

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. Februar 2009 (12.02.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/018814 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/001274

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. August 2008 (06.08.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 036 868.4 6. August 2007 (06.08.2007) DE
10 2008 003 126.7 2. Januar 2008 (02.01.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **CLEAN WORLD ENERGIES GMBH** [DE/DE];
Hohenzollernstr.34, 52315 Düren (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RADE, Norbert**
[DE/DE]; Agathenstrasse 10, 52458 Jülich (DE). **OEPEN,**
Ernst [DE/DE]; Hohenzollernstrasse 34, 52351 Düren
(DE).

(74) Anwalt: **REUTHER, Martin**; Zehnthofstrasse 9, 52349
Düren (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,
MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

(54) Title: INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION EN-
GINE

(54) Bezeichnung: VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER VERBRENNUNGS-
KRAFTMASCHINE

(57) Abstract: The combustion in an internal combustion engine comprising a combustion chamber, to which a fuel enriched with
hydrogen is supplied, and comprising an electrolysis reservoir, which is connected to a combustion chamber of the internal combus-
tion engine and in which hydrogen is obtained from water by means of electrolysis, is performed with better efficiency if potassium
hydroxide is used as the electrolyte for the electrolysis in a concentration of more than 25%.

(57) Zusammenfassung: Die Verbrennung in einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit
Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit einem Verbrennungsraum der
Verbrennungskraftmaschine verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, erfolgt mit
einem besseren Wirkungsgrad, wenn Kaliumhydroxid als Elektrolyt für die Elektrolyse in einer Konzentration von über 25% genutzt
wird.



WO 2009/018814 A2

Verbrennungskraftmaschine und Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine

[01] Die Erfindung betrifft eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem
5 Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird. Ebenso betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer derartigen Verbrennungskraftmaschine.

[02] Die Verwendung von elektrolytisch gewonnenem Wasserstoff bei Verbrennungskraftmaschinen ist an sich bekannt. So kann Wasserstoff beispielsweise entsprechend der EP 0721 794 A1 bzw. entsprechend der EP 0 721 795 A1 zur
10 Abgasnachbehandlung durch katalytische NO-Reduktion genutzt werden. Auch ist es aus der DE 28 16 115 A1 bekannt, elektrolytisch gewonnenen Wasserstoff vor einer Drosselklappe einem Ansaugstutzen einer Verbrennungskraftmaschine aufzugeben. Bei all diesen Verfahren wird jeweils anfallender Sauerstoff, insbesondere wenn lediglich Wasser zur Elektrolyse genutzt wird, nicht genutzt. Demgegenüber offenbaren die DE 412 195 und die CH 116 428
15 Verbrennungskraftmaschinen für die Verbrennung hoch siedender flüssiger Brennstoffe, welcher elektrolytisch gewonnenes Knallgas als Zusatzgas oder sogar elektrolytisch gewonnener Wasserstoff als einziges Oxidationsmittel aufgegeben werden. Andererseits offenbart die DE 25 52 841 A1 eine Verbrennungskraftmaschine, welche ausschließlich mit einem elektrolytisch gewonnenen Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisch unter Zufuhr von Luft
20 betrieben wird, wobei auch hier Luft und Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisch vor einer Drosselklappe einem Ansaugstutzen aufgegeben werden.

[03] Darüber hinaus ist es aus der DE 36 12 666 A1 bekannt, Nickel-haltige Anoden für die Elektrolyse von Kaliumhydroxidlösungen zu verwenden.

[04] Es ist Aufgabe vorliegender Erfindung, eine gattungsgemäße Verbrennungskraftmaschine sowie ein gattungsgemäßes Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine
25 bereitzustellen, die einen erhöhten Wirkungsgrad aufweisen.

[05] Als Lösung wird eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, vorgeschlagen, welche sich
5 dadurch auszeichnet, dass einwertige Hydroxide als Elektrolyt für die Elektrolyse in einer Konzentration von über 25% genutzt werden. Vorzugsweise liegt die Konzentration über 28 % bzw. über 30 %. Insbesondere kann die Konzentration über 32 % bzw. 34 % liegen.

[06] Zwar führen derartig hohe Konzentrationen zu einem verhältnismäßig aggressiven Elektrolyten mit all den hiermit verbundenen Schwierigkeiten. Auch kann es zu einer
10 übermäßigen Aufschäumung des Elektrolyten und somit zu einem Austrag des an sich katalytisch genutzten Kaliumhydroxids kommen, so dass an sich derartig hohe Konzentrationen für Elektrolysen nicht genutzt werden, insbesondere da diese angesichts der katalytischen Funktion des Kaliumhydroxids nicht notwendig erscheinen. Andererseits lässt sich durch eine geeignete Materialwahl sowie durch einfache bauliche Maßnahmen, wie beispielsweise einer
15 hohen Bauhöhe über einem Flüssigkeitspegel in dem Elektrolysebehälter, der Aggressivität und dem Aufschäumen begegnen, wobei auch komplexere Maßnahmen, wie sie nachfolgend erläutert werden, hilfreich sein können. Durch derartig hohe Konzentrationen ergibt sich jedoch ein unerwartet hoher Anstieg der Ausbeute und somit des Wirkungsgrades.

[07] Besonders können die einwertigen Hydroxide Kaliumhydroxid umfassen, was nach
20 Experimenten der Erfinder zu einer hohen Ausbeute bei guter Steuerbarkeit des Prozesses führt. Andererseits ist insbesondere auch Natriumhydroxid, unter Umständen auch in Mischung mit Kaliumhydroxid, anwendbar. Ebenso scheinen jedoch auch die anderen einwertigen Hydroxide, als da beispielsweise sind Lithium-, Rubidium-, Caesium- und Franciumhydroxid, geeignet anwendbar. Besonders vorzugsweise scheint die Verwendung von ausschließlich
25 Kaliumhydroxid als Elektrolyt, wobei auch Spuren anderer Elektrolyten vorhanden sein können, so dass auch bereits die Verwendung von 90% Kaliumhydroxid als Elektrolyt entsprechende Vorteile bringt.

[08] Als weitere Lösung wird eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird,

und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, vorgeschlagen, welche sich durch wenigstens eine Elektrode, die Metalle der VI. oder VII. Nebengruppe enthält, auszeichnet.

5 [09] Zwar ist die Verwendung von Nickelanoden bei der Elektrolyse bereits aus der DE 36 12 666 A1 an sich bekannt. Dass sich derartige Anoden auch in Verbindung mit Verbrennungskraftmaschinen nutzen lassen, insbesondere wenn sie über ein elektrisches System der Verbrennungskraftmaschine betrieben werden, ist jedoch durch den Stand der Technik nicht nahegelegt.

