(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2018 002 060 A1** 2019.09.12

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 002 060.7**
(22) Anmeldetag: **12.03.2018**
(43) Offenlegungstag: **12.09.2019**

(51) Int Cl.: ***G21B 3/00*** (2006.01)

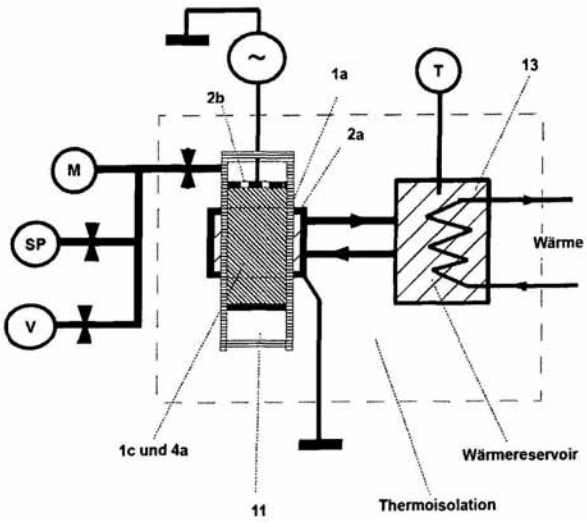
(71) Anmelder:
Krieg, Bernhard, 04299 Leipzig, DE; Seeliger, Dieter, 01309 Dresden, DE

(72) Erfinder:
Seeliger, Dieter, 01309 Dresden, DE; Krieg, Bernhard, 04299 Leipzig, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND APPARATUR ZUR FREISETZUNG VON ÜBERSCHUSSWÄRME IN WASSERSTOFF-METALL-SYSTEMEN DURCH DIELEKTRISCHE BARRIERE ENTLADUNG UND IHRE KOMBINATION MIT WEITEREN ANREGUNGSVERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Das Patent betrifft Verfahren und Anlagen, mit denen die Dielektrische Barriere Enladung als Anregungsmethode genutzt wird, um in Verbindung mit der Wirkung geeigneter Katalysatoren den exothermen Übergang von Wasserstoff in stark gebundene Zustände zur optimalen Freisetzung von Überschusswärme zu nutzen. Durch Kombination mit elektrochemischer Anregung vor der DBD-Gasentladung, sowie weitere Maßnahmen, kann ein hoher COP-Wert erreicht und nachhaltig Nutzwärme auf Basis von Wasserstoff erzeugt werden.
Auf Abbildung 7c ist das Ausführungsbeispiel einer autonom zu betreibenden Kleinwärmequelle auf Basis eines DBD-Reaktors gezeigt, der ein Rohr aus speziellem Dielektrikum enthält (1a), das mit einer komplexen Partikel-Schüttung (1c) und (4a) gefüllt ist. In das Rohr ragt eine Metallelektrode (2b). Das Rohr (1a) wird umschlossen von einer Metallelektrode (2a) mit Wasserkühlung, die mit dem Reservoir des Wärmetauschers (13) im Kreislauf gekoppelt ist. Eine integrierte Festkörperschaltung erzeugt Hochfrequenz-Pakete zur gesteuerten Anregung der DBD-Entladung.



Beschreibung

Technisches Gebiet und Stand der Technik

[0001] In einer Reihe von internationalen Publikationen und Patentanmeldungen der vergangenen Jahre werden Verfahren und Apparaturen vorgestellt, bei denen mit Hilfe bestimmter elektromagnetischer Anregungsmechanismen in unterschiedlichen Metall-Wasserstoff-Systemen Wärmefreisetzung ausgelöst wird, die deutlich über dem für die Anregung aufgewandten Energieeinsatz und weit über der aus bekannten chemischen und elektrochemischen Umwandlungsprozessen möglichen Energieausbeuten liegt. Diese außerordentliche Wärmefreisetzung wird häufig und hier nachfolgend durchgängig als Überschusswärme (engl.: Excess Heat) bezeichnet. Die technische Beherrschung und Nutzung dieses Phänomens ist von grundlegender Bedeutung für die künftige nachhaltige und umweltfreundliche Energiegewinnung. Das vorliegende Patent widmet sich der Nutzung einer speziellen Form der Gasentladung, der Dielektrischen Barriere Entladung, als ein elektromagnetisches Anregungsverfahren zur Auslösung dieses Prozesses.

[0002] Als Beispiele für solche Verfahren und diverse Anregungsmechanismen seien genannt:

- elektromagnetische Wärmestrahlung (S. Focardi et al., 11 Nuovo Cimento V. 111, N. 11 (1998) 1233; Levi et al., http://arxiv.org/abs/1305.3913v3: Parkhomov, A.G., Int. Journ. of Unconv. Science 7(3)(2015)68-72 und 8(3)(2015)34-38);

- Hochstrom-Plasmaentladungen (Mills, R.L., Lu, Y., Eur. Phys. Journ. 64(2011)65, Mills, R.L. et al., Journ. of Plasma Physics 79(2013)489);

- Plasmaelektrolyse (Bazhutov et al. WO 2015/108434 A1);

- elektrolytische Beladung von Metallen (McKubre, M. C. H., in: Low Energy Nuclear Reactions Sourcebook; J. Marwan, S. B. Krivit (Eds.) Vol. 998, American Chem. Soc, 2[008).

[0003] Zahlreiche theoretische Modelle dieser Prozesse, die vom Ablauf nuklearer Reaktionen bei geringen Teilchenenergien - so genannter LENR-Prozesse (für Low Energy Nuclear Reactions) - ausgingen, stießen jedoch bisher auf unlösbare Probleme. Dies betraf einerseits die Erklärung der Überwindung der Coulombbarriere für Teilchen geringer kinetischer Energie und andererseits der Diskrepanz zwischen beträchtlicher Überschusswärme und sehr schwacher bzw. fehlender charakteristischer Kernstrahlung (Gammaquanten und Kernteilchen). Aus diesen Gründen sind bislang insbesondere alle Versuche gescheitert, die beobachteten Wärmeeffekte als ein Ergebnis von bekannten Kernfusionsprozessen - häufig mit Cold Fusion bezeichnet - zu beschreiben.

[0004] Vollkommen andere theoretische Modelle und Erklärungsansätze gehen davon aus, dass die beobachtete Freisetzung von Überschusswärme auf bisher unbekannte Umwandlungsprozesse im atomaren oder molekularen Bereich, sowie auf die innere Struktur von Elektronen zurückzuführen sind, nukleare Umwandlungen dagegen nicht oder nur als nachfolgende, sekundäre Prozesse stattfinden. Letztere Modellvorstellungen sollen hier beispielhaft in folgende drei Gruppen eingeteilt werden:

- Theorien, welche die Existenz bisher unbekannter, stark gebundener Zustände des Wasserstoffatoms vorhersagen, die unter bestimmten Anregungsbedingungen besiedelt werden, wobei Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung im Bereich optischer Wellenlängen bis zu harter Röntgenstrahlung freigesetzt wird:

> Wasserstoff mit Valenz Null, „Hydrino“, (R. L. Mills et al., Journ. of Hydrogen Energy 35(2010) 8446; Eur. Phys. Journ. 64(2011)65; Journ. of Plasma Physics 79(2013)489);

> Deep Dirac Levels; Maly, J. A., Va'vra, J., 24 (3)(1993)307-318; 27(1)(1995) 59-70);

- Theorien, welche die Bildung von neuartigen, räumlich kompakten Zuständen aus zwei oder mehreren Protonen und Elektronen mit starker elektromagnetischer und Spin-Spin-Kopplung der Teilchen vorhersagen, wobei Bindungsenergie freigesetzt wird und nachfolgend erhöhte Wahrscheinlichkeit für nukleare Umwandlungen gegeben ist:

> Bildung von ultra-dichtem Wasserstoff auf Metalloberflächen; (Holmlid, L., Int. Journ. of Mass Spectrometry, 15 (2013) 1-8; Int. Journ. of Modern Physics E, Vol. 25, N.10 (2016) 165[00853; Holmlid, L., Olafsson, S.; Int. Journ. of Hydrogen Energy 40 (2015) 10559-10567)

> Bildung von binuklearen Wasserstoffmolekülen bei Stoßprozessen; Cerofolini, G.F., Para A.F.,, Fusion Science and Technology Vol. 23, N. 1, 1993, 98-102);

> Fempto-Atome und -Moleküle; (Meulenberg, A., Paillet, J.-L., Journ. of Cond. Matter Nucl. Science 19(2016)192-201 und 19(2016)202-209);

- Theorien, welche eine innere Struktur und räumliche Ausdehnung des Elektrons voraussetzen, wodurch es zur Besiedlung stark gebundener Zustände kommt, bei denen Protonen innerhalb von Elektronen eingefangen sind:

> Bildung und Wechselwirkung von „Quasineutronen“ (ep); (Laptuchov, A.I.: Inshenernaya Fizika (russisch) N.9 (2014) 09-16);

> Bildung von „Hydronions“ infolge der Zitterbewegung des Elektrons; (Calaon, A.; Jorn. of Condensed Matter Nucl. Science 19 (2016) 1-12);

- Theorien, welche von einer elektroschwachen Wechselwirkung zwischen Elektronen und Protonen/H-Atomen ausgehen, die zur Bildung kompakter, neutraler Teilchen führen:

> schwere Elektronen durch Oberflächen Plasmonen Polaronen; Widom, A., Larsen, L.; Eur. Phys. Journ. C, 46(2[006)107-110);

> exotische elektroschwache Resonanzen e+H, „Neutronium, Dineutronium“; (Ratis, Yu.,L.: Int. Journ. Unconv. Science Issue E21(2016)3-10);

> erzwungener Elektroneneinfang, neutrale Protonen/Deuteronen; (Pines et al.; Pine Sei. Consulting, NASA Glenn Res. Center, US 2017/0263337A1, filed March 9, 2016, publ. Sept. 14, 2017).

