Volumenstrom durch das Lager weiter entgegenzuwirken sowie mit Verbesserungen bei der

Auslegung der Lagerung, die zu einer weitaus erhöhten Lebensdauer führen kann.

**[0007]** Grundsätzlich sind Wälzlager, zum Beispiel Kugellager, klein und kompakt, sie tragen relativ hohe Kräfte, benötigen keine Fremdversorgung im Sinne von Strom, Magnetfeldern, Nachschmierung oder Signalen, und sie werden üblicherweise einmalig an den vorgesehenen Bauplatz gebracht und die entsprechende Baueinheit ist dann für den Betrieb fertig. Üblicherweise ist die Laufzeit der Wälzlager das Mehrfache des Gesamtproduktes. Dies ist wichtig, weil die exakte Montage und richtige Platzierung an den Kraft übertragenden Punkten schwierig und aufwändig ist. Das Lager ist idealerweise in der Kraftlinie platziert, so dass die kleinstmöglichen Biegemomente wirken und dies führt dazu, dass sich das Lager inmitten der Baueinheit befindet. Dies macht einen Austausch des Lagers üblicherweise schwierig, da man die gesamte Baueinheit häufig zerlegen muss, um einen Lageraustausch vorzunehmen.

**[0008]** Problematisch bei den bisher verwendeten Kugellagern ist die Dauerschmierung, die angestrebt ist. Ein erstes Problem liegt darin, dass die entsprechende Fettpackung aus dem Lager entweicht. Dies führt dazu, dass das Lager in kurzer Zeit defekt wird. Zum zweiten kommt dazu, dass der Schmierstoff, der aus dem Lager entweicht, auch zu einer Kontamination der Brennstoffzellen bzw. des Brennstoffzellensystems führt und ein Brennstoffzellensystem kann auch mit den kleinsten Mengen von Schmierstoffpartikeln kritisch geschädigt oder gar zerstört werden.

**[0009]** Drittens sind auch andere Partikel des Lagers im Brennstoffzellensystem unerwünscht. Das sind zum Beispiel Abrieb von Kugeln oder Lagerringen, Rost oder Reaktionsprodukte des Lagers, die zum Beispiel durch chemische Reaktion mit dem vorhandenen Wasserstoff und Wasser entstehen.

**[0010]** Es ist versucht worden, die Lagerschmierung mit Wasser zu realisieren. Diese Versuche sind aber weitgehend erfolglos geblieben. Ein Problem in diesem Zusammenhang ist, dass die Schmierung mit Wasser nicht in allen Betriebszuständen sichergestellt werden kann. Mal ist die Umgebung des Lagers absolut trocken oder die Wasserfeuchte ist gering oder die Lager sind tropfnass. Die Schmierung des Lagers ist in diesen unterschiedlichen Zuständen nicht sichergestellt und ohne Schmierung versagt jedes Lager offensichtlich relativ schnell.

**[0011]** Wenn man versucht, das Lager für den Trockenbetrieb auszulegen, so stellt sich heraus, dass das Lager durch die vorhandene Wasserfeuchte oder Wassertröpfchen auch zerstört wird.

**[0012]** Auch andere Effekte treten auf. Zum Beispiel bestehen herkömmliche Lager aus einer Vielzahl ver-

schiedener Materialien, die sich für die üblicherweise geforderten Funktionen bewährt haben und diese auch erfüllen. Der Kontakt mit Wasser und Wasserstoff einzeln oder in Kombination und bei den herrschenden Temperaturen führt aber zu verschiedenen Reaktionen. Dies kann dazu führen, dass die Eigenschaften des Lagers sich schlagartig verändern oder dass Produkte abgespalten werden und zu einer Kontamination des Brennstoffzellensystems führen. Beide sind unakzeptabel.

**[0013]** Weitere Einflussgrößen, die sich nachteilig auf die Lagerung auswirken können, sind zum Beispiel starke elektromagnetische Felder bzw. Wechselfelder und stark schwankende Temperaturen mit größerem Gradienten.

### Aufgabenstellung

**[0014]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, eine Wälzlageranordnung bzw. ein Wälzlager der eingangs genannten Art so zu verbessern, dass einerseits der Volumenstrom der verwendeten Arbeitsmedien durch das Wälzlager weiter herabgesetzt wird und gleichzeitig das Wälzlager so auszubilden, dass es bei preisgünstiger Herstellung eine deutlich längere Lebensdauer aufweist und nicht zu einer unerwünschten Kontamination der Brennstoffzellen führt.

**[0015]** Zur Lösung dieser Aufgabe wird eine Wälzlageranordnung der eingangs genannten Art dadurch weitergebildet, dass auf beiden axialen Seiten des Wälzlagers mit der Antriebswelle drehbare Deckel vorgesehen sind, die sich jeweils radial über den äußeren Laufring hinweg erstrecken.

**[0016]** Durch diese drehbaren Deckel entsteht im Bereich des Wälzlagers ein hoher Druck, der das Lager vor Volumenströmen schützt. Der herrschende Druck zwischen dem Wälzlager und dem drehbaren Deckel entspricht einmal dem herrschenden statischen Druck zusammen mit einem weiteren dynamischen Druckanteil, der von der Drehbewegung der Deckel herrührt. Da der Druck im Bereich des Lagers stets höher ist als außerhalb der drehbaren Deckel, wird eine Durchströmung des Lagers selbst durch das jeweilige Arbeitsmedium weitestgehend verhindert.

**[0017]** Wie in den Ansprüchen 2 bis 4 angegeben, bildet der erste Deckel einen ersten Spalt mit dem äußeren Laufring des Lagers und mit dem Lagerschild im Bereich des äußeren Laufrings, während der zweite Deckel einen zweiten Spalt mit dem Wälzlager und/oder mit der dem Wälzlager abgewandten Seite des Lagerschilds. Besonders günstig ist es, wenn der erste Deckel und der zweite Deckel sowie die Spalten, die sie mit dem Wälzlager und/oder dem Lagerschild bilden, ausgelegt sind, um zumindest im We-

sentlichen den gleichen dynamischen Druck auf beiden axialen Seiten des Wälzlagers aufzubauen. Dadurch, dass der gleiche Druck auf beiden axialen Seiten des Wälzlagers vorliegt, liegt keine Druckdifferenz vor, die zu einem Strom durch das Wälzlager führen könnte. Besonders günstige praktische Auslegungen der Wälzlageranordnung mit den Deckeln sind den Ansprüchen 6 und 7 zu entnehmen.

**[0018]** Das Wälzlager selbst kann beliebiger Bauart sein, ist aber vorzugsweise ein Rillenkugellager, insbesondere ein Schrägrillenkugellager.

**[0019]** Besonders günstig ist es, wenn die Laufringe sowie die Wälzkörper bzw. -kugeln aus nicht rostendem Stahl, zum Beispiel aus 1.4303 Stahl bestehen. Durch diese einfache Maßnahme wird die Bildung von Rost verhindert, die zum Abrieb und Rostablagerungen im Brennstoffzellensystem führen könnte. Da sowohl Abrieb als auch Rostablagerung für ein Brennstoffzellensystem nachteilig sind, wird hier durch die Verwendung von nicht rostenden Stählen ein besonderer Vorteil erreicht. Ferner wird, da alle Bestandteile des Lagers aus zumindest im Wesentlichen der gleichen metallischen Legierung bestehen, verhindert, dass Spannungsreihen sich im Wälzlager bilden und zu einer Verschlechterung des Zustands des Lagers führen.

**[0020]** Ein weiteres Material, das für die Laufringe und Wälzkörper verwendet werden kann, ist 1.3543 Stahl. Alternativ hierzu können die Laufringe jeweils aus X102 CrMo17 bestehen, es handelt sich hier um einen Werkzeugstahl, der gegen Rost beständig ist. Ein weiteres Material, das für die Laufringe in Frage kommt, ist 1.4123/X 40 CrMoVn 16 2.