10 [10] Die wenigstens eine Elektrode kann wenigstens eine aktive Oberfläche mit einem Kohlenstoffgehalt unter 0,15%, vorzugsweise unter 0,025%, aufweisen. Durch einen derartigen Reinheitsgrad kann einerseits ein besonders hoher Wirkungsgrad erzielt werden. Andererseits führt eine derartige Ausgestaltung der Oberfläche zu einer ausreichend langen Lebensdauer der Elektrode, insbesondere im Zusammenspiel mit den vorstehend aufgeführten
15 Elektrolytkonzentrationen, wobei derartige Elektroden auch bei anderen Elektrolyten als Kaliumhydroxid entsprechend vorteilhaft zur Anwendung kommen können.

[11] Kumulativ bzw. alternativ hierzu kann die wenigstens eine der Elektroden einen spezifischen elektrischen Widerstand unter $0,090 \text{ Wmm}^2\text{m}^{-1}$, vorzugsweise unter $0,086 \text{ Wmm}^2\text{m}^{-1}$, aufweisen. Durch eine derartige Ausgestaltung lässt sich der Wirkungsgrad bei der
20 Elektrolyse überraschend stark erhöhen, obgleich dieses bei der Wandstärke der Elektroden und ihren Abmessungen hinsichtlich des Stromflusses durch die Elektroden selbst an sich unerheblich erscheint. Es wird vermutet, dass dieser überraschende Effekt mit Oberflächenreaktionen, die durch einen derartig geringen spezifischen elektrischen Widerstand erleichtert werden, zusammenhängt.

25 [12] Vorzugsweise werden sowohl als Anode als auch als Kathode Elektroden mit Metallen der VI. oder VII. Nebengruppe genutzt. Dieses ermöglicht einen möglichst einfachen Aufbau des Elektrolysebehälters, so dass dieser verhältnismäßig klein baut. Dieses gilt insbesondere, wenn eine Elektrode sowohl als Anode als auch als Kathode genutzt wird.

[13] Vorzugsweise besteht die eine Elektrode im Wesentlichen aus Nickel, insbesondere mit einer Reinheit von über 95% bzw. von über 99%, so dass etwaige andere Bestandteile, insbesondere auch andere Metalle lediglich als Unreinheiten gewertet werden können. Auch andere Metalle der Platin- und Nickeltriade der VIII. Nebengruppe können entsprechend vorteilhaft genutzt werden, sind aber in der Regel wesentlich teurer. Ebenso können auch Metalle der Eisengruppe sowie der leichten und schweren Platingruppe zu Anwendung kommen. Auch hat sich herausgestellt, das Chrom und die anderen Metall der VI. Nebengruppe als entsprechende Elektroden zur Anwendung kommen können. Auch bei den vorgenannten Metallen kommen vorzugsweise verhältnismäßig reine metallische Strukturen, ggf. als zusammengefügte, z.B. gesinterte Einzelkristalle, zur Anwendung, wobei auch hier Reinheiten von über 95% bzw. 99% vorteilhaft sind.

[14] Es versteht sich, dass für die Elektrolyse im Wesentlichen die Elektrodenoberflächen von Bedeutung sind. Insofern können die Elektroden verhältnismäßig komplex aufgebaut sein und beispielsweise ein entsprechend beschichtetes Trägermaterial aufweisen. Baulich besonders einfach ist jedoch die Verwendung von entsprechenden Platten, wobei sich überraschender Weise herausgestellt hat, dass bereits durch ebene metallische Oberflächen, insbesondere mit den vorstehend beschriebenen Merkmalen hinsichtlich der Reinheit und des spezifischen Widerstandes, ein ausreichender Wirkungsgrad realisiert werden kann. Andererseits können die Elektroden auch komplexer ausgestaltet sein und beispielsweise ein poröses Material umfassen. Ebenso können die Elektroden noch weitere katalytisch wirksame Lagen, wie beispielsweise eine geeignete poröse Oberflächenbeschichtung oder ähnliches, aufweisen. Auch können die Elektrodenoberflächen Metalllegierungen oder gesinterte Oberflächen aus mehreren verschiedenen der vorgenannten Metalle aufweisen.

[15] Ebenso löst die erfindungsgemäße Aufgabe eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, welche sich dadurch auszeichnet, dass der Wasserstoff hinter einer Drosselklappe der Verbrennungskraftmaschine aufgegeben wird.

[16] Auf diese Weise kann sehr einfach und effektiv verhindert werden, dass sich Wasserstoff, insbesondere wenn er in Form von Knallgas der Verbrennungskraftmaschine aufgegeben wird, in der Verbrennungskraftmaschine anreichert. Durch drosselnde Einrichtungen, wie beispielsweise durch reduzierte Leitungsdurchmesser, lässt sich auf einfache Weise sicherstellen, dass ein zu niedriger Druck den Elektrolysebehälter nicht erreicht. Auf diese Weise kann insbesondere ein Übermaß an Schaumbildung vermieden werden. Andererseits hat diese Anordnung gegenüber der Aufgabe vor der Drosselklappe, wie dieses beispielsweise in der DE 28 16 115 A1 bzw. in der DE 25 52 841 A1 offenbart ist, den Vorteil, dass jederzeit ein ausreichender Unterdruck zur Verfügung steht, um betriebssicher den Wasserstoff bzw. das Knallgas abzugreifen, und der Unterdruck verhältnismäßig konstant, gerade unabhängig von der Stellung der Drosselklappe, auf den Elektrolysebehälter wirkt.

[17] Insbesondere kann der Wasserstoff über eine Ableitung eines Bremskraftverstärkers aufgegeben wird, wenn eine derartige Ableitung vorhanden ist. Dieses hat den Vorteil, dass an dem Ansaugstutzen einer bereits vorhandenen Verbrennungskraftmaschine keine baulichen Veränderungen vorgenommen werden müssen, um den Wasserstoff bereitzustellen.

[18] Es versteht sich, dass alternativ hierzu auch andere Anschlüsse, insbesondere wenn sie hinter der Drosselklappe eines Kraftfahrzeuges vorgesehen sind, genutzt werden können. Insbesondere kann selbstverständlich auch ein neuer separater Anschluss bereitgestellt werden. Bei Verbrennungskraftmaschinen ohne Drosselklappe kann die Wasserstoffaufgabe beispielsweise über den Ansaugkanal des Luftfilters erfolgen. Auch kann die Wasserstoffaufgabe unmittelbar hinter dem Luftfilter vorgesehen sein. Gegebenfalls kann der Wasserstoff auch unmittelbar dem Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine aufgegeben werden.

[19] In vorliegenden Zusammenhang werden Richtungen, also beispielsweise „vor“ und „hinter“, unter Berücksichtigung der Strömungsrichtung zu dem Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine definiert.