[0005] Jedes der genannten Modelle beschreibt bestimmte experimentell beobachtete Sachverhalte, dennoch hat kein Modell - insbesondere wegen der jeweils zugrunde liegenden Annahmen oder Hypothesen - sich endgültig durchgesetzt. Ungeachtet dessen können sowohl die Modellvorstellungen, welche von der Existenz extrem stark gebundener Zustände einzelner Wasserstoffatome wie auch der Bildung räumlich kompakter, stark gebundener Cluster aus zwei oder mehr Wasserstoffatomen ausgehen als theoretische Grundlage für die in diesem Patent beschriebenen Verfahren und Anlagen angesehen werden. Solche Zustände werden im Rahmen dieser Patentschrift verallgemeinert als Stark Gebundener Wasserstoff (**SGW**) - englisch Strongly Bound Hydrogen (**SBH**) - oder auch Hydrogen Cluster (**HC**) bezeichnet. Damit wird zum Ausdruck gebracht, dass die im vorliegenden Patent beschriebenen Verfahren und Anlagen unabhängig sind von einem bestimmten der oben genannten Theoretischen Modelle und als einzige Voraussetzung erfordern, dass pro elementarem Übergang in einen langlebigen SGW-Zustand exotherme Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung freigesetzt wird. Eine Spezifik dieser Übergänge in SGW-Zustände besteht darin, dass sie eine enge Verbindung mit dem Ablauf von kathalytischen Prozessen beinhaltenen, wie in Experimenten vielfach gezeigt werden konnte.

[0006] Nukleare Umwandlungen im Sinne von **LENR**-Prozessen sind bei diesen Mechanismen nicht zwingend erforderlich für die Freisetzung von Überschusswärme, sie werden hier jedoch als sekundäre Prozesse nicht ausgeschlossen, falls in den gebildeten SGW-Systemen ausreichend geringe Kernteilchenabstände realisiert sind, welche, gegebenenfalls mit Hilfe zusätzlicher elektromagnetischer Anregung, nukleare Kernumwandlungen - durch schwache und/oder starke Wechselwirkung - ermöglichen, die sich jedoch grundlegend von herkömmlichen Prozessen von Kernreaktionen zwischen zwei Kernteilchen unterscheiden.

[0007] Dielektrische Barriere Entladung: Die Dielektrische Barriere Entladung, in Englisch Dielectric Barriere Discharge - hier weiterhin kurz als **DBD**-Entladung bezeichnet - wird gelegentlich auch „Stille elektrische Entladung“ genannt, ist seit langem bekannt und wird in der Technik breit genutzt - als Lichtquellen, zur Oberflächenbehandlung von Werkstoffen und auf anderen Gebieten. Es ist eine Wechselspannungs-Entladung im Gas, bei der mindestens eine Elektrode vom Gasraum durch ein Dielektrikum galvanisch getrennt ist. Die Entladung findet entweder durch zahlreiche Mikroentladungen statt, mit typischer Zeitdauer im Nanosekundenbereich, oder als kontinuierliche, homogene Entladung. Bereits W.v. Siemens nutzte diese Form der Gasentladung zur Erzeugung von Ozon $\mathbf{O_3}$ in Luft. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Patentanmeldung sind insbesondere die durch **DBD**-Entladungen induzierte ultraviolette Excimer Strahlung sowie die in den Entladungskanälen (Filamenten) realisierten hohem Stromdichten und hohem Elektronendichten von Bedeutung, die bereits zu zahlreichen Anwendungen der Plasmakatalyse durch **DBD**-Entladungen geführt hat (Kogelschatz, U., Eliasson, B.; Physikalische Blätter V52, I. 4 (1996) 360-362; Appl. Phys. B46 (1988) 299-303; Appl. Surface Science 54 (1992) 410-423);

[0008] Patentanmeldungen zur **DBD**-Anregung von **LENR**-Prozessen: Es liegt eine Patentanmeldung der Autoren aus dem Jahr 2014 vor (Krieg, B, N.N.; DE 10 2014 014 209 A9; Datum der Offenlegung 19.05.2016), auf welche im weiteren abgekürzt mit dem Symbol PI Bezug genommen. Diese Patentanmeldung PI wird in der vorliegenden Patentschrift vertieft, sowie durch neue Inhalte stark erweitert. Weitere Patentanmeldungen zu dieser Form der elektromagnetischen Anregung zur Freisetzung von Überschusswärme infolge des Übergangs zu SGW-Zuständen sind nicht bekannt.

[0009] Elektrochemische Erzeugung von Wasserstoff oder HHO-Gas: Stand der Technik sind Verfahren, durch elektrolytischen Stromfluss in wässrigen Lösungen einer Elektrolysezelle Sauerstoff- und Wasserstoffgase entweder getrennt als $\mathbf{O_2}$ und $\mathbf{H_2}$ oder als deren Gasgemisch Oxyhydrogen - auch Knallgas genannt - zu erzeugen und nachfolgend durch Verbrennung oder in Brennstoffzellen energetisch weiter zu nutzen (Krull, U.J.: Encyclopedia of Physical Science and Technology, 3rd Edition, Analytical Chemistry; Academic Press, 2[001; ISBN 978-0122274107; Schmidt, V.M., Elektroche-

mische Verfahrenstechnik, Grundlagen, Reaktionstechnik, Prozess-optimierung, Wiley-VCH Weinheim, 2[003. ISBN 978-3527299584).

[0010] Ein Spezialfall ist die Plasmaelektrolyse, bei der sich eine der beiden Elektroden der Zelle dicht an der Oberfläche des Elektrolyten befindet, wodurch sich am Übergang zwischen dieser Elektrode und dem Elektrolyten eine Plasmaentladung ausbildet (Bazhutov et al. WO 2015/108434 A1).

[0011] Ein anderer Spezialfall ist die Hochtemperatur-Dampfelektrolyse, in der Fachliteratur als Solid Oxide Electrochemical Conversion (SOEC) bezeichnet, bei der durch Einkopplung von Prozesswärme die Wasserstofferzeugung thermodynamisch effizienter gestaltet werden kann und sich Synergien durch Kopplung mit Hochtemperatur-Brennstoffzellen, als Solid Oxide Fuel Cells (SOFC) bezeichnet, ergeben können (Dönitz, W. et al.; Int. Journ. of Hydrogen Energy 5(1) (1980) 55-63; Isenberg, A.O.; Solid State Ionics 3-4 (1981)431-437; Schnurnberger, W.et a.; FVS Themen 2[004, Seiten 50-59).

[0012] Autokatalytische Wasserstoffrekombination: Stand der Technik ist schließlich auch die exotherme, passive autokatalytische Wasserstoffrekombination in sogenannten Rekombinatoren. Dieses Verfahren wurde ursprünglich für die Kerntechnik entwickelt mit dem Ziel, bei Freisetzung von Wasserstoffgas in die Luft der Reaktorräume, die rückzündungsfreie, selbststartende Rekombination von Wasserstoff zu Wasser sicherzustellen (Reinecke, E.A. Et al.; Nuclear Engineering and Design, 230(2[004)49-59; Bröckerhof, P., et al., FZ Jülich; DE 19852951C2, 11.07.2[002). Inzwischen sind kommerzielle Produkte für die exotherme Rekombination von Elektrolysegas auf dem Markt.

II. Beschreibung der zur patentierenden Verfahren und Anlagen Zielstellung und grundsätzlicher Aufbau

[0013] Zielstellung: Die vorliegende Patentanmeldung betrifft Verfahren und Anlagen, mit denen die Dielektrische Barriere Enladung, engl. Dielectric Barrier Discharge (**DBD**), in gasfömigen Medien als eine Anregungsmethode genutzt wird, um in Verbindung mit der katalytischen Wirkung geeigneter Feststoffe und Gasbestandteile den exothermen Übergang von Wasserstoff in seine SGW-Zustände zur optimalen Freisetzung von Überschusswärme herbeizuführen. Die **DBD**-Gasentladung ist als Anregungsmethode hierfür besonders geeignet, da sie zur Bildung von Elektronenströmen hoher Dichte und Teilchenenergie bei vergleichsweise (gegenüber anderen Formen der Gasentladung) geringem Einsatz von Anregungsenergie führt. Beim Übergang in SGW-Zustände handelt es sich primär nicht um nukleare Prozesse, sondern um mehrstufige Veränderungen in der/den Atomhülle(n). Durch Kombination von elektrochemischer Anregung der Gase mit nachfolgender **DBD**-Gasentladung unter Präsenz ausgedehnter (extended) Festkörperoberflächen von geeigneten Katalysatoren sowie weitere erfindungsgemäße Maßnahmen wird dem mehrstufigen Charakter der Übergänge in SGW-Zustände in besonderer Weise Rechnung getragen, um einen hohen **COP**-Wert zu erreichen und damit eine ökologische und nachhaltige Erzeugung von Nutzwärme auf der Grundlage von Wasserstoff als „Brennstoff“ bei Einsatz kostengünstiger Katalysatoren zu ermöglichen.

[0014] Grundsätzlicher Aufbau der Anlage: Der erfindungsgemäße grundsätzliche Aufbau der Anlagen ist als Blockschema auf **Abb. 1** gezeigt, er entspricht dem auf in PI gezeigten Aufbau und stellt dessen Erweiterung und Verallgemeinerung dar. Die Anlagen bestehen jeweils aus vier grundsätzlichen Anlagenkomplexen mit folgenden Funktionen:

- Komplex **A**: Reaktor mit der Reaktions- und Nachreaktions- bzw. Verbrennungskammer, in der bei **DBD**-Anregung unter spezifischen Bedingungen und in Anwesenheit geeigneter Katalysatoren im speziell konditionierten gasfömigen Medium die Überschusswärme freigesetzt wird;

- Komplex **B**: Bereitstellung der elektromagnetischen Anregung;

- Komplex **C**: Konditionierung des gasförmigen Mediums und Auskopplung der Nutzwärme;

- Komplex **D**: Kontrolle der Prozessparameter und Steuerung des gesamten Betriebes. Komplex **A**: Reaktor mit Reaktions- und Nachreaktions- bzw. Verbrennungskammer

[0015] DBD-Reaktorzelle: Der Kern des Reaktors zur Generierung von Überschusswärme besteht aus einer DBD-Entladungszelle - wie die **Abb. 2a** bis **Abb. 2g** zeigen - in der jeweils mindestens eine der beiden Elektroden (**2a**, **2b**) durch ein Dielektrikum (**1**) vom Gasentladungsraum (**4**) getrennt ist, in dem, angeregt durch eine harmonische oder impulsförmige Wechselspannung (**3**), eine Gasentladung in Form von vielen Mikroentladungen (sog. Filamenten) oder homogen stattfindet. Während die verschiedenen Ausführungsformen von DBD-Entladungszellen generell Stand der Technik sind, ergibt sich der Neuheitsanspruch der vorliegenden Erfindung aus der Spezifik solcher DBD-Entladungszellen für den Einsatz zur optimalen Auslösung von SGW-Übergängen in Wasserstoff. Die neuartigen Elemente von DBD-Entladungszellen in dieser Patentschrift ergeben sich insbesondere aus dem Eisatz

- spezifischer Dielektrika im Bereich der Entladung,

- spezieller Materialien für die Gegenelektroden im Kontakt zur Entladung,

- dem Einsatz von Katalysatoren und Promotoren,

- der speziellen Konditionierung des Mediums im Entladungsraum,

- dem Einsatz von Strukturierungen der Metalle und Dielektrika im Nano- und Mikro-Millimetermeterbereich,

- der speziellen Anordnung hinsichtlich Kopplung mehrerer DBD-Zellen untereinander sowie mit vor- und nachgelagerten Anlagenelementen zur Anregung und Nachbehandlung,

wie in den folgenden Punkten explizit ausgeführt.