**[0021]** Anstelle die Wälzkörper aus einem Metall, beispielsweise aus 1.4303 Stahl, anzufertigen, können diese aus einem keramischen Material, zum Beispiel  $\text{Si}_3\text{N}_4$  bestehen.

**[0022]** Die zur Anwendung gelangenden Wälzlager sind vorzugsweise mit einem Käfig für die Wälzkörper ausgestattet und der Käfig besteht vorzugsweise aus einem Kunststoff, zum Beispiel aus PEEK. Es handelt sich hier um ein Kunststoffmaterial, das naturgemäß mit den metallischen Bestandteilen des Lagers keine Spannungsreihe bildet und widerstandsfähig gegenüber den verwendeten Arbeitsmedien ist, dennoch aber die mechanischen Anforderungen eines Käfigs erfüllt.

**[0023]** Alternativ hierzu kann der Käfig auch aus einem nicht rostenden Stahl, beispielsweise aus 1.4301 Stahl, gegebenenfalls mit Lappen bestehen.

**[0024]** Wenn für das Lager Abdeckscheiben vorgesehen sind, bestehen diese vorzugsweise aus einem der nachfolgenden Materialien: mit Kunststoff um-

manteltem Metall, mit NBR ummanteltem, unlegiertem Stahl, nicht rostendem Stahl und mit FPM ummanteltem, nicht rostendem Stahl. Besonders günstig ist es, wenn die Wälzkörper und/oder die Laufringe und/oder weitere Bestandteile des Wälzlagers, wie etwa Deckscheiben oder ein Käfig oder die Deckel mit einer hydrophoben Beschichtung versehen sind.

**[0025]** Die Wälzkörper und/oder die Laufringe und/oder weitere Bestandteile des Wälzlagers, wie etwaige Abdeckscheiben oder ein Käfig oder die Deckel, können mit mindestens einem der nachfolgenden Materialien beschichtet sein: PFPE, PTFE, PE, eine PE-Schicht, die durch ein CVD-Verfahren abgelagert ist oder eine Kohlenstoffschicht oder eine DLC-Schicht (DLC = diamond like carbon), die jeweils durch ein CVD-Verfahren oder PVD-Verfahren abgelagert ist. Diese Schichten sind einerseits Wasser abweisend, andererseits schaffen sie eine Art Trockenschmierung, die den Eigenschaften des Lagers zugute kommt, und zwar mit dem Vorteil, dass die verwendeten Beschichtungen für das Brennstoffzellensystem nicht schädlich sind.

**[0026]** Das Wälzlager kann auch mit einer Befettung versehen werden, und zwar im Gegensatz zu den herkömmlichen Fettpackungen auf Seifenbasis, die leicht ausgewaschen werden kann, in Form eines inerten Trägermaterials wie .... und eines in diesem verteilten, inerten Trockenschmiermittels wie PFDE und/oder PTFE.

**[0027]** Weitere bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den weiteren Unteransprüchen sowie in der nachfolgenden Beschreibung beschrieben.

#### Ausführungsbeispiel

**[0028]** Die Erfindung wird nachfolgend näher erläutert anhand der beiliegenden Zeichnungen, in welchen zeigen:

**[0029]** Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems mit einer Rezirkulationspumpe ähnlich der Anordnung, die in der deutschen Patentanmeldung 102 00 581.1 gezeigt ist,

**[0030]** Fig. 2 einen schematischen Längsschnitt durch eine erste Rezirkulationspumpe in Form eines Seitenkanalverdichters, der für die Anwendung in einem Brennstoffzellensystem ausgelegt ist,

**[0031]** Fig. 3 eine Ansicht von unten auf das Lauf rad des Seitenkanalverdichters der Fig. 2, wobei die Fig. 2 und 3 einer am 3. Juni 2003 eingereichten Patentanmeldung der vorliegenden Anmelderin General Motors Corporation (Anwalts-Akten-zeichen G5272PDE) entnommen sind und

**[0032]** Fig. 4 einen Halblängsschnitt durch eine erfindungsgemäße Wälzlageranordnung, die im Seitenkanalverdichter gemäß Fig. 2 und 3 im Bereich des Wellendurchgangs durch den dem Förderglied zugeordneten Lagerschild verwendet wird.

**[0033]** Um den technologischen Hintergrund der Erfindung klarzustellen, wird zunächst anhand der Fig. 1, 2 und 3 eine mögliche Auslegung eines Brennstoffzellensystems (Fig. 1) mit Rezirkulationspumpe in Form eines Seitenkanalverdichters (Fig. 2 und 3) beschrieben. Bezug nehmend auf Fig. 1 deutet das Bezugszeichen 12 auf den Brennstoffzellenstapel, der aus mehreren einzelnen Brennstoffzellen besteht, die schematisch mit 14 gekennzeichnet sind. Der Brennstoffzellenstapel 12 weist eine Anodenseite 16 mit Anodeneingang 18 und Anodenausgang 20 sowie eine Kathodenseite 22 mit Kathodeneingang 24 und Kathodenausgang 26 auf.

**[0034]** In an sich bekannter Weise weist jede einzelne Brennstoffzelle 14 eine Anode, eine Kathode und dazwischen eine Membran (nicht gezeigt) auf, wobei jede so genannte MEA (Membrane Electrode Assembly), bestehend aus einer Anode, einer Kathode und einer dazwischen angeordneten Membran, zwischen zwei so genannten bipolaren Platten gehalten ist (ebenfalls nicht gezeigt). Zwischen der einen Seite einer bipolaren Platte und der Kathode sind Strömungskanäle für Sauerstoff oder Luftsauerstoff vorgesehen, während zwischen der anderen Seite der bipolaren Platte und der Anode ebenfalls Strömungskanäle vorgesehen sind, die für die Zufuhr von Wasserstoff an die Anode sorgen.

**[0035]** Die Strömungskanäle auf der Anodenseite der Brennstoffzellen sind zusammengeschaltet, damit alle Brennstoffzellen gleichzeitig mit Brennstoff über den Anodeneingang 18 versorgt werden können, wobei überschüssiger Wasserstoff sowie andere Abgase der Brennstoffzellen, wie beispielsweise Wasser in Dampfform und Stickstoff, der von auf der Kathodenseite geliefertem Luftsauerstoff kommt, aus dem Brennstoffzellenstapel am Anodenausgang 20 über die Leitung 55 herausgeführt werden können. Die Durchströmung der Anoden der zusammengeschalteten Brennstoffzellen ist schematisch in der Figur mit der Linie 28 gezeigt. In ähnlicher Weise sind die Strömungspassagen auf der Kathodenseite der Brennstoffzellen zusammen geschlossen, um einen Strömungspfad 30 vom Kathodeneingang 24 zum Kathodenausgang 26 im Brennstoffzellenstapel 12 zu bilden, wobei die auf der Kathodenseite 22 anfallenden Abgase über die Leitung 25 in die Atmosphäre abgegeben werden können. Die bipolaren Platten der einzelnen Brennstoffzellen 14 sind in Reihe und/oder parallel zueinander geschaltet. Im Betrieb entsteht eine Spannung an den zwei Ausgangsklemmen 32 und 34. Diese Spannung steht nicht dargestellten Einrichtungen, z.B. für den Antrieb eines

Kraftfahrzeugs, in dem das Brennstoffzellensystem eingebaut ist sowie für den Antrieb von anderen Aggregaten, die zum Betrieb des Brennstoffzellensystems notwendig sind, als Leistungsquelle zur Verfügung.

**[0036]** Die Auslegung von Brennstoffzellenstapeln bzw. der darin enthaltenen Brennstoffzellen sind bestens aus verschiedenen Schriften bekannt, so dass es nicht notwendig ist, hier näher auf die konkrete Auslegung des Brennstoffzellenstapels einzugehen.