[20] Eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels

Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, sowie ein entsprechendes Verfahren zum Betrieb einer derartigen Verbrennungsmaschine lösen die erfindungsgemäße Aufgabe auch unabhängig von den Merkmalen der übrigen Ansprüche, wenn die Betriebstemperatur des Elektrolysebehälters unter 90 °C gehalten wird.

5 [21] Zwar könnte erwartungsgemäß bei höheren Temperaturen die Wasserstoffausbeute bei gleicher elektrischer Leistung erhöht werden, jedoch hat sich herausgestellt, dass die Bereitstellung derartig hoher Temperaturen zu übergroßen thermischen Verlusten führt, so dass durch die verhältnismäßig geringen Temperaturen der Wirkungsgrad insgesamt erhöht werden kann. Insbesondere stehen entsprechende Temperaturen bei Verbrennungskraftmaschinen, 10 beispielsweise in Kraftfahrzeugen, als Abwärme, z.B. als Kühlwassertemperatur, ohnehin zur Verfügung. Darüber hinaus steigt durch die verhältnismäßig niedrigen Temperaturen die Standzeit des Elektrolysebehälters erheblich, insbesondere verschleifen die Elektroden kaum noch.

[22] Besonders vorzugsweise wird eine Betriebstemperatur des Elektrolysebehälters unter 15 85 °C, insbesondere unter 80 °C, aufrechterhalten, was dementsprechend energetisch günstiger ist.

[23] Andererseits wird die Betriebstemperatur vorzugsweise über 60 °C, bzw. 65 °C, gehalten, um so die elektrolytischen Prozesse zu fördern.

[24] Vorzugsweise weist die Verbrennungskraftmaschine Mittel zur Erzeugung eines 20 Unterdrucks in dem Elektrolysebehälter auf. Dementsprechend löst unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung die erfindungsgemäße Aufgabe auch ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels 25 Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, welches sich dadurch auszeichnet, dass in dem Elektrolysebehälter ein Unterdruck aufrecht gehalten und die Betriebstemperatur des Elektrolysebehälters unter 90 °C bzw. unter 85 °C, insbesondere unter 80 °C, gehalten wird.

[25] Insbesondere die Kombination eines Unterdrucks mit einer über 60 °C bzw. 65 °C liegenden, aber 90 °C, 85 °C bzw. 80 °C nicht übersteigenden Betriebstemperatur des Elektrolysebehälters führt zu einer für die Elektrolyse sehr vorteilhaften Betriebsumgebung, die einen sehr hohen Wirkungsgrad bedingt.

- 5 [26] Durch die Variation des Unterdrucks kann darüber hinaus die Menge an Wasserstoff, die über die Elektrolyse bereitgestellt wird, sehr einfach gesteuert werden. Je nach konkreter Ausgestaltung kann somit die Verbrennungskraftmaschine ohne wesentliche weitere Steuermechanismen betrieben werden, da in der Regel der Unterdruck ein Maß für die Anforderung und den Verbrauch der Verbrennungskraftmaschine an Kraftstoff darstellt und
10 somit die Menge an Wasserstoff, die durch die Elektrolyse bereitgestellt wird, ohne Weiteres der benötigten Wasserstoffmenge entspricht.

- [27] Je nach konkreter Umsetzung vorliegender Erfindung kann der Unterdruck auch durch zusätzliche Mittel zum Bereitstellen eines Unterdrucks, wie beispielsweise eine Pumpe, bereitgestellt werden. Auch kann der Wasserstoff bzw. das Knallgas ggf. in einem
15 Vorratsbehälter zwischengespeichert und hieraus dosiert der Verbrennungskraftmaschine zur Verfügung gestellt werden. Der Unterdruck kann unter Berücksichtigung der übrigen Randbedingungen bis in den Vakuumbereich reichen. So sind durchaus Drücke bis runter zu 0,0001 bar (10 Pa) sinnvoll, um die für die Elektrolyse benötigte elektrische Energie zu minimieren, wobei letztlich eine Abwägung zwischen der benötigten elektrischen Energie und
20 der benötigten Energie zur Bereitstellung des Unterdrucks erfolgen sollte.

- [28] Durch die geeignete Wahl der Temperatur, des Unterdrucks, der Konzentration des Elektrolyten sowie der Stromstärke kann dafür gesorgt werden, dass der Elektrolyt in dem Elektrolysebehälter gleichförmig perlt. Hierbei wird in vorliegendem Zusammenhang unter dem Begriff „perlen einer Flüssigkeit“ ein Zustand der Flüssigkeit beschrieben, in welchem diese
25 von kleinen nach oben steigenden, verhältnismäßig regelmäßig angeordneten Gasbläschen durchzogen ist. Dieser Zustand ist, abgesehen von dem Zustand in welchem kleine oder lediglich vereinzelte Gasbläschen in der Flüssigkeit zu finden sind, auch deutlich von dem Zustand zu unterscheiden, in welchem diese sprudelnd von chaotischen Gasblasen, die sich miteinander verbinden und ggf. sogar wieder teilen, durchsetzt ist.

[29] Dementsprechend löst die erfindungsgemäße Aufgabe auch ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, welches sich dadurch auszeichnet, dass der Elektrolyt in dem Elektrolysebehälter zumindest zu ausgewählten Zeitpunkten perlt.

[30] Hierbei hat das Perlen den Vorteil, dass die Elektrolyse gleichförmig und ungestört ablaufen kann. Insbesondere bei chaotischen Zuständen wird die Elektrolyse durch das Übermaß an Gasblasen, die auch die Elektroden erreichen, anscheinend derart gestört, dass die Ausbeute und damit auch die Effektivität sinken.

[31] Vorzugsweise siedet der Elektrolyt leicht, wobei in vorliegendem Zusammenhang der Begriff „sieden“ den Elektrolyt an sich in seinem Aggregatzustand, unabhängig von der elektrochemischen Reaktion der Elektrolyse, beschreibt, so dass beim Sieden Gase auch ohne Stromzufuhr aus dem Inneren der Flüssigkeit entweichen und in Blaseform an die Oberfläche gelangen, indem die übrigen Randbedingungen, wie Temperatur, Unterdruck, Konzentration des Elektrolyten, entsprechend gewählt werden.

[32] Vorzugsweise perlt der Elektrolyt auch beim Sieden lediglich, sodass durch die im Flüssigkeitsinneren entstehenden Gasblasen die Elektrolyse nicht gestört wird. Es hat sich heraus gestellt, dass insbesondere beim leichten Sieden der Gesamtwirkungsgrad der Verbrennungskraftmaschine vorteilhaft erhöht werden kann. Hierbei wird davon ausgegangen, dass durch das leichte Sieden der Transport der elektrolytisch gebildeten Gase von den Elektroden weg gefördert wird.