[0016] Während in der Patentanmeldung PI eine planare und asymmetrisch Form und als Prozess unterstützender Vorgang die Bildung von Nanopartikeln während der Entladung beschrieben wird, ist die vorliegende Patentanmeldung wesentlich breiter angelegt und enthält zahlreiche neue Elemente. Nachfolgend werden auf dn **Abb. 2a** bis **Abb. 2g** einige erfindungsgemäße Ausführungsformen gezeigt. Der Erfindungs-anspruch umfasst jedoch auch weitere mögliche geometrische Konfigurationen, jeweils mit bestimmten funktionellen Besonderheiten, die nachfolgend detaillierter aufgeführt sind.

[0017] Abb. 2a zeigt einen symmetrischen, plattenförmigen Aufbau bei dem beide Metallelektroden vom Entladungsraum durch dielektrische Schichten getrennt sind. Dieser Aufbau zeichnet sich durch eine weitgehend homogene Entladung und geringe bzw. fehlende Erosion der Elektrodenoberflächen infolge der Gasentladung aus. Erfindungsgemäß kann in dieser Geometrie, ebenso wie in den nachfolgenden Anordnungen (**Abb. 2b** bis **Abb. 2g)** das Dielektrikum im Entladungsraum aus Dielektrika mit feldverstärkenden Eigenschaften hergestellt werden (siehe dazu Punkt **016**).

[0018] Abb. 2b zeigt einen asymmetrischen, plattenaufömigen Aufbau, der für die gleichzeitige Erzeugung von Nanoteilchen aus dem Elektrodenmaterial während der Entladungen vorteilhaft ist - wie in PI beschrieben. Bei diesem Aufbau können - abhängig von Geometrie der Reaktorzelle und angelegter Spannungsamplitude - sowohl filamentäre wie auch homogene Entladungen generiert werden. Die Gegenelektrode (**2b**) kann erfindungsgemäß vorteilhaft mit Wassersoff beladen und/oder mit geeignetem Katalysatormaterial (siehe Punkt **021**) beschichtet und das Dielektrikum (**1**) aus feldverstärkenden Materialien hergestellt werden, um hohe Raten von SGW-Übergängen zu erzielen.

[0019] Abb. 2c zeigt einen vielschichtigen Plattenaufbau mit abwechselnden Metallelektroden, Isolatorplatten und freien Zwischenräumen für die DBD-Gasentladung. Diese Anordnung lässt vergleichsweise höhere Durchsätze oder längere Kontaktzeiten des gasförmigen Mediums mit der Plasmaentladung und den Katalysatoren zu.

[0020] Abb. 2d zeigt eine symmetrische, mehrplattige DBD-Reaktorzelle, bei der sich die Dielektrikum-Schichten im Entladungsraum mittig zwischen den Metallelektroden befindet. Diese Anordnung zeichnet sich durch eine besonders große Plasma-Metall-Kontaktfläche aus. Werden diese Oberflächen strukturiert (siehe Punkt **023**) und/oder beidseitig mit geeigneten Katalysatoren (siehe Punkte **021** und **022**) beschichtet sowie Dielektrika mit feldverstärkenden Eigenschaften eingesetzt, so ergeben sich erfindungsgemäß besonders gute Voraussetzungen für hohe SGW-Übergangsraten.

[0021] Abb. 2e zeigt einen röhrenförmigen Aufbau der DBD-Reaktorzelle mit zentraler, in den Isolator eingebetteter Hochspannungselektrode, der sich durch eine große Metalloberfläche im Kontakt mit dem Entladungsraum und Feldstärkeerhöhung am Dielektrikum auszeichnet. In dieser Geometrie kann die äußere Oberfläche der Gegenelektrode (**2b**) mit Katalysator beschichtet und darüber hinaus auch zum Wärmeabzug (Kühlung) oder Temperaturerhöhung (Heizung) genutzt werden.

[0022] Abb. 2f zeigt einen röhrenförmigen Aufbau mit freier Gegenelektrode, bei dem sich hohe elektrische Feldstärken an der stabförmigen zentralen Elektrode (**2a**) erreichen lassen, die filametartige Entladungen im Medium sowie die Bildung von Nanoteilchen begünstigen. Diese Geometrie lässt wahlweise auch die Zuführung von Wasserstoff aus dem Gitter des erhitzten Metalls der zentralen Elektrode zu, wenn diese als Hohlstab ausgeführt und aus Material mit hoher Speicherfähigkeit für Wasserstoff (siehe Punkt **020**) gefertigt ist. In dieser Geometrie kann alternativ die Erdung auch auf die zentrale Elektrode (**2a**) umgepolt werden und diese als Rohr für durchlaufende Kühlflüssigkeit zum Abzug von Wärme ausgestaltet werden. Wahlweise kann in dieser Geometrie der Gasraum zwischen zentraler Elektrode und Dielektrikum auch mit Schüttungen aus Dielektrika mit guten katalytischen und/oder feldverstärkenden Eigenschaften gefüllt werden.

[0023] Abb. 2g zeigt die Nutzung einer äußeren DBD-Entladung zwischen der zentralen Hochspannungselektrode (**2a**) und dem geerdeten Gehäuse (**2b**) entlang der Oberfläche des Dielektrikums (**1**). Das Medium wird seitlich durch das geerdete Gehäuse in den Entladungsraum geführt. Diese Anordnung eignet sich auch als Verbrennungsraum im Falle der Zuführung des Mediums aus brennbaren Gasen/Gasgemischen und damit für die Auslösung von SGW-Übergängen bei hohen Temperaturen.

[0024] Kopplung von mehreren Reaktorzellen: Um den Durchsatz des Mediums oder die Aufenthaltsdauer im Entladungsraum und damit die Wärmeleistung zu erhöhen, können die im Punkt **010** beschriebenen Ausführungsbeispiele von Reaktorzellen jeweils parallel betrieben werden. Es besteht erfindungsgemäß auch die Möglichkeit der Kopplung von Reaktor-zellen gleichen oder unterschiedlichen Typs in Reihe, wie **Abb. 3a**, **Abb. 3b** und **Abb. 3c** beispielhaft zeigen:

[0025] **Abb. 3a** zeigt die Kopplung von zwei Reaktorzellen im Querschnitt, die gemäß den **Abb. 2e** und **Abb. 2f** aufgebaut sind. Das Medium durchläuft zuerst eine vorwiegend filametäre DBD-Entladung mit hoher Feldstäke an der stabförmigen Gegenelektrode und gelangt danach in einen Nachreaktionsraum mit homogener Entladung und großer Kontaktoberfläche mit dem Katalysator auf der Metalloberfläche der Gegenelektrode. Materialien für die Isolatoren und Elektroden können in den beiden Reaktorzellen auch unterschiedlich gewählt werden, ebenso wie deren Oberflächenbeschaffenheit. In **Abb. 3a** ist die Einspeisung der elektromagnetischen Anregung aus der gleichen Spannungsquelle (**3**) gezeigt, möglich ist erfindungsgemäß jedoch auch die Verwendung unterschiedlicher Signale - hinsichtlich Spannungsamplitude, Frequenz und Signalform - an den beiden Zellen, um die Übergangsraten in SGW-Zustände zu optimieren.

[0026] Auf **Abb. 3b** ist die Kopplung von zwei Reaktorzellen des auf den **Abb. 2f** und **Abb. 2**fg gezeigten Zelltyps dargestellt. Das unter Druck zugeführte gasförmige Medium **1** gelangt in den ersten Entladungsraum (**4a**), in dem sich eine stabförmige Gegenelektrode befindet und filamentäre Entladungen stattfinden. Das entstehende Plasma wird in den zweiten Entladungsraum (**4b**) gedrückt, in dem eine weitgehend homogene Entladung entlang der Oberfläche stattfindet. In diesen Nachreaktions- und Verbrennungsraum kann wahlweise ein zweites Medium **2** unter Druck zugeführt werden (siehe Punkt **039**). Die große Kontaktfläche zwischen Plasma und Gegenelektrode beim zweiten Entladungsraum erhöht die Wirksamkeit von Katalysatoren auf der Oberfläche letzterer, wobei geeignete Strukturierung der Oberflächen diesen Effekt noch erhöhen können.

[0027] **Abb. 3c** zeigt einen zweistufigen DBD-Reaktor. Im ersten Entladungsraum ist die zentrale, stabförmige Elektrode von einem Dielektrikum umschlossen, welches spezifische unterstützende Eigenschaften (Feldverstärkung, große innere Oberflächen) besitzen kann. Im zweiten Entladungsraum befindet sich eine körnige Schüttung. Die Schüttung kann erfindungsgemäß aus feldverstärkenden Dielektrika (Ferroelektrika oder Piezoelektrika), katalytisch wirkenden Dielektrika oder Gemischen aus denselben bestehen, wahlweise auch mit Zusatz von Oxid- und Metallpartikeln (näheres siehe Punkt **016**). Die geerdete Gegenelektrode im zweiten Entladungsraum dient zugleich als metallische Kontaktfläche auf der Hydrogen Cluster kondensieren, d.h. sich ansammeln können.