**[0037]** Wesentlich ist, dass der Anodenseite 16 des Brennstoffzellenstapels 12 ein gasförmiger Brennstoff zugeführt werden muss, wobei im Falle der Verwendung von Wasserstoff der Wasserstoff möglicherweise von einer Quelle in Form eines Wasserstofftanks 36 entnommen wird. Konkret kommt im dargestellten Beispiel der Wasserstoff vom Wasserstofftank 36 über ein mechanisches Druckregelventil 38 sowie über ein Solenoid betätigtes Abschaltventil 40 und ein manuell betätigbares Absperrventil 42 zu einem Stellventil 44, das den frischen Wasserstoff über eine Leitung 46 dem Anodeneingang 18 des Brennstoffzellenstapels 12 zuführt.

**[0038]** Im Betrieb wird das Stellventil 44 bei geöffneten Ventilen 40 und 42 je nach der vom Fahrer des Kraftfahrzeugs geforderten Leistung über eine Steuerung 48 angesteuert, um den erforderlichen Massenstrom an frischem Wasserstoff in die Anodenseite des Brennstoffzellenstapels 12 einzuspeisen.

**[0039]** Gleichzeitig mit der lastabhängigen Ansteuerung des Stellventils 44 durch die Steuerung 48 wird über die Steuerung 48 ein Elektromotor 50 angesteuert, der einen Kompressor 52 antreibt und Luftsauerstoff über eine Leitung 54 und den Kathodeneingang 24 in die Kathodenseite 22 des Brennstoffzellenstapels 12 einspeist.

**[0040]** Im Brennstoffzellenstapel 12 wandern Protonen, die vom zugeführten Wasserstoff geliefert werden, von der Anodenseite 16 der einzelnen Brennstoffzellen durch die Membran zu der Kathodenseite 22 und reagieren an dort vorgesehenen Katalysatoren mit dem zugeführten Luftsauerstoff, um Wasser zu bilden. Diese Reaktion führt dazu, dass elektrische Spannungen an den Bipolarplatten entstehen, die in summierter Form für die an den Klemmen 32 und 34 abnehmbare Leistung sorgen.

**[0041]** Während der elektro-chemischen Reaktion in den einzelnen Brennstoffzellen diffundieren Stickstoffmoleküle von der Kathodenseite zur Anodenseite und verlassen die Anodenseite 16 über den Anodenausgang 20 zusammen mit dem unverbrauchten Wasserstoff und Wasserdampf. Eine Rückführleitung 58 ist zwischen dem Anodenausgang 20 und dem Anodeneingang 18 vorgesehen, und zwar mit einer

Rezirkulationspumpe **60**, die dafür sorgt, dass die rückgeführten Gase ein angepasstes Druckniveau am Anodeneingang **18** aufweisen, um die Strömung aufrecht zu erhalten. Bei Anwendung einer solchen Rückführung kann ein Anteil der Anodenabgase entweder kontinuierlich oder diskontinuierlich über das Anodenabgasventil **56** und die Leitung **57** abgelassen werden.

**[0042]** Diese Anodenabgase werden dann normalerweise zur Wärmegewinnung über die Leitung **57** einem katalytischen Brenner (nicht gezeigt) zugeführt und dort mit Luftsauerstoff zur Erzeugung von Wärme umgesetzt, wobei die nach dem Brenner vorhandenen Abgase bestehend aus Stickstoff und Wasserdampf bedenkenlos in die Atmosphäre abgegeben werden können. Wie erwähnt kann das Anodenabgasventil **56** auch diskontinuierlich geöffnet werden, um von Zeit zu Zeit Abgase aus dem Brennstoffzellenstapel **12** abzulassen, beispielsweise dann wenn die Stickstoffkonzentration auf der Anodenseite des Brennstoffzellenstapels **12** auf ein Niveau angestiegen ist, bei dem der effiziente Betrieb des Brennstoffzellenstapels leiden würde. Es ist auch bekannt, die Anodenabgase der Kathodenseite **22** des Brennstoffzellenstapels **12** zuzuführen, damit der Wasserstoffanteil auf der Kathodenseite direkt mit Sauerstoff zu Wasser reagiert und auf diese Weise entsorgt wird, wobei die vorliegende Erfindung auch mit einem solchen System anwendbar ist.

**[0043]** In der Figur sind der Wasserstofftank **36**, das mechanische Druckregelventil **38**, das Solenoid betätigte Abschaltventil **40** sowie das manuell betätigbare Absperrventil **42** in einem Rahmen **62** gezeigt. Da dieses Teil häufig von spezialisierten Zulieferern geliefert wird, ist es an sich bekannt.

**[0044]** Das mechanische Druckregelventil **38** sorgt dafür, das höhere Druckniveau P3 im Wasserstofftank **36**, das beispielsweise bei 350 Bar liegen kann, auf ein niedrigeres Druckniveau P2 herunter zu regeln. Das Sicherheitsventil **38** nach dem Tank schaltet letztendlich bei etwa 10 bar. Die Regelung nach dem Tank muss aber an den Anodeneingang **18** einen höheren Druck anbieten als den im Anodenkreislauf je nach Anforderung herrschenden Druck. Im System können durchaus Drücke bis 3 bar entstehen und somit ist auch das Frischgas nur mit einem entsprechenden, noch höheren Druck einleitbar. Damit muss vom Tank her ein größerer Druck anliegen.

**[0045]** Nach dem Vorschlag der deutschen Patentanmeldung DE 102 00 058.1 führt eine Steuerleitung **70** von der Ausgangsseite des Stellventils **44** zum Referenzdruckeingang des Druckregelventils **38**, so dass, wenn der Druck an der Brennstoffzellenseite des Stellventils **44** fällt, der Referenzdruck am mechanischen Druckregelventil **38** ebenfalls fällt. Da die Kraft vom Referenzeingang in die gleiche Richtung

wirkt wie die Vorspannfeder **66** führt dies dazu, dass der Ausgangsdruck P2 des mechanischen Druckregelventils **38** und daher auch der Druck auf der Eingangsseite des Stellventils **44** ebenfalls fällt, wodurch die Druckdifferenz am Stellventil **44** zwischen dessen Eingangs- und Ausgangsseite kleiner wird. Hierdurch wird der Druckdifferenzbereich, der vom Stellventil **44** beherrscht werden muss, stets klein gehalten, was die Anforderungen an das Stellventil **44** herabsetzt. Dies bedeutet nicht, dass die Druckdifferenz selbst klein sein muss, sondern dass die Schwankungen der Druckdifferenz stets klein gehalten werden sollen.

**[0046]** Es wird nun eine Konstruktion einer Rezirkulationspumpe **60** in Form eines so genannten Seitenkanalverdichters näher beschrieben, der in den Fig. 2 und 3 gezeigt ist.

**[0047]** Die Grundkonstruktion eines Seitenkanalverdichters ist an sich gut bekannt. Der Seitenkanalverdichter **60** weist einen innerhalb eines Gehäuses **110** angeordneten Motorraum **112**, einen am unteren Ende **114** des Gehäuses angeordneten Förderraum **116** und einen am anderen Ende des Gehäuses angeordneten Verbindungsraum **118** auf, wobei der Förderraum **116** ein Förderglied in Form eines Laufwheels **120** enthält, das gasförmigen Brennstoff über einen rohrförmigen Einlass **122** ansaugt (der beispielsweise am Gehäuseteil **123** umlaufend dicht geschweißt ist), in Zusammenarbeit mit dem Seitenkanal **117** eine Druckerhöhung des gasförmigen Brennstoffs bewirkt und diesen anschließend über einen Auslass **124** den Anodenseiten der Brennstoffzellen zuführt. Im Motorraum **112** ist ein im Gehäuse angeordneter Stator **126** sowie ein an einer Antriebswelle oder Motorwelle **128** angeordneter Rotor **130** vorgesehen, wobei die Motorwelle **128** das Laufrad **120** antreibt und im Verbindungsraum **118** elektrische Anschlüsse (nicht gezeigt) und gegebenenfalls ein Controller (ebenfalls nicht gezeigt) für den aus Stator **126** und Rotor **130** bestehenden Motor angeordnet ist bzw. sind.