[33] Auch bedingt das leichte Sieden augenscheinlich, dass Wassermoleküle mit dem gebildeten Wasserstoff und dem gebildeten Sauerstoff ausgetragen werden. Es wird vermutet, dass diese Wassermoleküle, ebenso wie die durch die Knallgasreaktion bereitgestellten Wassermoleküle, vorteilhaft für eine Reduktion der Schadstoffe in den Abgasen einer erfindungsgemäßen Verbrennungskraftmaschine sind. Dadurch, dass die Wassermoleküle bereits in Gasform vorliegen und durch Abwärme und ggf. durch den bereits durch die Verbrennungskraftmaschine bereit gestellten Unterdruck erzeugt werden, wird hierdurch die

Energiebilanz der Verbrennungskraftmaschine nur unwesentlich belastet. Insofern versteht es sich, dass auf diese Weise bereit gestellte Wassermoleküle auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung für eine Verbrennungskraftmaschine vorteilhaft sein können.

5 [34] Insbesondere durch das Perlen, aber auch durch das leichte Sieden, kommt es bei geeigneten Elektrolyten, beispielsweise bei Kaliumhydroxid, aber auch bei anderen Elektrolyten zur Bildung von Schaum. Hierbei ist die Menge an gebildeten Schaum im Wesentlichen vom Grad der Blasenbildung abhängig. Kocht somit der Elektrolyt derart, dass es zu einer chaotischen Blasenbildung kommt, so entstehen sehr große Blasen, die zu dem auch
10 sehr hoch aufschäumen. Letzteres kann dazu führen, dass in vermehrtem Maße Elektrolyt aus dem Elektrolysebehälter ausgetragen wird, weshalb ebenfalls ein Kochen des Elektrolyten, welches zu einer chaotischen Blasenbildung führt, möglichst vermieden werden sollte.

[35] Andererseits hat sich eine geringe Menge Schaum auf der Oberfläche des Elektrolyten als Vorteilhaft erwiesen. Hierdurch werden sowohl Wasserstoff als auch Sauerstoff kurzzeitig
15 zwischengespeichert, so dass sie bei einer erhöhten Anforderung durch die Verbrennung sehr kurzfristig auch in ausreichendem Maße bereitstehen. Hierbei erweist sich eine Steuerung der Elektrolyse über den Unterdruck der Verbrennungskraftmaschine als besonders vorteilhaft, da eine Drucksenkung, die bei einer Verbrennungskraftmaschine unmittelbar einer erhöhten Anforderung entspricht, entsprechend unmittelbar Wasserstoff und Sauerstoff bereitstellt.

20 [36] Hierbei versteht es sich, dass die Elektrolyse gegebenenfalls auch anders gesteuert werden kann. Insbesondere kann sie auch ergänzend, beispielsweise durch eine λ -Sonde, gesteuert werden. Hierbei ist insbesondere eine ergänzende Steuerung von Vorteil, da die Unterdrucksteuerung ggf. nur bestimmte Betriebszustände, insbesondere lediglich sehr kurzzeitige Betriebszustände, erfassen kann, während eine ergänzende Steuerung dann
25 langfristig entsprechend eingreifen kann. So kann insbesondere beispielsweise bei dauerhaftem Betrieb unter Volllast eine Nachregelung, ggf. gesteuert durch eine λ -Sonde oder ähnliches, erfolgen. Die Regelung über den Unterdruck hat jedoch den großen Vorteil, dass weitgehend auf eine Elektronik verzichtet werden kann.

[37] Es versteht sich, dass der vorstehend beschriebene Schaum auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung entsprechend vorteilhaft ist. Dementsprechend löst die erfindungsgemäße Aufgabe auch ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, welches sich dadurch auszeichnet, dass der Elektrolyt in dem Elektrolysebehälter zumindest zu ausgewählten Zeitpunkten von einer durch ihn gebildeten Schaumschicht bedeckt ist.

[38] Hierbei kann, je nach konkreter Betriebsführung die Schaumschicht auch dazu dienen, ein Übermaß an Wassermolekülen, welches in die gasförmige Phase übergetreten ist, wieder zurückzuführen. In der Schaumschicht können die Gase leicht abkühlen, so dass die Wassermoleküle entsprechend schon dort wieder kondensieren können. Ebenso können in der Schaumschicht entsprechend mitgerissenen Ionen gefangen und zurückgeführt werden, wenn die Blasen des Schaums platzen und die flüssige Hülle wieder zurückfällt.

[39] Vorzugsweise weist die Verbrennungskraftmaschine eine Einrichtung zum Rückhalten eines Elektrolytschaums, wie beispielsweise einen Filter, auf. Hierdurch ist möglich, die Verbrennungskraftmaschine innerhalb etwas großzügigeren Betriebsbedingungen zu betreiben und dennoch die Gefahr, dass unnötig Elektrolyt, insbesondere auch Wasser, ausgetragen wird, in Grenzen zu halten. Dementsprechend ist eine derartige Rückhalteeinrichtung auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung für Verbrennungskraftmaschinen mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, vorteilhaft.

[40] Insbesondere kann die Rückhalteeinrichtung auch eine Gasauslassöffnung in einer Schaumraumwandung umfassen. Erfahrungsgemäß kann Schaum eine enge Öffnung nur schwer durchdringen, so dass die Schaumblasen dazu neigen, vor einem Durchdringen durch die

Öffnung zu platzen. Auf diese Weise kann baulich besonders einfach eine Ruckhalteeinrichtung bereitgestellt werden.

[41] Kumulativ bzw. alternativ hierzu kann ein Feuchtigkeitsabscheider vorgesehen sein. Insofern ist dieser ebenfalls unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung für Verbrennungskraftmaschinen mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, entsprechend vorteilhaft. Hierbei kann der Feuchtigkeitsabscheider beispielsweise durch Kondensationsplatten oder gekühlte Rohre gebildet sein. Ebenso ist es möglich, lediglich einen etwas kühleren Raum als Feuchtigkeitsabscheider vorzusehen.

[42] Vorzugsweise ist der Feuchtigkeitsabscheider hinter einer Einrichtung zum Rückhalten eines Elektrolytschaums angeordnet. Auf diese Weise wird der Feuchtigkeitsabscheider nicht durch ein Übermaß an Flüssigkeit belastet und kann seine Hauptaufgabe, Wassertröpfchen oder ein Übermaß an Wasserdampf abzufangen, entsprechend vorteilhaft erfüllen.