[0028] Zahlreiche weitere Kopplungsmöglichkeiten von DBD-Reaktorzellen sind realisierbar und Bestandteil der vorliegenden Erfindung.

[0029] Reaktorprozesse: Erfindungsgemäß findet im DBD-Reaktor zur Freisetzung von Überschusswärme aus SGW-Übergängen folgender Prozessablauf statt:

- In der Durchbruchphase der Entladung (Dauer ps bis ns) finden in den Molekülen der zugeführten Gase die Prozesse Ionisation, Dissoziation und Anregung statt, es enstehen Ionen, freie Elektronen und Radikale H, O, OH u.a., auch in hochangeregten Rydberg-Zuständen H*, Li*, K* u.a. - die elektrokatalytische Oxidation.

- In der folgenden Reaktionsphase (Dauer µs bis ms) kommt es zur Umwandlung der Radikale H, O, OH in sekundäre Radikale wie O_3, HO_2, HOH* sowie Anregung von Excimern und Exiplexen u.a. Weiterhin finden Oxidationsprozesse im Volumen des Gases und Oberflächenreaktionen an der Elektrode sowie am Dielektrikum unter Wirkung der freigesetzten UV-Strahlung statt, von denen besondere Bedeutung die katalytischen Prozesse mit weiterer Freisetzung von atomarem Wasserstoff H haben, aus dem sich wiederum die länger lebenden sekundären Radikale HO_2 und HOH* bilden können. Es bildet sich Rydbergmaterie durch Zusammenschluss von N Rydbergatomen, z.B. H^*_N, Li^*_N, K^*_N u.a.

- Durch erneute Anregung in folgenden Entladungen können durch Stöße zwischen den primären und sekundären Radikalen und in Wechselwirkung mit anderen Molekülen und Ionen und Elektronen im Plasma exotherme Übergänge in SGW-Zustände stattfinden, welche Überschusswärme freisetzen.

- In der Nachreaktionsphase (Dauer ms bis s) finden Wärme-und Stofftransport, Diffusion und chemische Reaktionen statt, Bildung von Aerosolen, Adsorption an Oberflächen sowie Reaktionen durch Reaktionsvermittler. Darunter können nochmals Reaktionen von Katalysatoren mit geeigneten Promotoren (Reaktionsvermittler) mit den zu dieser Zeit im Gas noch vorhandenen langlebigen Radikalen sein, die zur nachträglichen Freisetzung von Überschusswärme beitragen.

[0030] Nachreaktionskammer: Infolge der u.U. längeren Nachreaktionsphase kann es erfindungsgemäß sinnvoll sein, den Gasstrom nach dem Reak-

tor in eine Nachreaktionskammer (**NRK**) zu leiten, in welchem durch Kontakt mit Adsorbern und Katalysatoren mit Promotoren weitere Reaktionen stattfinden, im Reaktor Partikel adsorbiert und weiterhin Wärme, darunter auch Überschusswärme aus SGW-Übergängen, freigesetzt wird. Letztere wird in der Literatur auch als Nachwärme bezeichnet. Geeignete Füllmaterialien sind Metallschwämme, beschichtete oder unbeschichtete Keramikpartikel, lose Aktivkohleschüttungen und ähnliche losen Strukturen, an den Oberflächen präpariert mit Kalysatoren und Promotoren. Dieses Nachreaktorgefäß übernimmt erfindungsgemäß zugleich die Funktion des Nanopartikel-Absorbers.

[0031] Thermische Isolation: Unabdingbar für das Erreichen eines hohen **COP** ist ein Mantel um den Reaktor - auf den **Abb. 1**, **Abb. 2** und **Abb. 3** nicht gezeigt - zur thermischen Iolierung und Erzielung einer ausreichenden Arbeitstemperatur in Reaktions- und Nachreaktionskammer. Sofern eine Kühlung dieser Komponenten erforderlich ist, kann auf diese Weise die vom Kühlkreislauf abgeführte Wärme weitgehend in die zu gewinnende Nutzwärme überführt oder zur Konditionierung des Mediums genutzt werden. Alternativ kann damit die Reaktorzelle auch auf die erforderliche Betriebstemperatur aufgeheizt werden. Spürbare Freisetzung von Überschusswärme findet nach den oben zitierten und weiteren Literaturangaben in Metall-Wasserstoff-Systemen mit ausschließlich thermischer Anregung bereits ab 3[00°C statt.

[0032] Konstruktionsmaterial: In der Patentanmeldung PI wird als bevorzugtes Konstruktionsmaterial für die dielektrische Barriere Aluminiumoxid-Keramik (insbesondere γ-Al_2O_3) genannt. Dies wird hier erfindungsgemäß erweitert auf die Materialien Quarz (SiO_2), Glas und feldverstärkenden Keramiken mit hohen relativen Dielektrizitätskonstanten ε_r, insbesondere Schichten aus gesinterten Ferroelektrika.

[0033] Die Materialauswahl für die Metallelektroden werden in der Anmeldung PI wie folgt begründet: „Die Gegenelektrode ist aus Übergangsmetallen gefertigt, vorzugsweise aus Nickel oder zur Realisierung von Katalysatoreffekten auch aus Legierungen, wie z.B. Nickel-Zirkonium, oder aus den besagten Metallen mit Beimischungen katalytisch aktiver Metalloxide. Die Gegenelektrode aus chemisch sehr reinem Material wird sorgfältigst bearbeitet, gereinigt und vor Zündung der Entladungen mit Wasserstoff bis zur Sättigung beladen“. Die Palette der infrage kommenden Materialien wird hier erfindungsgemäß wesentlich breiter gefasst und wird in den Punkten **018** bis **021** detailliert ausgeführt und begründet. In den Reaktorvarianten gemäß **Abb. 2e**, **Abb. 2f**, **Abb. 3a** und **Abb. 3b** mit stabförmigen Elektroden, bei denen sich die Entladung räumlich stark konzentriert, sind extrem hitzebeständige Metalle wie Wolfram geeignet.

[0034] Die erfindungsgemäße Erweiterung der Palette von Materialien für die Elektroden mit Kontakt zur Gasentladung ist vor allem darin begründet, da die Oberflächen dieser Materialien katalytische Wirkung auf die Prozesse der Bildung von primären und sekundären Radikale haben, die letztlich verantwotlich für die Übergänge zu SGW-Zuständen sind.

[0035] Die konstruktiven Möglichkeiten zur erfindungsgemäßen Erhöhung des **COP** durch optimale Gestaltung des DBD-Reaktors hinsichtlich Anordnung und Materialauswahl seiner Bestandteile sind damit noch nicht erschöpfend beschrieben - weitere Variationen sind möglich und Bestandteil dieses Patentes

[0036] Schüttungen im Entladungsraum: Als Material für Schüttungen im DBD-Entladungsraum besonders geeignet sind

- feldverstärkende Dielektrika mit ferroelektrischen Eigenschaften, wie Blei-Zirkonat-Titanat PbZrO3-PbTiO3 (PZT) oder Bariumtitanat BaTiO3

- Piezoelektrika wie Quarz SiO_2, Bariumtitanat $BaTiO_3$, Lithiumniobat $LiNbO_3$, Galliumorthophosphat, piezoelektrische Dünnschichten aus ZnO, Aluminiumnitrit auf Silizium, piezoelektrische Karamiken, Polyvinylenfluorid (PVDF) u.a.;

- und Dielektrika mit großen aktiven Oberflächen, wie Silikagel.

- Zur Verstärkung der Raten von SGW-Übergängen führen darüber hinaus erfindungsgemäß Mischungen der dielektrischen Schüttungen mit Metall-, Metallhydrid- und Metalloxidpartikeln im Durchmesserbereich von einigen Nanometer bis 1[00 Mikrometer. Die Dichte der Metallpartikel ist dabei jedoch so gering zu halten, dass der insgesamt dielektrische Charakter der Schüttung erhalten bleibt und sich lokale Mikroentladungen in den Partikel-Zwischenräumen mit extrem hoher elektrischer Feldstärke ausbilden.

[0037] **Abb. 3c** zeigt beispielhaft die Kopplung von zwei DBD-Zellen mit einer erfindungsgemäßen Materialschüttung im Entladungsraum der ersten DBD-Zelle. Andere Anordnungen für das Einbringen von entsprechenden Schüttungen aus Teilchengemischen sind möglich, insbesondere für DBD-Entladungszellen in zylindrischer Geometrie, die auf den **Abb. 2e** und **Abb. 2f** gezeigt wurden.

Brennstoff

[0038] Brennstoff des Wärmegenerators: In der Patentanmeldung PI wird Wasserstoffgas H_2 mit einem Überdruck von 10 bis 1[00 bar als Medium für die DBD-Entladung und somit als Brennstoff des Wärmegenerators beschrieben. Nachfolgend wird der erfin-

dungsgemäß zugrunde liegende Wirkungsmechanismus detailliert und präzisiert, die mögliche Palette der infrage kommenden Brennstoffe sowie der Druckbereich auf 1 bar bis 1[00 bar sowie auf weitere wasserstoffhaltige Materialien und Verbindungen stark erweitert.