**[0048]** Wie aus der Zeichnung der Fig. 2 ersichtlich, sitzt das Laufrad **120** auf einem verlängerten Ende der Motorwelle **128**. Zwei Lager **159** und **142** stützen die Motorwelle **128** an den vorliegenden besten Positionen, nämlich vor und hinter dem Motor. Die Lager sitzen entsprechend den Lagerschildern **115** und **138**, die zusammen mit dem Gehäuse **110** den Motorraum bilden und alle drei Sektionen (Förderraum, Motorraum und Verbindungsraum) gegeneinander abgrenzen. Da Wasserstoff gefordert wird, ist die Pumpe nach außen hin wasserstoffdicht, die einzelnen Sektionen zueinander aber nicht. Durch die Lager dazwischen sind diese miteinander verbunden. Bei Betrieb der Pumpe werden verschiedene Druckpotentiale in der Turbine, d.h. im Bereich des Laufrades erzeugt, und würden, wenn die vorliegende Leh-

re nicht befolgt wird, durch das Lager **142** fließen, um das Druckpotential auszugleichen, was zu frühzeitigem Versagen des Lagers und daher der Pumpe führen würde.

**[0049]** Die elektrischen Anschlüsse zum Stator sind in **Fig. 2** nicht gezeigt, die Stromzufuhr wird aber über eine Steckverbindung **132** an die Statorwindungen geführt. Diese Steckverbindung ist als so genannter Mil-Stecker realisiert und stellt eine hermetische Abdichtung zwischen dem Innenraum der Pumpe und der Außenumgebung sicher. Die so genannten Mil-Stecker gelten geprüft als Wasserstoffdicht.

**[0050]** Die Pumpe ist komplett dicht. Mit Dichtungen und geeignetem Edelstahl rundherum sowie mit dem wasserstoffdichten Stecker **132** entweicht nahezu kein Wasserstoff.

**[0051]** Die genauen Details des Motors werden hier nicht beschrieben, da sie nicht zur Erfindung gehören. Es versteht sich aber, dass der Elektromotor nach einer bekannten Bauart ausgelegt sein kann bzw. ist.

**[0052]** Systembedingt hat eine Pumpe, wie der in **Fig. 2** und **3** gezeigte Seitenkanalverdichter **60**, kleine Spalten zwischen verschiedenen Bauteilen. Beispielsweise befindet sich zwischen dem Rotor **130** und dem Stator **120** ein kleiner Luftspalt **133**, der wohl klein gehalten werden soll, um einen hohen Wirkungsgrad des Motors zu erreichen. D.h. der Rotor **130** sitzt passgenau im Statorpaket des Stators **126**.

**[0053]** Ferner schließt das Laufrad **120** mit den Schaufeln **121** knapp mit dem Auslasskanal **134** des Auslasses **124**, mit dem Einlasskanal des Einlasses **122** und mit den eingrenzenden Deckeln **136** und **138** ab, die mit dem Abstandsring **140** den Förderraum **116** begrenzen, so dass an diesen Stellen weitere enge Funktionsspalten **123**, **125** und **127** zwischen stationären Teilen und einem beweglichen Teil, hier das Laufrad **120**, vorliegen. Bauartbedingt ergibt sich im Deckel **138**, der einen Lagerschild bildet, um das Lager **142** herum eine Rinne **144** unterhalb des Motors.

**[0054]** Die Konstruktion des Seitenkanalverdichters **60** so wie bisher beschrieben entspricht dem bisher bekannten Aufbau eines Seitenkanalverdichters. Dieser Aufbau kann so modifiziert werden, dass ein Spülgaseinlass **150** im Deckel **152** vorgesehen ist, der den Verbindungsraum **118** umgrenzt und gegenüber der Außenumgebung abdichtet. Das Spülgas, das über eine Leitung geliefert wird, wird durch den Spülgaseinlass **150** in den Verbindungsraum eingespeist. Diese Abwandlung, die für die vorliegende Erfindung nicht zwingend erforderlich ist, ist in der deutschen Patentanmeldung 10314820.5 beschrieben. Ferner wird eine Bohrung **154** im Lagerschild **138**

und eine weitere Bohrung **156** bzw. ein Durchbruch im Steg **158** des Laufrades **120** vorgesehen, so dass das Spülgas in den Hohlräumen auf beiden Seiten des Steges eindringen und von hier aus die Funktionsspalten im Bereich des Laufrades spülen kann. Die Bohrungen **154** und **156** können jeweils mehrfach vorgesehen werden.

**[0055]** Bei Abschaltung des Brennstoffzellensystems wird das Spülgas über den Spülgaseinlass in den Verbindungsraum eingespeist, vertreibt bzw. verdampft etwaiges dort bzw. an oder in einem gegebenenfalls vorgesehenen Controller vorhandenes Kondensat durch die Bohrungen **119** in den Motorraum **112** und strömt dann durch den Motor, so dass der Funktionsspalt **133** zwischen dem Rotor und dem Stator durchspült wird. Etwaige dort vorhandene Wassertröpfchen werden aus dem Bereich des Motors in die Rinne **144** verdrängt. Ferner führt das Spülgas dazu, dass etwaiges im Bereich der Rinne **144** vorhandenes Wasser und Wasserdampf anschließend durch die Bohrung **154** im Lagerdeckel **136** und durch die Bohrung **156** im Laufrad **120** in die Hohlräume **160**, **162** auf beiden Seiten des Steges **158** des Laufrades eintritt und von dort durch die engen Funktionsspalten oberhalb und unterhalb des Laufrades **120** weiter in den Förderraum **116** des Verdichters verdrängt wird, so dass der Wasserdampf und flüssiges Wasser anschließend den Förderraum über den Auslasskanal **134** und/oder den Auslass **124** den Seitenkanalverdichter verlassen können. Somit wird sämtliches Wasser bzw. Wasserdampf aus dem Seitenkanalverdichter ausgetrieben bzw. durch einen Verdampfungsvorgang, der ebenfalls vom Spülgas bewerkstelligt wird, verdampft und ausgestoßen, so dass keine Feuchtigkeit im Seitenkanalverdichter verbleibt, die bei Minustemperaturen zu der Einfrierung des Seitenkanalverdichters führen kann.

**[0056]** Das Wasser bzw. der Wasserdampf wird dann mittels des Spülgases über den Anodenkreislauf und das Ablassventil **56** vollständig aus dem Anodenkreislauf entfernt. Selbst wenn das Spülsystem nur wahlweise vorgesehen ist, dient die Bohrung **154** einem anderen wesentlichen Zweck.

**[0057]** Die Bohrung **154** ist nämlich deshalb vorgesehen, um im Betrieb stets einen Druckausgleich zwischen Motorraum und Förderraum zu erzielen. Die Bohrung **154** ermöglicht bei steigendem Druck im Förderraum **116** eine Strömung vom Förderraum **116** durch die Bohrung in den Motorraum **112** und bei abfallendem Druck im Förderraum **116** eine Strömung aus dem Motorraum **112** in den Förderraum. Der Begriff "Förderraum" ist hier breit auszulegen; er ist nicht beschränkt auf den Kompressionsraum zwischen dem Laufrad und dem Stator, sondern umfasst den gesamten Hohlraum, in dem das Laufrad **120** untergebracht ist. Dies gilt auch für den Turboverdichter

gemäß Fig. 4.