[43] Eine kompakte Bauform folgt, wenn der Feuchtigkeitsabscheider in dem Elektrolysebehälter angeordnet ist. Auf diese Weise können die für vorliegende Erfindung maßgeblichen Baugruppen im Wesentlichen zu einer einzigen Baugruppe dem Elektrolysebehälter zusammengefasst werden. Dieser braucht dann nur noch mit der restlichen Verbrennungskraftmaschine entsprechend verbunden zu werden.

[44] Vorzugsweise umfasst der Feuchtigkeitsabscheider Mittel zur Rückführung der abgeschiedenen Feuchtigkeit, die mit dem Elektrolyseraum verbunden sind. Auf diese Weise kann die Feuchtigkeit wieder zurückgeführt werden, so dass die Laufzeiten der erfindungsgemäßen Verbrennungskraftmaschine optimiert werden können.

[45] Der Feuchtigkeitsabscheider kann eine Nachfüllöffnung, über welche insbesondere Wasser dem Elektrolysebehälter aufgegeben werden kann, aufweisen. Auf diese Weise können beim Nachfüllen etwaige Reste an Elektrolyten wieder in den Elektrolysebehälter zurückgespült werden. Zwar könnte auch über eine derartige Nachfüllöffnung Elektrolyt nachgefüllt werden.

Da es jedoch vorteilhaft ist, einen separaten Wassertank vorzusehen, sollte die Nachfüllung an Elektrolyt vorzugsweise über gesonderte Öffnungen erfolgen.

[46] Die Nachfüllung kann hierbei, falls ein separater Wassertank zur Anwendung kommt, vorzugsweise über eine Pumpe erfolgen, durch welche zielgenau eine entsprechende Menge nachgefüllt werden kann. Hierzu erfolgt vorzugsweise eine entsprechende Füllstandsmessung, insbesondere über einen kapazitiven Füllstandssensor, der sehr wenig Energie verbraucht und zudem sehr robust auch bei den verwendeten Elektrolyten ausgestaltet werden kann.

[47] Vorzugsweise weist der Elektrolysebehälter ein Gehäuse aus Polypropylen auf. Ein derartiges Gehäuse erweist sich insbesondere bei Kaliumhydroxid und/oder bei den gewählten Betriebsbedingungen als zuverlässig langzeitstabil.

[48] In vorliegendem Zusammenhang versteht es sich, dass der Wasserstoff nicht zu sämtlichen Betriebszeitpunkten der Verbrennungskraftmaschine zur Verfügung stehen muss. Insbesondere beim Starten oder auch im Stillstand braucht somit keine Elektrolyse stattzufinden. Da die Verbesserungen im Wirkungsgrad ohnehin erst bei längeren Laufzeiten zu Buche schlagen, kann die Elektrolyse beispielsweise erst einsetzen, wenn die Verbrennungskraftmaschine ihre Betriebstemperatur erreicht hat. Dann ist eine eventuell entladene Batterie auch wieder aufgeladen und die Strombelastung durch die Elektrolyse schädigt nicht das übrige System der Verbrennungskraftmaschine. Auch stehen dann die Temperaturen für eine effiziente Elektrolyse ohne weiteres zur Verfügung. Dementsprechend ist auch die Formulierung zu verstehen, dass bestimmte Betriebsbedingungen zu ausgewählten Zeitpunkten vorliegen sollen. Es versteht sich darüber hinaus, dass auch zu anderen gegebenen Zeiten die entsprechenden Betriebsbedingungen kurzzeitig verlassen werden können. So kann beispielsweise bei Überlastsituationen, wie z.B. bei kurzzeitiger erheblicher Beschleunigung, durchaus ein Überschäumen oder chaotisches Kochen des Elektrolyten in Kauf genommen werden.

[49] Vorzugsweise wird die Verbrennungskraftmaschine derart betrieben, dass das Wasseräquivalent der Menge an erzeugten Wasserstoff zwischen 0,1 % und 10 %, insbesondere zwischen 0,2 % und 5 %, an verbrauchtem Brennstoff entspricht.

[50] Durch eine derartige Betriebsweise ist sichergestellt, dass der Wasserstoff, oder auch entsprechend das Knallgas, lediglich der Unterstützung der Verbrennung und nicht Hauptlieferant für Energie darstellt. Auf diese Weise können die energetischen Vorteile der besseren Verbrennung die für die Elektrolyse benötigte Energie kompensieren. Dieses ist bei einem Übermaß an Wasserverbrauch nicht mehr gewährleistet. Hierbei versteht es sich, dass eine derartige Betriebsweise auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung für ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, entsprechend vorteilhaft ist.

[51] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Wasserstoff der Verbrennungskraftmaschine zumindest teilweise in Form von Knallgas, also in Anwesenheit von Sauerstoff, vorzugsweise im stöchiometrischen Verhältnis von 2 Teilen Wasserstoff zu einem Teil Sauerstoff, aufgegeben wird. Hierbei versteht es sich, dass die Komplexität des Verbrennungsprozesses in der Praxis dazu führen kann, dass lediglich ein Teil des Knallgases bei der Verbrennung auch der entsprechenden Knallgasreaktion unterliegt. Ebenso werden unter normalen Umständen durch die Anwesenheit weitere Oxidationsmittel, insbesondere von Luftsauerstoff, nicht in dem gesamten der Verbrennung unterliegenden Medium Sauerstoff und Wasserstoff im stöchiometrisch der Knallgasreaktion entsprechenden Verhältnis zueinander vorliegen. Durch die Aufgabe zumindest teilweise in Form von Knallgas scheint es jedoch bereits vor der eigentlichen Verbrennung zu einer günstigen Anlagerung von Wasserstoff und Sauerstoff aneinander zu kommen, so dass entsprechend vorteilhaft eine Knallgasreaktion stattfinden kann.

[52] Vorliegende Erfindung eignet sich insbesondere für Verbrennungskraftmaschinen, bei denen kohlenstoffhaltige Kraftstoffe unter Beigabe eines Oxidationsmittels, insbesondere unter Beigabe von Luftsauerstoff, verbrannt werden. Hierbei wird in vorliegendem Zusammenhang unter dem Begriff „Verbrennungskraftmaschine“ jede Kraftmaschine verstanden, bei welcher mittels einer Redoxreaktion mechanische Kraft oder mechanisches Drehmoment zur Verfügung gestellt wird, was insbesondere eine langsamere Verbrennungsreaktion aber auch eine

Explosion einschließt. Insbesondere eignet sich vorliegende Erfindung somit für mit Benzin, Diesel bzw. Autogas jeder Art betriebene Verbrennungskraftmaschinen. Auch Bio-Sprit wird durch vorliegende Erfindung besser umgesetzt. Sie kann insbesondere im Zusammenspiel mit Einspritzmotoren, auch Monoeinspritzern und Direkteinspritzern, Turbomotoren zur Anwendung kommen. Insbesondere kann vorliegende Erfindung neben der Verbesserung von Kolbenmotoren, wie Otto- oder Dieselmotoren, auch entsprechend zur Verbesserung von Wankelmotoren oder Turbinen dienen.