[0039] Mechanismus: Die Quelle der Freisetzung von Überschusswärme bilden hauptsächlich Wasserstoffatome, die durch die spezielle Form der Wechselwirkung zwischen dem gasförmigen Medium und dem Targetmaterial der Gegenelektroden (**2b**) sowie der Dielektrika (**1**) als Katalysatoren, unter Einwirkung der DBD-Anregung, zu exothermen Übergängen in SGW-Zustände - d.h. stark gebundene Wasserstoffatome und/oder stark gebundene Hydrogen Cluster aus zwei oder mehreren Wasserstoffatomen - führen. Diese Übergänge erfolgen nicht direkt aus der molekularem Form H_2 oder einer chemisch gebundenen Form von Wasserstoff, wie H_2O, sondern aus angeregten Wasserstoff-Radikalen H*, also freien Wasserstoffatomen in hochangeregten Rydberg-Zuständen, oder aus Excimer- bzw. Exciplexzuständen mit schwach angekoppelten Zuständen H*. Ein Beispiel dafür sind gasförmige Exciplexzustände der Form HOH* mit einem schwach angekoppeltem angeregten Atom H*, welches sich in einem Zustand mit hohem Bahndrehimpuls (1 > 2) befindet, damit nicht direkt in den Grundzustand zerfallen kann und somit eine relativ lange Lebensdauer besitzt. Infrage kommen auch Wechselwirkungen von Wasserstoff-Radikalen mit angeregten Molekülzuständen, über den kürzlich für den termolekularen Transformationsprozess HO_2** + H berichtet wurde (Burke, M. P., Klippenstein, S. J.; Mature Chemistry, 14 August 2017, DOI: 10.1038 / NCHEM.2842). Entscheidend für Bildungsrate hochangeregter H*-Zustände sind die hohe Energie und Dichte der Elektronen in der nichtthermischen DBD-Entladung sowie die unterstützende Präsenz von Katalysatorn und Promotoren. Der Prozess der stark exothermen Freisetzung von Überschusswärme ist also zumindest zweistufig:

> Stufe **1** - Bildung von freien oder schwach gebundenen Wasserstoffatomen und deren Übergang in Rydberg-Zustände H*;

> Stufe **2** - exothermer Übergang in stark gebundene SGW-Zustände durch Wechselwirkungen der freien Wasserstoffatome mit anderen Katalysepartnern im Medium.

[0040] Dies erfordert, neben Wasser oder oberflächennah im Metallgitter gebundenem Wasserstoff, die Präsenz von speziellen Wasserstoff-Katalysatoren und wird begünstigt durch das Vorhandensein von chemisch oder auf Zwischengitterplätzen gebundenem Wasserstoff im Metallgitter sowie erhöhte elektromagnetische Felder infolge nano-strukturierter Oberflächen. Die Atome und Moleküle im gasförmigen Medium sind zugleich Brennstoff und auch selbst Katalysator, der die beim Übergang in SGW-Zustände freiwerdende Energie durch Stöße aufnimmt und damit diese Übergänge erst ermöglicht.

[0041] Bei Bildung langlebiger SGW-Zustände sind die genannten zwei Stufen ausreichend für die Freisetzung elektromagnetischer Strahlung - vom IR- über den optischen- , UV-, HV-UV- bis zum Röntgenbereich und damit verantwortlich zumindest für den Hauptteil der gesamten Überschusswärme.

[0042] Ist der Abstand zwischen Nuklearteilchen in den gebildeten SGW-Zuständen ausreichend gering - im Bereich von wenigen Femptometern, wie von einigen der eingangs genannten Modelle vorausgesagt - dann könnte sich bei weiterer (zusätzlicher) elektromagnetischer Anregung der SGW-Zustände eine weitere Prozessstufe anschließen:

> Stufe **3** - nukleare Prozesse infolge starker oder schwacher Wechselwirkungen zwischen den Bestandteilen der SGW-Zustände (Protonen, Deuteronen, Elektronen) sowie Gitterbausteinen in deren unmittelbarer Nähe, die sich jedoch infolge der spezifischen kollektiven Eigenschaften der SGW-Zustände, insbesondere ihrer Langlebigkeit bei extrem geringen Teilchenabständen, sowie als Mehrteilchenprozesse erheblich von den bekannten nuklearen Zweiteilchenreaktionen unterscheiden. Infrage kommen in diesem Sinne zum Beispiel modifizierte Prozesse der d-d-Verschmelzung, des Strahlungseinfangs von Protonen oder Deuteronen, der p-p-Verschmelzung mit Elektroneneinfang, aber auch Vielteilchen-Wechselwirkungen zwischen Protonen-Clustern der SGW-Zustände und Gitterbausteinen, ggf. mit nachfolgenden radioaktiven Zerfällen - und weitere. Dies wären LENR-Prozesse in der eigentlichen Bedeutung des Begriffs.

[0043] Bisherige experimentelle Untersuchungen zur Freisetzung von Überschusswärme in Wasserstoff-Metall-Systhemen, wie oben zitiert, zeigen, dass bei den gewählten Anregungsverfahren thermische Anregung und Gasentladung - geht man von der beobachteten sehr geringen oder fehlenden Emission von Gamma- oder Teilchenstrahlung aus - die herkömmlichen nuklearen Wechselwirkungen praktisch keine oder nur eine völlig untergeordnete Rolle spielen. Dies gilt auch für die DBD-Anregungsmethode der vorliegenden Patentschrift und ist eine wichtige Voraussetzung für die Nachhaltigkeit potenzieller Anwendungen auf der Grundlage dieser Methode.

[0044] Wasserstoffquellen: Unabdingbarer Bestandteil des Brennstoffs für die Freisetzung von Überschusswärme bei der DBD-Anregung ist Wasserstoffgas H_2 und herkömmliches Wasser H_2O im Aggregatzustand Wasserdampf Auch D_2 oder T_2 bzw. D_2O oder T_2O und Mischungen aus den drei Ver-

bindungen der Wasserstoffisotope kommen infrage, sind jedoch aus Kostengründen von geringerer praktischer Bedeutung. Dies ist die Folge davon, dass es sich bei der hier beschriebenen Freisetzung von Überschusswärme primär nicht um einen nuklearen Prozess handelt, sondern um atomare Umstellungen im Wirkungsbereich elektromagnetischer Kräfte. Als Wasserstoffquelle sind auch im Metallgitter absorbierter Wasserstoff, Metallhydride und chemisch gebundener Wasserstoff geeignet, die bei Arbeitstemperatur des DBD-Reaktors atomaren Wasserstoff in das gasförmige Medium abgeben können.

[0045] Targetmaterialien: Als Metallelektroden (**2b**) im Kontakt mit der DBD-Entladung kommen erfindungsgemäß für die Freisetzung von Überschusswärme im DBD-Reaktor, abhängig von der gewählten Geometrie der Reaktionskammer, elektrisch leitfähige Materialien mit ausreichend hoher Schmelztemperatur infrage:

- vor allem Metalle mit guter Speicherfähigkeit für Wasserstoff, wie Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Pd, Ag, Au,
- aber auch andere Metalle mit ausreichend hoher Schmelztemperatur wie Pb, Sb, Bi, Cd, W, In u.a. sind geeignet, jedoch mit jeweils unterschiedlicher Ausbeute an Überschusswärme, bezogen auf gleiche Größe der elektromagnetischen Anregungsenergie,
- auch leitfähige Legierungen aus zwei oder mehreren Metallen,
- Verbundwerkstoffe, Metallschäume und -schwämme, Komposite auf Kohlenstoffbasis,
- Metalle mit Oberflächenbeschichtungen,
- im Punkt **016** bereits genannte Metallpartikel, die in dielektrischen Schüttungen oder Schichten eingeschlossen sind und darin die Funktion als Targetmaterial übernehmen.

[0046] Katalysatoren: Von besonderem Einfluss auf die Freisetzung von Überschusswärme bei der DBD-Anregung ist die chemische Oberflächenbeschaffenheit der Targets. So können bestimmte Oxidschichten infolge ihrer katalytischen Wirkung erfindungsgemäß zur Erhöhung der Wärmefreisetzung bei der DBD-Anregung führen:

- insbesondere Schichten aus FeO, Fe_2O_3, CuO, Cu_2O_3, NiO, Ni_2O_3, CoO und Co_2O_3,
- auch Oxide von Legierungen, so zum Beispiel Co-Mg-Oxide, Ni-Mg-Oxide oder Cu-Mg-Oxide.

[0047] Katalytische Wirkung erzielen erfindungsgemäß nicht nur die im Punkt **020** genannten Feststoffe an der Targetoberfläche, sondern auch diverse molekulare und atomare Beimischungen im Bereich des Entladungsplasmas, die betrifft Zusätze von Wasserdämpfen, komplexe Zustände aus Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff, Partikel mit oberflächlich adsobierten Atomen von Alkali- und Erdalkalimetallen, bestimmte organische Dämpfe und andere.

[0048] Promotoren: Bekannt ist, dass industriellen Wasserstoff-Katalysatoren aus Metalloxiden sogenannte Promotoren beigefügt werden, die den katalytischen Prozess unterstützen. So verwendet Holmlid für die Erzeugung des stark gebundenen ultra-dichten Wasserstoffs Styrene-Katalysatoren aus Fe_2O_3 mit Zusatz von Kalium. Rossi und Parkhomov verwenden als Brennstoff $LiAlH_4$ in Verbindung mit Nickel. Erfindungsgemäß können auch die Prozesse der Freisetzung von Überschusswärme bei der DBD-Anregung durch geeignete Promotoren unterstützt werden.

[0049] Die Promotoren können dem Metall der Elektrode mit Plasmakontakt zugefügt werden - als Legierung, Verbundwerkstoff, Oberflächenschicht oder Implantat. Alternativ können auch dem Gasmedium geeignete gasfömige Bestandteile hinzugefügt werden, die den katalytischen Prozess im Plasma beschleunigen. Infrage kommen dafür:

- Verbindungen der wasserstoffähnlichen Alkalimetalle Li, Na, K, Rb und Cs,
- sowie Verbindungen der Erdalkalimetalle Mg, Ca, Sr und Ba.

[0050] Nanostrukturen: Die katalytische Wirkung von Metall-Nanopartikeln im DBD-Reaktor wurde im PI bereits festgestellt. Nanostrukturen auf der Targetoberfläche können durch höhere elektromagnetische Feldstärken an der Oberfläche größere Teilchengeschwindigkeiten im Plasma der Entladungen bewirken und somit erfindungsgemäß den Übergang von Wasserstoff in SGW-Zustände im DBD-Reaktor befördern. Infrage kommen erfindungsgemäß Schichten aus Nanopartikeln der Metalle Pd, Ag, Pt, Au, Ni und ihrer Legierungen oder Mischungen aus Partikeln verschiedener Metalle. Erfindungsgemäß können sich katalyisch wirkende Nanopartikel infolge von filamentären Mikroentladungen nicht nur an den kompakten Targetoberflächen bilden, sondern auch aus der Oberfläche von Metallteilchen herausgeschlagen werden, die in dielektrischen Schüttungen im DBD-Raum enthalten sind. Auf diese Weise kann sich die feldverstärkende Wirkung bestimmter Dielektrika - Ferroelektrika und Piezoelektrika - überlagern mit der hohen elektrischen Feldstärke an der Oberfläche leitender Nanopartikel.