[0058] Wäre diese Bohrung **154** nicht vorgesehen, so müsste der Druckausgleich durch eine Strömung durch das Lager **142** erfolgen, was sich als sehr ungünstig erwiesen hat, da der sich einstellende Volumenstrom das Schmiermittel und das Lager ausspült und zu frühzeitigem Versagen des Lagers führt. Anstatt eine einzige Bohrung **154** vorzusehen, werden vorzugsweise mehrere solcher Bohrungen am Lagerschild um das Lager **142** herum vorgesehen, beispielsweise sechs solche Bohrungen auf dem Umfang des Bohrungskreises. Dies gilt auch bei den Bohrungen **119**, die im Lagerschild **115** um das Lager **159** herum angeordnet sind. Die Bohrungen **154** bzw. **119** werden vorzugsweise regelmäßig um die Langsachse der Motorwelle **128** herum verteilt. Damit soll eine relativ gute Säuberung und Trocknung des Motorenraumes erreicht werden.

[0059] Das Bezugszeichen **184** bezeichnet eine Kühlpassage, die zwischen dem zylindrischen Mantel **186** und dem Gehäuse **110** vorgesehen ist und im Betrieb von einer Kühlflüssigkeit durchströmt werden kann.

[0060] Anstatt eine Wasserkühlung vorzusehen, ist es auch durchaus denkbar, den Seitenkanalverdichter mit einer Luftkühlung zu versehen, die im einfachsten Fall dadurch erzielt werden kann, dass das Gehäuse **110** im Bereich des Ringraums **184**, wo die Wasserkühlung in Fig. 2 gezeigt ist, mit ringförmigen Rippen versehen ist, wobei der Mantel **186** weggelassen wird. Gegebenenfalls kann ein Kühlgebläse oder ein sonst vorgesehener Kühlluftstrom dafür verwendet werden, um Wärme vom Seitenkanalverdichter abzuführen. Baut man die Komponente mit einem guten oder sehr guten Wärmeleiter auf (Aluminium, Kupfer), so liegt auch ein extrem guter Wärmedurchgang vor.

[0061] Die Fig. 2 und 3 zeigen zusätzlich, wie der Seitenkanalverdichter aufgebaut ist, d.h. wo die Lager und Dichtungen sowie die Schrauben sitzen, die die einzelnen Gehäuseteile und Deckel miteinander und mit den weiteren Bauteilen verbinden. Diese Teile werden nicht extra beschrieben.

[0062] Fig. 4 zeigt nun wie der Seitenkanalverdichter der Fig. 2 und 3 im Bereich des Lagers **142** erfindungsgemäß umgebaut wird, um einen noch besseren Schutz vor einem Volumenstrom durch das Lager zu erreichen, wobei die in Fig. 4 gezeigte Konstruktion auch in abgewandelter Form für das Lager **159** verwendet werden kann. Für Teile, die Teilen der Fig. 1, 2 und 3 entsprechen, werden in der Fig. 4 die gleichen Bezugszeichen verwendet. Es versteht sich, dass die bisherige Beschreibung auch für Teile der Fig. 4 gilt, die mit den gleichen Nummern versehen sind wie die entsprechenden Teile der Fig. 1, 2 und 3,

es sei denn, etwas Gegenteiliges wird gesagt.

[0063] Das in Fig. 4 gezeigte Wälzlager **142** befindet sich im Bereich des Lagerschildes **138**, der den Übergang vom Motorraum **112** in den Förderraum **116** bildet.

[0064] Das Wälzlager **142** ist in diesem Beispiel ein Schrägrillenkugellager mit einem inneren Laufring **200**, einem äußeren Laufring **202** und dazwischen angeordneten Wälzkörpern **204** in Form von Kugeln. Oberhalb und unterhalb der Kugeln in Fig. 3 sind Dichtscheiben **206**, häufig Staubkappen genannt, zu sehen. Dies sind Ringe, die üblicherweise an dem äußeren Laufring **202** fest angebracht und mit dem inneren Laufring einen kleinstmöglichen Abstand bilden. Sie haben die Aufgabe, Staub oder Partikel fern von den Kugeln und den Laufrillen zu halten.

[0065] Bei der in Fig. 4 gezeigten Anordnung ist der äußere Laufring in einem Lagersitz **208** des Lagerschildes **138** aufgenommen, während der innere Laufring **200** auf der Motorwelle **128** sitzt und von dieser angetrieben wird. Zwischen dem inneren Laufring **200** und einer an der Motorwelle vorgesehenen Ringschulter **210** befindet sich ein erster Deckel **212**, der sich radial von der Motorwelle **128** bis über den äußeren Ring **202** des Kugellagers **142** und des Lagersitzes **208** hinaus erstreckt. Der Deckel endet an seiner radial äußeren Seite in einer Tropfnase **214** und weist eine in Fig. 3 obere Seite **216** auf, die radial nach außen und schräg nach unten läuft. Auf diese Weise werden etwaige Wassertröpfchen wie **218**, die vom Motor auf den ersten Deckel herabtropfen, durch Schwerkraft und durch Zentrifugalkraft nach außen und nach unten abfließen, bis sie von der Tropfnase abfallen bzw. abgeworfen werden.

[0066] Der Lagersitz **208** weist unterhalb des Schrägrillenslagers einen Vorsprung **220** auf, der sich radial nach innen bis kurz vor der Motorwelle **128** erstreckt. Unterhalb dieses Vorsprungs befindet sich der zweite Deckel **222**, der in diesem Beispiel an der Nabe **224** des Rotors **120** des Fördergliedes angebracht ist. Der Rotor selbst wird mittels einer nicht dargestellten Schraubbefestigung gegen eine weitere radiale Schulter **226** der Antriebswelle gedrückt. Man merkt, dass zwischen der unteren Seite des ersten Deckels **212** und der oberen axialen Seite des Kugellagers bzw. des Lagersitzes **208** ein erster Ringspalt **228** gebildet ist, während ein zweiter Ringspalt **230** zwischen dem Vorsprung des Lagersitzes und dem zweiten Deckel vorliegt. Diese Spalten **228** und **230**, die relativ kleine Breiten aufweisen, beispielsweise 0,3 bis 0,5 mm, sorgen dafür, dass im Betrieb der Rezirkulationspumpe bei Drehung der Antriebswelle ein dynamischer Druck in den Spalten erzeugt wird und dieser dynamische Druck hält das Arbeitsmedium weitestgehend vom Wälzlager fern, d.h. der dynamische Druck dichtet das Wälzlager gegen einen äuße-



ren Volumenstrom durch dieses ab. Bei der Auslegung der Spalten, d.h. ihrer axialen Höhe und ihrer radialen Erstreckung im Bezug auf die jeweils gegenüberliegende Struktur, d.h. im Falle des ersten Spaltes **228** der oberen Seite des inneren Laufrings **200** im Bereich außerhalb des Klemmbereichs mit dem ersten Deckel, der oberen Seite des äußeren Laufrings **202** und der oberen Seite des Lagersitzes **208** und im Falle des zweiten Spaltes **230** die radiale Erstreckung der Unterseite des Vorsprungs **220**, ist darauf geachtet worden, dass der gleiche dynamische Druck in den Spalten **228** bzw. **230** erreicht wird. Eine Druckdifferenz ist unerwünscht, da sie zu einem Volumenstrom durch das Wälzlager hindurch führen wird, was ja soweit wie möglich vermieden werden soll.

**[0067]** Anstatt den zweiten Deckel **222**, wie gezeigt, an der Nabe **224** des Rotors des Fördergliedes **120** anzubringen, kann der zweite Deckel zwischen der Nabe **224** des Rotors **120** und der radialen Schulter **226** geklemmt werden.

**[0068]** Eingezeichnet in **Fig. 4** ist auch die Krafrichtung **232**, die sich bei Verwendung eines Schrägrillenkugellagers einstellt. Ferner zeigt das Bezugszeichen **233** auf einen wahlweise vorgesehenen Käfig.

**[0069]** Auch das zweite Wälzlager **159** gemäß **Fig. 2**, d.h. am oberen Ende der Antriebswelle, kann mit drehbaren Deckeln versehen werden, die aber nicht extra gezeigt sind.