[53] In vorliegendem Zusammenhang bezeichnet der Begriff „Elektrolyt“ jedes Medium, aus welchem mittels Strom Wasserstoff bereitgestellt werden kann. Insbesondere jedoch kann ein erfindungsgemäßer Elektrolyt in flüssiger Form vorliegen und besteht vorzugsweise aus Wasser, in welchem Ionen, beispielsweise Kaliumionen und OH-Gruppen, angereichert sind, um dem Stromkreis zu schließen.

[54] Vorzugsweise kommt als Elektrolysebehälter ein Gehäuse aus irreversibel vernetztem Kunststoff, vorzugsweise aus Kunstharz oder Polypropylen (PP), zur Anwendung, so dass gegenüber den zur Anwendung kommenden Elektrolyten eine ausreichende Dauerfestigkeit und insbesondere auch Dichtigkeit gewährleistet werden kann.

[55] Weitere Vorteile, Ziele und Eigenschaften einer erfindungsgemäßen Verbrennungskraftmaschine werden anhand der nachfolgenden Beschreibung anliegender Zeichnung erläutert.

20 [56] In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Verbrennungskraftmaschine;

Figur 2 eine schematische Detaildarstellung des Elektrolysebehälters der Verbrennungskraftmaschine nach Figur 1;

25 Figur 3 eine schematische Detaildarstellung eines weiteren Elektrolysebehälters im Schnitt entlang der Linie III-III in Figur 4;

Figur 4 ein Schnitt durch den Elektrolysebehälter nach Figur 3 entlang der Linie IV-IV in Figur 3;

- Figur 5 ein Schnitt durch den Elektrolysebehälter nach Figuren 3 und 4 entlang der Linie V-V in Figur 4; und
- Figur 6 ein Schnitt durch den Elektrolysebehälter nach Figuren 3 bis 5 entlang der Linie VI-VI in Figur 5.

- 5 [57] Die in Figur schematisch dargestellte Verbrennungskraftmaschine umfasst einen Kolbenmotor 1 mit einem Zylinder 2, in welchem in bekannter Weise ein Kolben 3, welcher von einer Pleuelstange 4 an einer Kurbelwelle 5 getragen wird, hin und her läuft und die Kurbelwelle 5 hierdurch antreibt. Die hierfür erforderliche Energie wird durch einen Verbrennungsvorgang innerhalb eines Verbrennungsraums 6 in dem Zylinder 2 gewonnen.
- 10 [58] Der für den Verbrennungsvorgang benötigte Brennstoff wird dem Verbrennungsraum 6 über einen Ansaugstutzen 7 zugeführt, wobei bei diesem Ausführungsbeispiel die Brennstoffmenge über eine Drosselklappe 8 dosiert wird. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Ansaugstutzen darüber hinaus hinter der Drosselklappe 8 ein Anschluss 9 für einen Bremskraftverstärker (nicht dargestellt) vorgesehen.
- 15 [59] An dem Bremskraftverstärkeranschluss 9 ist darüber hinaus ein Elektrolysebehälter 10 (siehe insbesondere Figur 2) angeschlossen. Der Elektrolysebehälter 10 ist seinerseits mit einem Wasservorratsbehälter 11 über eine Versorgungsleitung 12 verbunden und über Anschlussleitungen 13, 14 an eine Batterie 15 angeschlossen, welche in bekannter Weise Bestandteil einer Stromversorgung für den Motor 1 ist und über eine Lichtmaschine (nicht
- 20 dargestellt) des Motors 1 gespeist wird.
- [60] Der Elektrolysebehälter 10 ist mit einer gesättigten Kaliumhydroxidlösung 16 befüllt, wobei durch die Elektrolyse bereitgestellter und dem Ansaugstutzen 7 zugeführter Wasserstoff und Sauerstoff zu eine entsprechenden Reduktion an Wasser in dem Elektrolysebehälter 10 führen, welches über die Versorgungsleitung 12 aus dem Wasservorratsbehälter 11 ersetzt wird.
- 25 [61] Innerhalb des Elektrolysebehälters 10 sind sieben Elektroden 17, die als Platten ausgebildet sind und parallel zueinander angeordnet sind. Eine der beiden äußeren Platten 17 ist mit dem Pluspol 18 der Batterie 15, die bei diesem Ausführungsbeispiel ein Spannung von ca. 12 V aufweist, verbunden, während die andere der beiden äußeren Platten 17 mit dem Minuspol

19 verbunden ist. Die übrigen Platten 17 sind im Wesentlichen äquidistant zwischen den beiden äußeren Platten 17 angeordnet. Auf diese Weise bildet sich zwischen den Platten 17 ein Spannungsgefälle von jeweils aus, so dass zwischen den jeweils einander gegenüberliegenden Elektrodenoberflächen jeweils ca. 2 V Spannung anliegen.

- 5 [62] Ohne wesentliche Beeinträchtigung können auch lediglich entsprechend 6 Elektroden angeordnet werden. Bei höheren Ausgangsspannungen, beispielsweise bei ca. 24 V, insbesondere beispielsweise für LKW, empfehlen sich andererseits wesentlich mehr Elektroden, wobei dann ggf. die Fläche der Elektroden verringert werden kann. Andererseits können auch geringere Ausgangsspannungen, beispielsweise in der Gegend um 6 V, 10 insbesondere für Motorräder, zur Anwendung kommen, bei denn eine geringere Elektrodenzahl sinnvoll sein kann. Hierbei versteht es sich in vorliegendem Zusammenhang, dass die Spannungen nicht zwingend genau diese Werte erreichen müssen, da hier die entsprechenden Spannungen, welche von den jeweiligen Verbrennungskraftmaschinen vorgegeben werden, vorteilhaft genutzt werden können. Dementsprechend sollen insbesondere Spannungen 15 zwischen 5 V und 48 V, vorzugsweise zwischen 5 V und 8 V, insbesondere für Motorräder, zwischen 11 V und 15 V, insbesondere für Kraftfahrzeuge, und zwischen 22 V und 30 V, insbesondere für Lastkraftfahrzeuge, vorzugsweise zur Anwendung kommen.

[63] Bei diesem Ausführungsbeispiel bestehen die Elektroden aus Nickel mit der DIN-Bezeichnung LC-Ni99 (Ni 201).