[0051] Das Spektrum erfindungsgemäß infrage kommender Materialien wird erweitert auf Komposite sowie Mikroteilchen, die in sich die Materialzusammensetzung und Eigenschaften von Speichermetall für Wasserstoff, Katalysator und Promotor vereinen.

[0052] Gasbeladungen: Erfindungsgemäß besteht das Medium im DBD-Entladungsraum aus H_2-Gas unter Normaldruck oder davon abweichendem Überdruck im Bereich **1** bis 1[00 bar. Geeignet sind erfindungsgemäß auch Beimischungen von passiven Trägergasen, wie Stickstoff N_2 oder Edelgase. Erfindungsgemäß kann eine Beifügung von Wasserdampf oder der gasförmigen Exciplex-Verbindung HOH* die Rate von Übergängen in SGW-Zustände erhöhen. Erfindungsgemäß kann auch eine Beimengung von gasförmigem Sauerstoff O_2 zum Trägergas oder Luft - dem konstanten Gemisch aus N_2, O_2 und CO_2 - unter Normal- oder Überdruck erfolgen. In diesen Fällen wird die Freisetzung von Überschusswärme infolge von Übergängen in SGW-Zustäde kombiniert mit der Wärmefreisetzung der konventionellen Wasserstoff-Sauerstoff-Reaktion (Knallgasverbrennung). Dies erlaubt erfindungsgemäß den Betrieb des DBD-Reaktors bei erhöhten Temperaturen und verstärkt auch nochmals die Freisetzung von Überschusswärme infolge von Übergängen in SGW-Zustände. Schließlich besteht erfindungsgemäß ebenfalls die Möglichkeit, Oxyhydrogen - ein Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff - einzuleiten, um so die höchstmöglichen Temperaturen und verbesserte Bedingungen für den exothermen Übergang in die SGW-Zustände zu erreichen. Dies muss allerdings mit deutlich erhöhten Sicherheitsvorkehrungen für den Umgang mit Wasserstoff bzw. Wasserstoff/Sauerstoff-Gemisch begleitet werden.

[0053] Elektrochemische Aktivierung I: Erfindungsgemäß kann dem Gas im Entladungsraum auch Wasserstoff aus einer separat betriebenen, getrennten Elektrolysezelle oder ein Gemisch aus Wasserstoff und Wasserdampf aus einer bei hohen Temperaturen betriebenen COEC-Zelle zugeführt werden.

[0054] An der Kathode entstehen bei der Wasserzersetzung Wasserstoff H_2 und Hydroxylionen OH^-, aus denen komplexere hydrierte Compounds wie $H_3O_2^-$. $H_5O_3^-$, $H_7O_5^-$, $H_9O_7^-$ mit relativ langer Lebensdauer entstehen, aus denen wiederum hydrierte Elektronen und Hydroxyl-Radikale OH hervorgehen, die eine hohe Reaktivität besitzen. Aus H^+-Ionen können durch Elektronenanlagerung Wasserstoffradikale H gebildet werden, die ihrerseits weitere Reaktionen eingehen, unter anderem kann langlebiges, gasförmiges HOH* entstehen, das mit dem Wasserstoff H_2 aus der Elektrolysezelle entweicht, in den Gasentladungsraum der DBD-Entladung gelangt und die Rate der Übergänge in SGW-Zustände erhöht..

[0055] Erfindungsgemäß führt der Einsatz von Wasserstoff aus dem Kathodenraum einer Elektrolysezelle zur Erhöhung der Freisetzung von Überschusswärme, da auf diese Weise dem Medium zusätzlich sowohl atomarer Wasserstoff in Form angeregter freier Radikale H*, Wasserdampf und angeregte Moleküle HOH* als Katalysepartner für den Übergang in SGW-Zustände zugesetzt werden.

[0056] Die Einspeisung von Elektrolyse-Wasserstoff aus der Plasmaelektrolyse oder einer SOEC-Zelle, die bei hoher Tempertur betrieben wird, ist erfindungsgemäß von doppeltem Vorteil: Erstens ist den Energieaufwand zur Dissoziation von Wassermolekülen geringer, als bei Raumtemperatur und zweitens wird dem bereits erhitzten Medium neben Wasserstoff auch bereits erhitzter Wasserdampf beigefügt, der seinerseits infolge der Entladungen im DBD-Reaktor zur Vor-Ort-Quelle von atomarem Wasserstoff H und gleichzeitig Katalysator von SGW-Übergängen wird.

[0057] Elektrochemische Aktivierung II: Erfindungsgemäß können dem DBD-Entladungsraum auch Gase aus einer separat betriebenen, nicht getrennten Elekrolysezelle zugeführt werden, die neben den Gasen H_2 und O_2 auch Wasserstoffradikale H, Ozon O_3, dampfförmiges H_2O mit angeregten Molekülen HOH* sowie - abhängig vom verwendeten Elektrolyten - auch Verbindungen von Alkali- oder Erdalkalionen aufweisen. Die Einspeisung des Elektrolysegases kann erfindungsgemäß in einen DBD-Reaktor des auf **Abb. 2g** gezeigten Typs erfolgen. Der DBD-Reaktor verbindet dann gleichzeitig die Funktion eines Oxyhydrogenbrenners mit der eines Generators für SGW-Übergänge, der bei erhöhten Temperaturen betrieben werden kann. Dem Gas aus der Elektrolysezelle kann erfindungsgemäß vor der Injektion in den DBD-Reaktor weiterer Sauerstoff, Luft und/oder Wasserdampf zugesetzt werden. Damit kann eine vollständige Verbrennung des Wasserstoffs in einem Durchlauf erreicht werden und Nutzwärme mit erhöhter Temperatur, bis zu einigen Hundert Grad Celsius, abgeführt werden. Dieses variable Betriebsregime bietet erfindungsgemäß vielseitige Steuerungsmöglichkeiten für den Prozess der Freisetzung von Überschusswärme aus SGW-Übergängen. Diese Form der Nutzung von Elektrolysegasen, bei der Entladungs- und Verbrennungsraum räumlich verschmelzen, birgt jedoch erhebliche Risiken für die technische Sicherheit infolge von möglichen Rückzündungen des Gasgemisches in den Elektrolyseraum, die konstruktiv zu berücksichtigen sind.

[0058] Elektrochemische Aktivierung III: Erfindungsgemäß kann die elektrochemische Aktivierung auch in-situ, d.h. unmittelbar vor der DBD-Reaktorzelle erfolgen. Hierfür sind erfindungsgemäß und beispielhaft Reaktoranordnungen geeignet, wie sie in den **Abb. 4a**, **Abb. 4b** und **Abb. 4c** gezeigt sind, bei der die DBD-Entladung unmittelbar oder nahe der Oberfläche der Lösung einer Elektrolysezelle ansetzt. Die DBD-Entladung kann entweder mit dem gesamten Elektrolysegas betrieben werden (**Abb. 4a)** oder sicherer mit getrenntem Gas aus dem Kathodenraum einer Elektrolysezelle mit semipermeabler

Trennwand ((**8**), **Abb. 4b** und **Abb. 4c**). Alternativ kann auch mit einem zusätzlichen Tägergas gearbeitet werden - Luft, Stickstoff o.a. - welches die Elektrolysezelle permanent spült und das entstehende Elektrolysegas in den Enladungsraum mitträgt. Erfindungsgemäß sind weitere apparative Lösungen möglich, bei denen die DBD-Entladung in unmittelbarem Kontakt zum Elektrolysemedium (**5**) erfolgt.

[0059] Anordnungen, wie auf **Abb. 4b** und **Abb. 4c** gezeigt, können - eingebaut in entsprechende Gehäuse - auch unter Druck und bei hohen Temperaturen betrieben werden, so dass die Anlage als Wasser-dampf-Elektrolyse, d.h. als SOEC, funktioniert. Dies sichert besonders hohe Dissoziationsraten von H_2O, hohe Ausbeuten an Radikalen H und OH und somit auch hohe Raten von SGW-Übergängen.

[0060] Abb. 4d zeigt eine Plasma-Elektrolysezelle, die mit der DBD-Reaktorzelle gekoppelt wird. In diesem Fall wird stark wasserstoffhaltiges Kathodengas aus der Plasma-Elektolyse als Medium in die DBD-Entladung geschickt, das im Plasma einer starken Einwirkung von Photonen ausgesetzt war und dadurch besonders viel angeregte Spezies mitträgt.

[0061] Erfindungsgemäße Varianten von Anordnungen der Kombination einer DBD-Reaktorzelle und einer vorgeschalteten Elektrolysezelle zur optimierten Generierung von Überschusswärme wie auf den **Abb. 4a**, **Abb. 4b**, **Abb. 4c** und **Abb. 4d** gezeigt, lassen sich darüber hinaus erfindungsgemäß auch mit weiteren DBD-Zellen in Reihe koppeln, analog den Kopplungen, wie sie auf den **Abb. 3a** und **Abb. 3b** bereits gezeigt wurden.

[0062] Abb. 4a: Einleitung des gesamten Elektrolysegases in eine asymmetrische, plattenförmige DBD-Zelle; die freie Gegenelektrode ist in diesem Fall durchlässig für die Elektrolysegase (Lochplatte, Metallnetz).

[0063] Abb. 4b: Einleitung des Elektrolysegases aus dem Kathodenraum in eine röhrenförmige DBD-Zelle mit zentraler, freiliegender plattenförmiger Innenelektrode;

[0064] Abb. 4c: wie **Abb. 4b**, aber in Zylindergeometrie, mit stabförmiger Innenelektrode der DBD-Reaktorzelle; rechts im Bild angedeutet ist die alternative Speisung der Elektrolysezelle mit einer überlagerten Gleich- und Wechselspannung;

[0065] Abb. 4d: Der DBD-Reaktorzelle vorgeschaltet ist eine Plasma-Elektrolysezelle mit getrennter Erfassung von Kathoden- und Anodengas, aus der ein Gemisch von Kathodengas plus Wasserdampf in den DBD-Entladungsraum gelangt, welches erfindungsgemäß wiederum besonders effektiv SGW-Übergänge generiert.