**[0070]** Es werden nunmehr einige Beispiele für die Auslegung des Schrägrillenslagers gegeben. Diese Beispiele, die sich mit verschiedenen Materialkombinationen befassen, können genauso für das Lager **159** an der dem Förderglied abgewandten Ende der Antriebswelle verwendet werden und können außerdem bei Wälzlager mit Nadeln oder Tonnen als Wälzkörper ebenfalls zur Anwendung gelangen, sofern solche Wälzlager zur Anwendung kommen.

#### Beispiel 1

**[0071]** Bei dem ersten Beispiel wird der innere Laufring **200** und der äußere Laufring **202** aus der Legierung X102 CrMo17 hergestellt, die als nicht rostend gilt und die Kugeln **204** aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . Diese Kugeln werden in einem Käfig aus PEEK gehalten.

#### Beispiel 2

**[0072]** Hier werden die inneren und äußeren Laufringe **200**, **202** aus nicht rostendem Stahl 1.4303 hergestellt und das gleiche Material wird auch für die Kugeln **204** verwendet. In diesem Fall wird auch der Käfig aus einem nicht rostenden Stahl hergestellt, und zwar aus herstellungstechnischen Gründen aus 1.4301 Stahl mit Lappen. Der Unterschied der Zu-

sammensetzung zwischen 1.4303 Stahl und 1.4301 Stahl ist so gering, dass keine unerwünschten Spannungsreihen entstehen, die zu Korrosionserscheinungen führen könnten. Obwohl das Lager gemäß Beispiel 1 an sich ohne Deckscheiben funktioniert, können dort gegebenenfalls Deckscheiben wie **206** vorgesehen werden. Diese werden bei dem Lager des Beispiels 2 auch wahlweise vorgesehen und bestehen aus unlegiertem Stahl, der mit NBR verkleidet ist. Auch käme ein nicht rostender Stahl oder ein mit einem Kunststoff ummantelter Stahl, wie beispielsweise ein mit FPM verkleideter, nicht rostender Stahl, für die Deckscheiben in Frage. Die Laufringe, die Kugeln und auch der Käfig sind in diesem Beispiel mit entweder PFPE oder PTFE beschichtet, d.h. diese Teile weisen eine hydrophobe Beschichtung auf.

#### Beispiel 3

**[0073]** Bei diesem Beispiel werden die Laufringe **200**, **202** jeweils aus 1.4123/X40 CrMoVn 16 2 hergestellt. Die Kugeln **204** bestehen aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  und der Käfig aus PEEK. Die Deckscheiben **206** bestehen aus nicht rostendem Stahl, der mit FPM verkleidet ist. Hier werden die Laufringe **200**, **202** und gegebenenfalls die Kugeln **204** mit einer Beschichtung versehen, die aus Polyethylen (PE) besteht, wobei das PE durch ein CVD-Verfahren abgelagert werden kann. Statt dessen kann auch eine DLC (Diamond-like Carbon) Beschichtung vorgesehen werden, die ebenfalls durch ein CVD-Verfahren oder durch ein PVD-Verfahren abgelagert werden kann. Es wird in diesem Beispiel keine Befettung des Lagers vorgesehen. Dennoch könnte eine Befettung des Lagers erfolgen. Eine mögliche Befettung könnte in Form einer Mischung eines inerten Trägermaterials und eines in diesem verteilten inerten Trockenschmiermittels wie PFPE und/oder PTPE verwendet werden.

**[0074]** Das Trägermaterial kann sich aus verschiedenen Materialien zusammensetzen. Ein Beispiel ist das Produkt Ultratherm 2000 (PFPE/PTFE), das auf einem Grundöl aus PTFE und einem Verdichter auf PTFE basiert. Beide sind chemische sehr inert.

**[0075]** Eine andere Variante ist das Turmogrease NBI 300 BP mit einem Grundöl aus einem synthetischen Ester und einem Verdichter aus Polyharnstoff.

**[0076]** Das Grundöl kann in anderen Fällen auch aus einem Silikon gemacht sein.

**[0077]** Öle und Fette, die Grundelemente der sehr guten herkömmlichen Schmiermittel, sind momentan nicht anzustreben. Die Kontamination des Anodenkreislaufs muss unbedingt vermieden werden. Wenn bewiesen ist, dass die "äußeren Schutzkonstrukte" den Volumenstrom durch das Lager gänzlich ausschließen, dann würde man die besser schmierenden serienüblichen Schmiermittel verwenden. Solan-

ge die Kontamination nicht 100% ausgeschlossen werden kann, wird wie hier beschrieben verfahren. Das Schmiermittel ist ein wichtiges Element zur Erfüllung der guten sowie dauerhaften Schmierfunktion. Es gilt einerseits die Grundfunktion Schmierens sicherzustellen. Zudem darf auf keinen Fall der Anodenkreislauf kontaminiert werden. Je höher die Oberflächenspannung des Schmiermittels ist, desto besser scheint die Dauerhaltbarkeit zu sein.

**[0078]** Das Maß wie viel Bestandteile aus dem Schmiermittel herausgelöst werden, ist zudem wichtig. Durch die vorliegenden Temperatur und Feuchte werden teilweise Bestandteile unterschiedlich schnell aus dem Schmiermittel gelöst.

**[0079]** Die Adhäsion des Schmiermittels an dem zu benetzenden Bauteil ist auch ein wichtiges Kriterium.

#### Beispiel 4

**[0080]** Schließlich wird als Beispiel 4 ein Schrägrillenlager verwendet, dessen Laufringe **200**, **202** aus 1.3543 Stahl bestehen, wobei der Käfig aus PEEK hergestellt wird und die Kugeln entweder aus 1.4303 rostfreiem Stahl oder aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  bestehen. Diese Version funktioniert ohne Deckscheiben **206**, kann aber gegebenenfalls mit Deckscheiben **206** versehen werden, die entsprechend den Beispielen 2 und 3 ausgelegt sein können.

**[0081]** Es soll darauf hingewiesen werden, dass die Bohrungen **154** als Gewindebohrungen ausgebildet sein können. Beispielsweise können drei solche Bohrungen in der Größe M4 im Lagerschild **138** vorgesehen werden. Im Lagerschild **115** können ebenfalls Gewindebohrungen vorgesehen werden, beispielsweise ebenfalls  $3 \times \text{M4}$  oder eine einzige Bohrung in der Größe M8.

**[0082]** Die in den obigen Beispielen angegebenen verwendeten Materialien sind für die Arbeitsmedien eines Brennstoffzellensystems geeignet, bilden keine Spaltprodukte und sind auch für die Funktion "Lagerung der Welle" geeignet. Der Spalt zwischen Wälzlager und Führungskörper ist für die Anforderungen ausgelegt. Wasser, entweder als Feuchte oder Tropfen, sowie Sauerstoff und Wasserstoff zerstören das Lager nicht. Die Dauerfestigkeit bleibt erhalten. Das Lager kommt gänzlich ohne eine herkömmliche Fettschmierung aus. Dem Lager entweicht damit keinesfalls Fett oder Öl, das zu einer Kontamination der Brennstoffzellen führen könnte.

**[0083]** Die "Lagerung der Welle" kann, einmal eingebaut, dauerhaft an ihrem Platz bleiben.

**[0084]** Es wird von extern weder Schmiermittel, Strom, Magnetfelder, Druckluft, Kühlung usw. benötigt. Das Lager ist autark.

**[0085]** Die hier angegebene Konstruktion bietet darüber hinaus folgende Vorteile:

- sicheres mechanisches Prinzip, robustes Design,
- keine Kontamination des Brennstoffzellensystems,
- Dauerfestigkeit,
- das Lager verträgt den vorherrschenden Medienkontakt, darunter Wasserstoff, Wasser (flüchtig und gasförmig) und Sauerstoff,
- für schnelle und schnellste Rotationen bis über 25.000 U/min geeignet,
- formschlüssige Konstruktion,
- saubere, konstruktiv sichere Führung an einem festen Drehpunkt,
- definierte, geführte Bewegung,
- die durch Reibung erzeugte Wärme wird vom Lager ausgehalten,
- selbst für einfache Drehantriebe geeignet, erlaubt preisgünstige Konstruktionen.