- 20 [64] In einem ausreichenden Abstand über dem Flüssigkeitsspiegel 20 ist eine erste Filterstufe 21 vorgesehen, so dass sich unterhalb der Filterstufe 21 ein freier Raum bildet, der als Schaumraum 22 genutzt werden kann. In einer zweiten Filterstufe 23 können etwaige Elektrolytrückstände, insbesondere Kaliumhydroxidbestandteile, die ggf. von dem elektrolytisch erzeugten Wasserstoff oder Sauerstoff mitgerissen werden, abgefangen werden. 25 In einem Feuchtigkeitsabsorber 24 können feinste Wassertröpfchen abgefangen werden, sodass lediglich Gase in den Motor 1 gelangen. Auf diese Weise werden darüber hinaus Verluste an Elektrolyt weitgehend vermieden, wobei etwaige Kaliumhydroxidbestandteile wieder durch das Wasser zurückgespült werden können, wenn dieses über die Versorgungsleitung 12 ersetzt wird. So können Verluste an Elektrolyten minimiert werden.

[65] Zum Betrieb der Verbrennungskraftmaschine wird das erzeugte Gasgemisch über den Ansaugstutzen 7 angesaugt, wobei der Elektrolysebehälter auf ungefähr 75 °C temperiert wird. Durch den Unterdruck und den Stromfluss entstehen perlenförmige Gasbläschen aus Wasserstoff, Sauerstoff und Wasser, da Bedingungen gewählt werden, bei denen der Elektrolyt leicht siedet. Hierdurch wird in dem Schaumraum 22 ein feinblasiger Schaum bereitgestellt, der für kurzzeitige Anforderungen an besonders viel Wasserstoff bzw. Sauerstoff kurzzeitig Knallgas zwischenspeichert.

[66] Der in Figuren 3 bis 6 dargestellte Elektrolysebehälter 50 kann anstelle des Elektrolysebehälters 10 aus Figuren 1 und 2 zur Anwendung kommen, indem dessen äußeren Elektroden 52 bzw. 54 eines weitere drei Elektroden 56 umfassenden Elektrodenpakets aus parallel angeordneten Nickelplatten aus Nickel mit der DIN-Bezeichnung LC-Ni99 (Ni 201) über Anschlüsse 58 mit der Batterie 15 (Figur 1) und Gasauslässe 60 mit dem Ansaugstutzen 7 (Figur 1) verbunden werden.

[67] Der Elektrolysebehälter 50 ist doppelwandig ausgebildet, wobei die innere Wandung 62 einen Elektrolyseraum umschließt, in welchem die Elektroden 52, 54, 56 angeordnet sind. Die äußere Wandung 64 umschließt einerseits einen Wasservorrat 66 und andererseits einen Feuchtigkeitsabscheidungsraum 68. Wasservorrat 66 und Feuchtigkeitsabscheidungsraum 68 sind durch eine Wandung 70 voneinander getrennt, welche zwei Durchlässe 72 aufweist, über welche Wasser und Elektrolyt aus dem Feuchtigkeitsabscheidungsraum 68 in den Wasservorrat 66 überführt werden können. Hierbei kann Wasser über eine Nachfüllöffnung 74, die mit einem Verschluss 76 verschlossen ist, nachgefüllt werden. Etwaiges Elektrolyt, welches in dem Feuchtigkeitsabscheidungsraum 68 abgelagert ist, wird durch das Nachfüllen in den Wasservorrat 66 zurückgespült. Kaliumhydroxid kann über separate Nachfüllöffnungen 78 (lediglich exemplarisch beziffert), die jeweils ebenfalls Verschlüsse 80 (lediglich exemplarisch beziffert) verschlossen sind, nachgefüllt werden.

[68] Über Ausgleichsöffnungen 82 kann darüber hinaus Wasser aus dem Wasservorrat 66 zu den Elektroden 52, 54, 56 nachfließen. Durch die Strömungsrichtung wird ein Verlust an Elektrolyten minimiert. Aus diesem Grunde sind die Ausgleichsöffnungen 82 auch verhältnismäßig klein ausgebildet. Alternativ bzw. ergänzend können durch Membranen oder

ähnliche Maßnahmen Rückflüsse an Elektrolyten minimiert werden. Ebenso ist je Zwischenraum zwischen den Elektroden 52, 54 56 lediglich eine Ausgleichsöffnung 82 vorgesehen, die zudem wechselseitig angeordnet sind, so dass Kurzschlüsse möglichst vermieden werden können.

- 5 [69] Über dem Elektrolyten wird auch bei diesem Ausführungsbeispiel ein Schaumraum 84 gebildet, in dem insbesondere Sauerstoff und Wasserstoff zwischengespeichert und ggf. auch zu Knallgas vermischt werden können. In der inneren Wandung sind Gasauslassöffnungen 86 (exemplarisch beziffert) angeordnet, die in den Schaumraum 84 hineinreichen, wobei die hierdurch bedingte Verengung als Rückhalteeinrichtung für den Schaum – und insbesondere für
- 10 den Elektrolyten, der den Schaum bildet – dient. Die Gasauslassöffnungen 86 münden in den Feuchtigkeitsabscheidungsraum 68, in welchem restlicher Elektrolyt abgeschieden werden kann. Ebenso können sich dort Feuchtigkeit abscheiden und die Gase, Wasserstoff, Sauerstoff und ggf. auch Wassermoleküle innig mischen, bevor sie über die Gasauslässe 60 den Elektrolysebehälter 50 verlassen.
- 15 [70] Der Elektrolysebehälter 50 ist derart in der Nähe des Motors 1 angeordnet, dass die Abwärme des Motors 1 diesen in geeigneter Weise temperiert.

Patentansprüche:

1. Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in
5 welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, **gekennzeichnet durch** einwertige Hydroxide als Elektrolyt für die Elektrolyse in einer Konzentration von über 25%.
2. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einwertige Hydroxide als Elektrolyt für die Elektrolyse in einer Konzentration von über 28%.
- 10 3. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einwertige Hydroxide als Elektrolyt für die Elektrolyse in einer Konzentration von über 30%.
4. Verbrennungskraftmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die einwertigen Hydroxide Kaliumhydroxid umfassen.
5. Verbrennungskraftmaschine nach, dadurch gekennzeichnet, dass als einwertiges
15 Hydroxid zu über 90% Kaliumhydroxid zur Anwendung kommt.
6. Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in
20 welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** wenigstens eine Elektrode Metalle der VI. oder VII. Nebengruppe enthält.
7. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die eine Elektrode wenigstens eine aktive Oberfläche mit einem Kohlenstoffgehalt unter 0,15% aufweist.
- 25 8. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Kohlenstoffgehalt unter 0,025% beträgt.