[0066] Nachbrenner: Erfindungsgemäß kann nach der DBD-Reaktorzelle auch eine Beimengung von gasförmigem Sauerstoff O_2 zum Trägergas oder Luft - dem konstanten Gemisch aus N_2, O_2 und CO_2 - unter Normal- oder Überdruck erfolgen. In diesen Fällen wird die Freisetzung von Überschusswärme infolge von Übergängen in SGW-Zustäde kombiniert mit der Wärmefreisetzung der konventionellen Wasserstoff-Sauerstoff-Reaktion (Knallgasverbrennung). Dies erlaubt erfindungsgemäß den Betrieb des DBD-Reaktors bei erhöhten Temperaturen und verstärkt auch nochmals die Freisetzung von Überschusswärme infolge von Übergängen in SGW-Zustände. Schließlich besteht erfindungsgemäß ebenfalls die Möglichkeit, Oxyhydrogen - ein Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff - einzuleiten, um so die höchstmöglichen Temperaturen und verbesserte Bedingungen für den exothermen Übergang in die SGW-Zustände zu erreichen. Dies muss allerdings mit deutlich erhöhten Sicherheitsvorkehrungen für den Umgang mit Wasserstoff bzw. Wasserstoff/Sauerstoff-Gemisch begleitet werden.

[0067] Einige Varianten der Anordnung von Komponenten zur erfindungsgemäßen Konditionierung des Mediums und Abführung der Wärme bei Nutzung der DBD-Anregung zur Generierung von Überschusswärme sind auf den **Abb. 5a**, **Abb. 5b**, **Abb. 5c**, **Abb. 5d**, **Abb. 5e** und **Abb. 5f** schematisch dargestellt:

[0068] Abb. 5a: Zuführung von Wasserstoffgas aus einem Gasspeicher **SP** (**10**) in die DBD-Reaktorzelle **DBD** (**11**) sowie Druckluft (alternativ Sauerstoff) in den Nachbrenner **NB** (**12**) und Abführung der Nutzwärme aus der Nachreaktionskammer mit Wärmetauscher (**13**).

[0069] Abb. 5b: wie **Abb. 5a**, mit Zuführung von Elektrolysegas aus einer Elektrolysezelle (**EZ**, (**15**)) und Luft (alternativ Sauerstoff) in den Nachbrenner **NB** (**12**).

[0070] Abb. 5c: Wie **Abb. 5a** und **Abb. 5b**, mit getrennter Zuführung von Kathodengas (**K**) in die DBD-Reaktorzelle (**11**) und Anodengas (**A**), gemischt mit Luft (alternativ Sauerstoff) in den Nachbrenner **NB** (**12**); wahlweise können erfindungsgemäß Flüssigkeiten aus dem Reservoir F (16) dem Luftstrom in den Nachbrenner **NB** (**12**) zugeführt werden. In der **Abb. 5c** ist eine thermische Kopplung des Wärmetauschers mit der Elektrolysezelle vorgesehen, die den günstigen Elektrolysebetrieb bei erhöhten Temperaturen gestattet, der in der SEOC Dampfelektrolyse erforderlich ist.

[0071] Abb. 5d: wie **Abb. 5c**, mit einer Dampfturbine **DT** (**17**) und Generator **G** (**18**) für Elektroenergie, die dem Nachbrenner **NB** (**12**) nachgeschaltet sind. Alternativ oder zusätzlich ist die Zuführung alternativer

Medien aus dem Speicher F (**16**) vorgesehen. Diese Kopplung einer Dampfturbine an den Nachbrenner ermöglicht, durch wahlweise Zufuhr von alternativen Materialien (siehe Punkt **039**) aus dem Flüssigkeitsspeicher (**16**) die freigesetzte Wärmemenge durch konventionelle Verbrennungsprozesse zu forcieren.

[0072] Abb. 5e: Wasserstoffgas wird aus dem Speicher **SP** (**10**) der DBD-Reaktorzelle zugeführt; der nicht verbrauchte Wasserstoff wird in der Nachreaktionskammer **NRK** (19) exotherm, mithilfe zugeführter Luft zu Wasser autokatalytisch oxidiert und die freigesetzte Wärme, inklusive Überschusswärme, über den Wärmetauscher (**13**) extrahiert;

[0073] Abb. 5f: Wie **Abb. 5e**, bei Einspeisung von Kathodengas in die DBD-Reaktorzelle, zur autokatalytischen Rückumwandlung in Wasser kann das Anodengas aus der getrennten Elektrolysezelle im Rekombinator (**NRK**) eingesetzt werden.

[0074] Nachreaktionskammer und Rekombinator: Alternativ zu der im Punkt **027** beschriebenen Verbrennung von Oxihydroxid-Gemisch in einer kombinierten Entladungs- und Verbrennungskammer, kann bei ausschließlicher Einleitung von Wasserstoffgas aus einem Speicher oder Kathodengas aus einer getrennten Elektrolysezelle nach der DBD-Reaktorzelle erfindungsgemäß auch eine Nachreaktionskammer **NRK** (siehe Punkt **013**) angeschlossen werden, welche in diesem Fall die Hauptfunktion eines Rekombinators erfüllt. Zu diesem Zweck wird der Gasausstoß der Reaktorzelle zusammen mit Luft aus einem Gebläse, ggf. mit Zugabe von Anodengas der Elektrolysezelle, in den Rekombinator zur exothermen Rekombination von Wasserstoff und Sauerstoff geleitet. Zusätzlich fungiert die Nachreaktionskammer darüber hinaus auch als Affänger von angeregten Spezies und SGW-Clustern, die mit dem Gasstrom aus der DBD-Entladung mitgeführt werden und erst hier kondensieren oder an den Oberflächen adsorbiert werden. Sie stellen eine Quelle der Freisetzung von Nachwärme dar. Schaltungsbeispiele sind schematisch auf den **Abb. 5e** und **Abb. 5f** gezeigt. Zum Einsatz kommen wahlweise röhrenförmige oder plattenförmige Rekombinatoren aus Metall, deren Oberfläche in Kontakt zum Gasgemisch mit geeigneten Katalysatoren aktiviert sind. Geeignet sind auch Schüttungen aus hitzebeständigen Keramikteilchen (Al_2O_3 o.a.), die oberflächlich mit Katalysator beschichtet sind - siehe **Abb. 6a**, **Abb. 6b**, **Abb. 6c**. Die Nachreaktionskammer (Rekombinator) kann konstruktiv einfach mit der Funktion der Wärmeableitung/Kühlung verbunden werden, wie ebenfalls auf den **Abb. 6a**, **Abb. 6b** und **Abb. 6c** gezeigt.

[0075] Abb. 6 zeigt Ausführungsvarianten von Anordnungen mit erfindungsgemäß präparierten Nachreaktionskammern **NRK** (**13**), die der/den DBD-Reaktorzelle/n nachgeschaltet sind zur autokatalytischen Rückumwandlung von Wasserstoff zu Wasser und zur Freisetzung von Nachwärme:

[0076] Abb. 6 a: Platten- oder Wabenaufbau von Metallplatten mit erfindungsgemäßer Katalysator-beschichtung; die Wärmeableitung wird unmittelbar nach der **NRK** ausgeführt, so dass die beschichteten Metallplatten erhöhte Temperaturen im Bereich von 2[00 bis 5[00 °C aufweisen.

[0077] Abb. 6 b: Röhrenaufbau des **NRK**, die Innenwände der Rohre sind erfindungsgemäß mit Katalysator beschichtet, zum Wärmeabzug sind die Rohre im Wasserbad platziert. Bei drucklosem Betrieb im Kühlkreislauf wird die Betriebstemperatur der **NRK** auf < 1[00 °C begrenzt.

[0078] Abb. 6 c: Erfindungsgemäß mit Katalysator beschichtete Keramik-Pellets bilden eine Schüttung in der **NRK**, durch welche das Gasgemisch zur Rekombination und erfindungsgemäßen Generierung weiterer SGW-Übergänge gedrückt wird. Der Wärmeabzug erfolgt durch Kühlung der Außenoberfläche der **NRK**. Der Betrieb kann bei erhöhten Temperaturen stattfinden. Die Innenoberfläche des Metallmantels im unteren Bereich dient erfindungsgemäß zur Akkumulation von kondensierten Wasserstoffclustern, die sich aus den stark gebundenen Wasserstoffatomen bilden.

Komplex B: Elektromagnetische Anregung

[0079] DBD-Anregung: Der Anlagenkomplex **B** auf **Abb. 1** dient erfindungsgemäß der Bereitstellung der elektromagnetischen Anregung, sowohl für die Erzeugung der DBD-Entladung in der Reaktorzelle, wie auch von Spannungen und Strömen zur Speisung der elektrochemischen Aktivierungen. In der Patentanmeldung **PI** war diese Anlagenkomponente repräsentiert durch den Hochspannungsgenerator, welcher die sinusförmige Erregerspannung mit einer Amplitude von 10 - 15 KV bei einer Frequenz im Bereich 50 - 1[00 kHz bereitstellt. Diese Beschreibung wird im vorliegenden Patent wesentlich erweitert.

[0080] Amplituden, Signalform, Frequenzen: Zur DBD-Anregung sind erfindungsgemäß sowohl harmonische Wechselspannungen wie auch periodische elektrische Leistungsimpulse geeignet, die an den DBD-Reaktor geleitet werden und in diesem die Entladung auslösen. Abhängig von der gewählten Geometrie, dem Design der Reaktorzelle und den Betriebsparametern des DBD-Reaktors können die Frequenzen ω im erweiterten Bereich von 1 kHz - 1 MHz und die Amplituden im Bereich 1 - 20 kV liegen. Die Anregung des DBD-Reaktors kann wahlweise im Dauerbetrieb, oder getaktet, nach einem durch die Steuerung vorgegebenen Entladung - Pause - Zyklus, erfolgen.