**[0086]** Die hier beschriebene Wälzlageranordnung bzw. das Wälzlager können bei allen gängigen Pumpenarten verwendet werden, beispielsweise bei Seitenverdichtern, bei Turboverdichtern und bei Impellerpumpen.

#### Patentansprüche

1. Wälzlageranordnung, insbesondere zur Anwendung bei einer Rezirkulationspumpe (**60**) eines Brennstoffzellensystems, mit einem Wälzlager (**142**) mit einem inneren Laufring (**200**), einem äußeren Laufring (**202**) und dazwischen angeordneten Wälzkörpern (**204**) sowie gegebenenfalls mit Deckscheiben (**206**), beispielsweise in Form von Staubkappen, wobei die Rezirkulationspumpe (**60**) eine Antriebswelle bzw. eine Motorwelle (**128**) aufweist, die durch den inneren Laufring (**200**) des Wälzlagers (**142**) und durch eine Öffnung eines Lagerschildes (**138**) in einen Förderraum (**116**) der Rezirkulationspumpe hindurchgeführt ist und dort ein Förderglied (**120**) antreibt, und der Außenring (**202**) des Wälzlagers (**142**) in einem Lagersitz (**208**) des Lagerschildes (**138**) aufgenommen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf beiden axialen Seiten des Wälzlagers (**142**) mit der Motorwelle (**128**) drehbare Deckel (**212**, **222**) vorgesehen sind, die sich jeweils radial über den äußeren Laufring (**202**) hinweg erstrecken.

2. Wälzlageranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Deckel (**212**) zwischen einer Schulter (**210**) der Motorwelle (**128**) und dem inneren Laufring (**200**) geklemmt ist und einen ersten Spalt (**228**) mit dem äußeren Laufring (**202**) und dem Lagerschild (**138**) bildet.

3. Wälzlageranordnung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Deckel (**222**) entweder am Förderglied (**120**) bzw.

an dessen Nabe (**224**) befestigt ist oder zwischen einer Schulter (**226**) der Antriebswelle (**128**) und dem Förderglied (**120**) bzw. dessen Nabe (**224**) Rotor geklemmt ist und mit dem Wälzlager (**142**) und/oder mit der dem Wälzlager abgewandten Seite des Lagerschildes (**120**) einen zweiten Spalt (**230**) bildet.

4. Wälzlageranordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Lagersitz einen radial nach innen gerichteten Vorsprung aufweist, der sich zwischen dem Wälzlager (**142**) und dem zweiten Deckel (**222**) befindet und sowohl vom inneren Lauf ring (**200**) als auch vom zweiten Deckel (**222**) einen Abstand (**230**) aufweist.

5. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Deckel (**212**) und der zweite Deckel (**222**) sowie die Spalten (**228**, **230**), die sie mit dem Wälzlager (**142**) und/oder dem Lagerschild (**138**) bilden, ausgelegt sind, um zumindest im Wesentlichen den gleichen dynamischen Druck auf beiden axialen Seiten des Wälzlagers (**142**) aufzubauen.

6. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Achse (**153**) der Motorwelle zumindest im Wesentlichen vertikal angeordnet ist, dass der erste Deckel (**212**) sich oberhalb des Wälzlagers (**142**) befindet und eine obere Seite (**216**) aufweist, die sich radial nach außen und schräg nach unten erstreckt.

7. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der Deckel (**212**) mit einer radial außen angeordneten Tropfnase (**214**) versehen ist.

8. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Wälzlager (**142**) ein Rillenkugellager, insbesondere ein Schrägrillenkugellager ist.

9. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufringe (**200**, **202**) aus nicht rostendem Stahl bestehen.

10. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufringe (**200**, **202**) jeweils aus X102 CrMo17 bestehen.

11. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufringe (**200**, **202**) jeweils aus 1.4303 Stahl bestehen.

12. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet,

dass die Laufringe (**200**, **202**) jeweils aus 1.4123/X40 CrMoVn 16 2 bestehen.

13. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufringe (**200**, **202**) aus 1.3543 Stahl bestehen.

14. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper (**204**) bzw. -kugeln aus nicht rostendem Stahl bestehen.

15. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper (**204**) bzw. -kugeln aus 1.4303 Stahl bestehen.

16. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper (**204**) bzw. -kugeln aus einem keramischen Werkstoff bestehen.

17. Wälzlageranordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper (**204**) bzw. -kugeln aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  bestehen.

18. Wälzlageranordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Wälzlager (**142**) einen Käfig (**233**) aufweist, der aus Kunststoff insbesondere aus PEEK besteht.

19. Wälzlageranordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Wälzlager (**142**) einen Käfig (**233**) aufweist, der aus nicht rostendem Stahl besteht und gegebenenfalls Lappen aufweist.

20. Wälzlageranordnung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Käfig **233** aus 1.4301 Stahl besteht.

21. Wälzlageranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, 19 und 20, dadurch gekennzeichnet, dass der innere Lauf ring (**200**), der äußere Lauf ring (**200**) und die Wälzkörper (**204**) aus zumindest im Wesentlichen der gleichen metallischen Legierung bestehen.

22. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Abdeckscheiben (**206**) vorgesehen sind, die aus einem der nachfolgenden Materialien bestehen: mit Kunststoff ummantelten Metall, mit NBR ummanteltem, unlegiertem Stahl, nicht rostendem Stahl und mit FPM ummanteltem, nicht rostendem Stahl.

23. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper (**204**) und/oder die Laufringe

(**200, 202**) und/oder weitere Bestandteile des Wälzlagers (**142**), wie etwaige Abdeckscheiben (**206**), oder ein Käfig **233** oder die Deckel (**212, 222**) mit einer hydrophoben Beschichtung versehen sind.

24. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper (**204**) und/oder die Laufringe (**200, 202**) und/oder weitere Bestandteile des Wälzlagers (**142**), wie etwaige Abdeckscheiben (**206**), oder ein Käfig oder die Deckel (**212, 222**) mit mindestens einem der folgenden Materialien beschichtet sind: PFPE, PTFE, PE, eine PE-Schicht, die durch ein CVD-Verfahren abgelagert ist oder eine Kohlenstoffschicht oder eine DLC-Schicht, die jeweils durch ein CVD-Verfahren oder PVD-Verfahren abgelagert ist.

25. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Wälzlager (**142**) mit einer Befettung in Form eines inerten Trägermaterials und eines in diesem verteilten inerten Trockenschmiermittels wie PFPE und/oder PTFE.

26. Wälzlager, insbesondere zur Anwendung bei einer Rezirkulationspumpe (**60**) eines Brennstoffzellensystems, mit einem inneren Laufring (**200**), einem äußeren Laufring (**202**) und dazwischen angeordneten Wälzkörpern (**204**) sowie gegebenenfalls mit Deckscheiben (**206**), beispielsweise in Form von Staubkappen, dadurch gekennzeichnet, dass auf beiden axialen Seiten des Wälzlagers (**142**) mit dem inneren Laufring (**200**) drehbare Deckel (**212, 222**) vorgesehen sind, die sich jeweils radial über den äußeren Laufring (**202**) hinweg erstrecken.

27. Wälzlager nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Deckel (**212**) und der zweite Deckel (**222**) sowie die Spalten (**228, 230**), die sie mit dem Wälzlager (**142**) und/oder einem den äußeren Lagerring (**202**) aufnehmenden Lagerschild (**138**) bilden, ausgelegt sind um zumindest im Wesentlichen den gleichen dynamischen Druck auf beiden axialen Seiten des Wälzlagers (**142**) aufzubauen.

28. Wälzlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Wälzlager (**142**) ein Rillenkugellager, insbesondere ein Schrägrillenkugellager ist.