9. Verbrennungskraftmaschine einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die eine Elektrode einen spezifischen elektrischen Widerstand unter $0,090 \text{ Wmm}^2\text{m}^{-1}$, vorzugsweise unter $0,086 \text{ Wmm}^2\text{m}^{-1}$, aufweisen.
- 5 10. Verbrennungskraftmaschine einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl als Anode als auch als Kathode Elektroden mit Metallen der VI. oder VII. Nebengruppe genutzt werden.
11. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Elektrode sowohl als Anode als auch als Kathode genutzt wird.
- 10 12. Verbrennungsmaschine nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die eine Elektrode im Wesentlichen aus Nickel, vorzugsweise mit einer Reinheit über 95%, besteht.
- 15 13. Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass der** Wasserstoff hinter einer Drosselklappe der Verbrennungskraftmaschine aufgegeben wird.
- 20 14. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 13 dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserstoff über eine Ableitung eines Bremskraftverstärkers aufgegeben wird.
- 25 15. Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch eine** Betriebstemperatur des Elektrolysebehälters unter 90°C .

16. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch eine Betriebstemperatur des Elektrolysebehälters unter 85 °C, insbesondere unter 80 °C.
17. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 15 oder 16, gekennzeichnet durch Mittel zur Erzeugung eines Unterdrucks in dem Elektrolysebehälter.
- 5 18. Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch eine**
- 10 Einrichtung zum Rückhalten eines Elektrolytschaums.
19. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückhalteeinrichtung einen Filter umfasst.
20. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückhalteeinrichtung eine Gasauslassöffnung in einer Schaumraumwandung
- 15 umfasst.
21. Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, insbesondere
- 20 auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch einen** Feuchtigkeitsabscheider.
22. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Feuchtigkeitsabscheider hinter einer Einrichtung zum Rückhalten eines Elektrolytschaums angeordnet ist.
- 25 23. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Feuchtigkeitsabscheider in dem Elektrolysebehälter angeordnet ist.

24. Verbrennungskraftmaschine nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Feuchtigkeitsabscheider Mittel zur Rückführung der abgeschiedenen Feuchtigkeit, die mit dem Elektrolyseraum verbunden sind, umfasst.
- 5 25. Verbrennungskraftmaschine nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Feuchtigkeitsabscheider eine Nachfüllöffnung, über welche insbesondere Wasser dem Elektrolysebehälter aufgegeben werden kann, aufweist.
- 10 26. Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Elektrolyt in dem Elektrolysebehälter zumindest zu ausgewählten Zeitpunkten perlt.
- 15 27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt zumindest zu ausgewählten Zeitpunkten siedet.
- 20 28. Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Elektrolysebehälter ein Unterdruck aufrecht gehalten und die Betriebstemperatur des Elektrolysebehälters unter 90 °C gehalten wird.
- 25 29. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 28, gekennzeichnet durch eine Betriebstemperatur des Elektrolysebehälters unter 85 °C, insbesondere unter 80 °C.
30. Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum

verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Elektrolyt in dem Elektrolysebehälter zumindest zu ausgewählten Zeitpunkten von einer durch ihn gebildeten Schaumschicht bedeckt ist.

- 5 31. Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Verbrennungsraum, welchem ein mit Wasserstoff angereicherter Brennstoff zugeführt wird, und mit einem Elektrolysebehälter, welcher mit dem Verbrennungsraum verbunden ist und in welchem Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen wird, insbesondere auch nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch**
10 **gekennzeichnet, dass** das Wasseräquivalent der Menge an erzeugten Wasserstoff zwischen 0,1 % und 10 % an verbrauchtem Brennstoff entspricht.
32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass das Wasseräquivalent der Menge an erzeugten Wasserstoff zwischen 0,2 % und 5 % an verbrauchtem Brennstoff entspricht.
- 15 33. Verbrennungskraftmaschine bzw. Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserstoff der Verbrennungskraftmaschine zumindest teilweise in Form von Knallgas aufgegeben wird.
34. Verbrennungskraftmaschine bzw. Verfahren zum Betrieb einer
20 Verbrennungskraftmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoff kohlenstoffhaltige Kraftstoffe umfasst, die unter Beigabe eines Oxidationsmittels verbrannt werden.
35. Verbrennungskraftmaschine bzw. Verfahren zum Betrieb einer
25 Verbrennungskraftmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolyse über ein elektrisches System der Verbrennungskraftmaschine betrieben wird.

36. Verbrennungskraftmaschine bzw. Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolyse mit einer Spannung zwischen 5 V und 48 V betrieben wird.
- 5 37. Verbrennungskraftmaschine bzw. Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolyse mit einer Spannung zwischen 5 V und 8 V, zwischen 11 V und 15 V bzw. zwischen 22 V und 30 V betrieben wird.
- 10 38. Verbrennungskraftmaschine bzw. Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolysebehälter ein Gehäuse aus irreversibel vernetztem Kunststoff, vorzugsweise aus Kunstharz oder Polypropylen (PP), umfasst.

Fig. 1

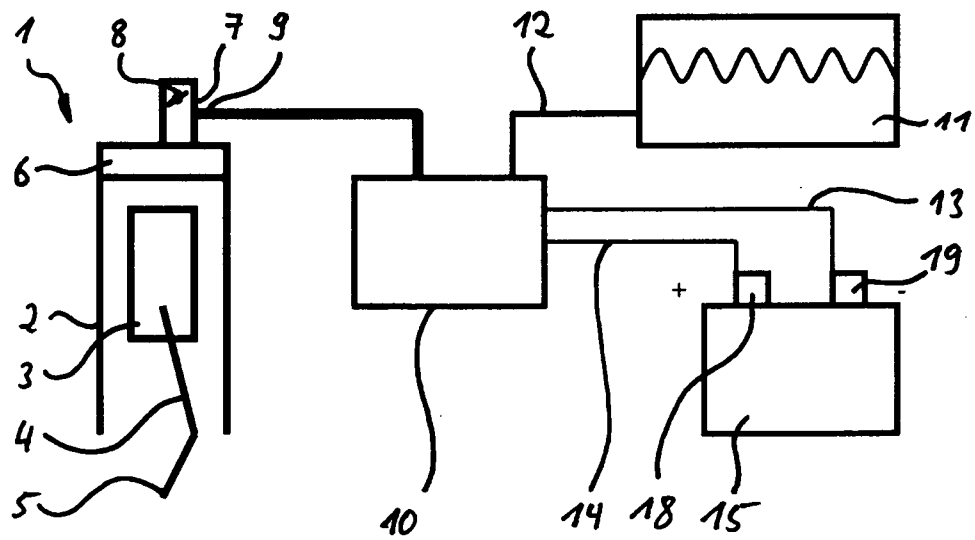


Fig. 2