29. Wälzlager insbesondere zur Anwendung bei einer Rezirkulationspumpe (**60**) eines Brennstoffzellensystems, mit einem inneren Laufring (**200**), einem äußeren Laufring (**202**) und dazwischen angeordneten Wälzkörpern (**204**) sowie gegebenenfalls mit Abdeckscheiben (**206**), beispielsweise in Form von Staubkappen, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufringe (**200, 202**) aus nicht rostendem Stahl bestehen.

30. Wälzlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufringe (**200, 202**) jeweils aus X102 CrMo17 bestehen.

31. Wälzlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufringe (**200, 202**) jeweils aus 1.4303 Stahl bestehen.

32. Wälzlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufringe (**200, 202**) jeweils aus 1.4123/X40 Cr-MoVn 16 2 bestehen.

33. Wälzlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufringe (**200, 202**) aus 1.3543 Stahl bestehen.

34. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 29 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper (**204**) bzw. -kugeln aus nicht rostendem Stahl bestehen.

35. Wälzlageranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 29 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper (**204**) bzw. -kugeln aus 1.4303 Stahl bestehen.

36. Wälzlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche 29 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper (**204**) bzw. -kugeln aus einem keramischen Werkstoff bestehen.

37. Wälzlager nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Kugeln (**204**) aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  bestehen.

38. Wälzlager nach einem der Ansprüche 29 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass das Wälzlager (**142**) einen Käfig (**233**) aufweist, der aus Kunststoff besteht.

39. Wälzlager nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoff PEEK ist.

40. Wälzlager nach einem der Ansprüche 29 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass das Wälzlager (**142**) einen Käfig (**233**) aufweist, der aus nicht rostendem Stahl besteht und gegebenenfalls Lappen aufweist.

41. Wälzlager nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass der Käfig (**233**) aus 1.4301 Stahl besteht.

42. Wälzlager, insbesondere zur Anwendung bei einer Rezirkulationspumpe (**60**) eines Brennstoffzellensystems, mit einem inneren Laufring (**200**), einem äußeren Laufring (**202**) und dazwischen angeordnete

ten Wälzkörpern (**204**) sowie gegebenenfalls mit Abdeckscheiben (**208**), beispielsweise in Form von Staubkappen, dadurch gekennzeichnet, dass der innere Laufring (**200**), der äußere Laufring (**200**) und die Wälzkörper (**204**) aus der gleichen metallischen Legierung bestehen.

43. Wälzlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche 27 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass Abdeckscheiben (**206**) vorgesehen sind, die aus einem der nachfolgenden Materialien bestehen: mit Kunststoff ummantelten Stahl, mit NBR ummanteltem, unlegiertem Stahl, nicht rostendem Stahl und mit FPM ummanteltem, nicht rostendem Stahl.

44. Wälzlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche 27 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper (**204**) und/oder die Laufringe (**200**, **202**) und/oder weitere Bestandteile des Wälzlagers, wie etwaige Abdeckscheiben (**206**), oder ein Käfig oder die Deckel (**212**, **222**) mit einer hydrophoben Beschichtung versehen sind.

45. Wälzlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche 27 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper (**204**) und/oder die Laufringe (**200**, **202**) und/oder weitere Bestandteile des Wälzlagers, wie etwaige Abdeckscheiben (**206**), oder ein Käfig (**233**) oder die Deckel (**212**, **222**) mit mindestens einem der folgenden Materialien beschichtet sind: PFPE, PTFE, PE, eine PE-Schicht, die durch ein CVD-Verfahren abgelagert ist oder eine Kohlenstoffschicht oder eine DLC-Schicht, die jeweils durch ein CVD-Verfahren oder PVD-Verfahren abgelagert ist.

46. Wälzlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche 27 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass das Wälzlager (**142**) mit einer Befettung in Form eines inerten Trägermaterials und eines in diesem verteilten inerten Trockenschmiermittels wie PFPE und/oder PTFE versehen ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

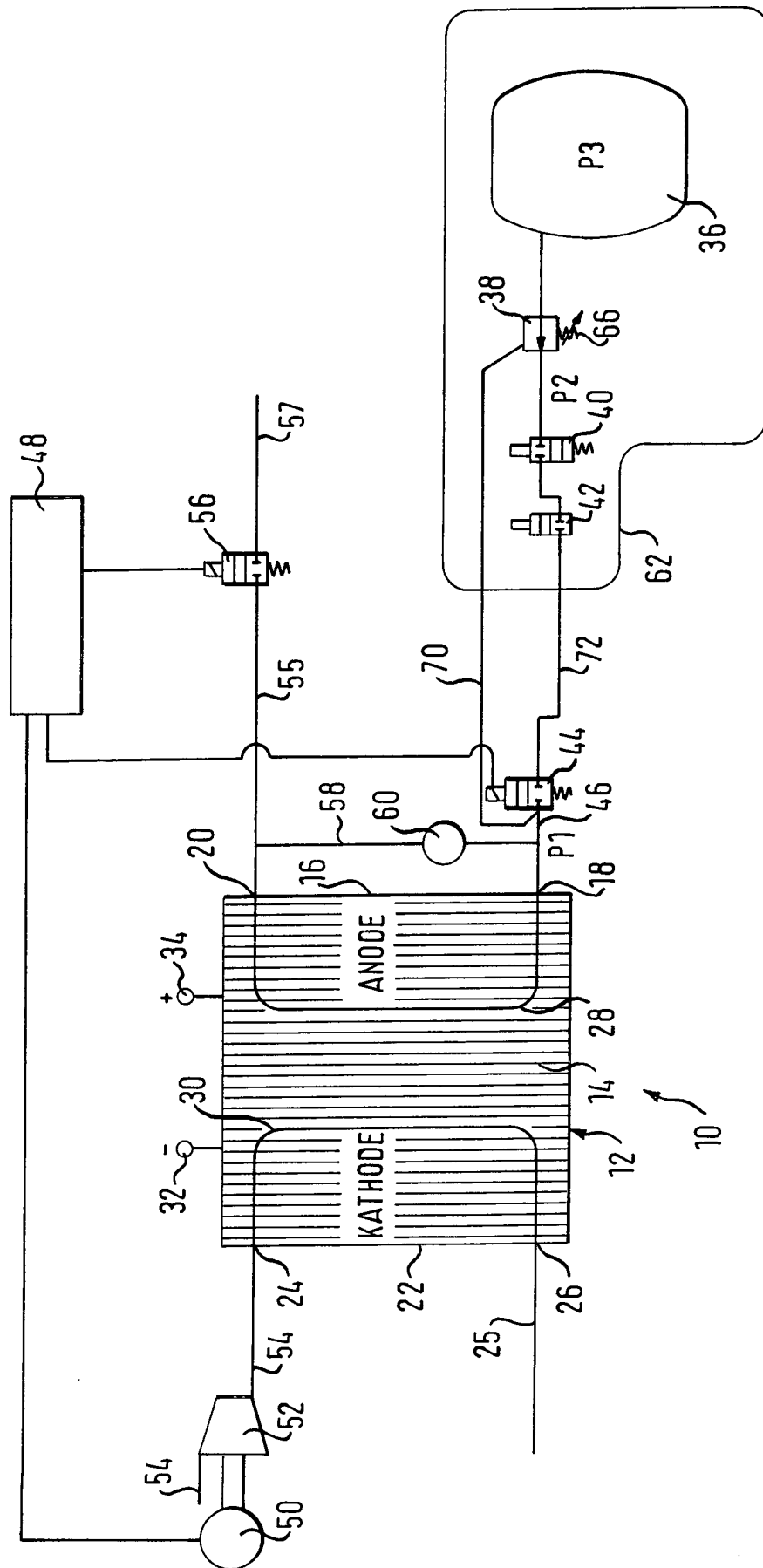


FIG. 2