[0081] Resonanzanregung: Zur Erreichung hoher **COP**-Werte ist es sinnvoll, die Eigenkapazität der DBD-Reaktorzelle als Teil eines LC-Schwingskreises auszulegen, dessen Eigenfrequenz ω* mit der Erregerfrequenz ω abgestimmt ist. Bei kapazitiver oder induktiver Ankopplung des LC-Schwingkreises treten nur geringe Verluste infolge der geringen mittleren DBD-Entladungsströme auf. Dieser Vorteil kann erfindungsgemäß sowohl für Anregung durch Wechselspannung wie auch für periodische Leistungsimpulse genutzt werden.

[0082] Elektrolysegaserzeugung mit Gleichspannung: Der Anlagenkomplex B stellt weiterhin regelbare Gleichspannungen im Bereich -30 ... +30 V zur Verfügung, um definierte Potenzialdifferenzen und elektrochemische Ströme zwischen den Platten einer elektrochemischen Zelle aufzubauen, mit denen Oxyhydrogen, angereichert mit den beschriebenen aktiven Radikalen und aktivierten Spezies, erzeugt werden und wahlweise direkt der DBD-Zelle zugeführt werden kann (**Abb. 4a)**. Bei Verwendung semipermeabler Trennwände gemäß **Abb. 4c** können auf diese Weise unterschiedliche Gase aus dem Anoden- oder Kathodenraum der Zelle abgeleitet und dem DBD-Reaktor zugeführt werden.

[0083] Gaserzeugung mit Wechselspannung: Die vom Anlagenkomplex B erzeugte Wechselspannung kann erfindungsgemäß, mit entsprechend angepasster Amplitude, wahlweise auch zur Anregung der elektrochemischen Oxyhydrogen-Gaserzeugung in der Elektrolysezelle genutzt werden. Dies gilt ebenso für den Fall, dass im Anlagenkomplex B periodische Leistungsimpulse erzeugt werden, die mit reduzierter Amplitude zur Auslösung elektrochemischer Stromstöße in der Zelle genutzt werden können. Erfindungsgemäß steigt durch diese Form der Anregung der Anteil reaktiver Bestandteile - H, OH, HOH* , HO_2** u.a. - in dem elektrochemisch erzeugten Oxyhydrogen- Gasgemisch, bzw. im Kathodengas einer getrennten Zelle, und damit wächst die Rate der SGW-Übergänge im DBD-Reaktor.

Komplex C: Konditionierung und Kühlung

[0084] Konditionierung bei Wasserstoffkreislauf-Fahrweise: Der Anlagenkomplex **C** auf **Abb. 1** umfasst die Apparatur zur Bereitstellung und Aufbereitung des Kavitationsmediums und zur Abführung der Wärme. In der Patentanmeldung PI wird dieser Komplex durch folgende Bauteile repräsentiert: Wasserstoff-Druckspeicher, Transport-Verdichter, Nanopartikel-Auskreisteil und Wärme-Auskreisteil. Wie in PI dargestellt, wird das aus einem Wasserstoff-Druckspeicher zugeführte Wasserstoff-Gas als Brennstoff und zugleich Wärmeträger vielfach im Kreislauf durch den DBD-Reaktor, den Nanopartikel-Auskreisteil und den Wärme-Auskreisteil geführt. Der Verbrauch von Wasserstoff wird allein durch die Rate der SGW-Übergänge, die Absorption von Wasserstoff in den Konstruktionsmaterialien sowie Leckagen bestimmt. Bei Verwendung von Feststoff-Absorbern als Speicher kann das unverbrauchte Wasserstoffgas nach Ende des Betriebs wieder gespeichert/absorbiert werden.

[0085] Diese Beschreibung wird nachfolgend präzisiert und erweitert. Die **Abb. 7a** bis **Abb. 7d**: zeigen Ausführungsbeispiele für die schematische Anordnung von Komponenten zur erfindungsgemäßen Konditionierung des Mediums und Abführung der Wärme, inklusive Überschusswärme:

[0086] Abb. 7 a: Anordnung einer Kleinwärmequelle mit Wasserstoffspeicher (**SP**) und wärmemäßiger Kopplung mehrerer DBD-Zellen, DBD_I, DBD-II, mit dem Wärmetauscher (**13**).

[0087] Abb. 7 b: Anordnung einer mittleren DBD-Heißdampfquelle mit Eispeisung aus einer getrennten Elektrolysezelle und Kreislauffahrweise durch die Nachreaktionskammer **NRK** (**19**) und den Wärmetauscher (**13**).

[0088] Abb. 7 c: Schematischer Aufbau eine Kleinstwärmequelle bis 1KW Wärmeleistung auf Basis einer DBD-Reaktorzelle, gefüllt mit einer erfindungsgemäßen Schüttung aus einem Partikel-Gemisch aus feldverstärkenden Dielektrika, Katalysatortormaterial, wasserstoffhaltigen chemischen Verbindungen und Metallen.

[0089] Abb. 7 d: Schematischer Aufbau eines Ausführungsbeispiels mit Nutzung des SOEC-SOFC-Prozesses zur Erzeugung von Elektroenergie mit thermischer Verstärkung durch Überschusswärme aus DBD-Anregung.

[0090] Konditionierung mit inerten Trägergasen: Alternativ ist diese Fahrweise erfindungsgemäß auch mit einem Wasserstoff-Trägergas-Gemisch möglich. Als Trägergase kommen infrage: Stickstoff (**N2**) oder Edelgase, insbeondere Argon (Ar). Damit erhöht sich der Gasdurchsatz durch den DBD-Entladungsraum, Nachreaktionskammer und Wärmetauscher, was eine stabilere Fahrweise der Anlage ermöglicht. Außerdem können Trägergase selbst im Prozess der Übergänge in SGW-Zustände eine aktive Rolle als Reaktionspartner und Katalysator übernehmen - beispielsweise durch Bildung von Eximern von Typ Ar_2*.

[0091] Konditionierung mit Trägergas Luft: Alternativ zu Punkt **035** kann Wasserstoff erfindungsgemäß kontinuierlich aus einem Druckspeicher (Pos. 10) entnommen und der Gasentladung in der DBD-Reaktorzelle (**11**) zugeführt werden. In unmittelbaren Anschluss an den DBD-Entladungsraum wird in den Nachbrenner und (**12**) mittels Gebläse (**14**) zusätzlich Luft (alternativ Sauerstoff) unter Druck zugeführt, so

dass es zur vollständigen Verbrennung des Wasserstoffs kommt. Es entstehen stark erhitzte, aber umweltfreundliche Verbrennungsgase, die über Nachreaktionskammer mit Wärmetauscher (**13**) direkt in die Abluft geleitet werden können - siehe **Abb. 5a** und **Abb. 7a**. Als Wasserstoffspeicher kommen neben Druckspeichern für $\mathbf{H_2}$-Gas auch Wasserstoff-Festbettabsorber infrage. Anstelle einer DBD-Reaktorzelle (**11**) können dabei erfindungsgemäß auch Kopplungen mehrerer DBD-Reaktorzellen zum Einsatz kommen, wie sie beispielhaft auf **Abb. 3a**, **Abb. 3b**, **Abb. 3c** sowie 7a gezeigt wurden. Dadurch können unterschiedliche Formen von DBD-Entladungen nacheinander vom Medium durchlaufen werden.

[0092] Brennstoff aktiviertes Oxyhydrogen: Alternativ kann erfindungsgemäß - wie beispielhaft auf **Abb. 4a** und **Abb. 5b** dargestellt - Brennstoff aus einer Druck-Elektrolysezelle in Form von Oxyhydrogengas ($H_2 + O_2$), angereichert mit Radikalen, angeregten Spezies (HOH* u.a.) und Wasserdampf (siehe Punkt **026**) in den Entladungsraum des DBD-Reaktors geleitet werden, wo gleichzeitig Verbrennung und Wärmefreisetzung im Nachbrenner infolge von SGW-Übergängen stattfinden. Zusätzlich wird ebenfalls Luft zugeführt, um eine vollständige Verbrennung des Wasserstoffs, hohe Temperaturen und einen ausreichenden Gasdurchsatz durch die Nachreaktionskammer und den Wärmetauscher zu erreichen - siehe **Abb. 5b**.

[0093] Brennstoff Kathodengas: Alternativ kann erfindungsgemäß Elektrolysegas aus dem abgetrennten Kathodenraum einer Druck-Elektrolysezelle (**15**) der DBD-Reaktorzelle (**11**) zugeführt werden, wie auf den **Abb. 4b**, **Abb. 4c** sowie 4d beispielhaft gezeigt. Dieses Verfahren bietet den Vorteil, dass - wegen des Fehlens von Sauerstoff O_2 im Kathodengas - es in der DBD-Reaktorzelle noch nicht zur Wasserstoffverbrennung kommt, sondern erst im nach-geschalteten Nachbrenner (**12**), dem das Anodengas der Elektrolysezelle mit Luftzusatz zugeführt wird - siehe Schema auf **Abb. 5c**.

[0094] Alternativ ist in diesem Fall auch die Nachreaktion in einem Rekombinator - wie auf den **Abb. 5e** und **Abb. 5f** gezeigt - möglich, indem das in der Elektrolysezelle gleichzeitig mit dem Kathodengas entstehende Anodengas zugeführt wird.

[0095] Besondere Vorteile bringt der Einsatz einer getrennten SOEC-Zelle, in welcher Wasserdampf-Elektrolyse stattfindet, im Kombination mit der DBD-Reaktorzelle und einem nachgeschalteten Nachbrenner oder Rekombinator - siehe **Abb. 5d**.

[0096] Zusätze alternativer Materialien zum Brennstoff: Dem Luftstrom in den Verbrennungsraum gemäß Punkt **036** bis **038** können erfindungsgemäß verschiedene Substanzen, hier alternative Materialien (AM) bezeichnet, zugesetzt werden - beispielsweise aus einem Flüssigkeitsreservoir über eine Sprüheinrichtung für Flüssigkeiten (**16**) im Luftstrom in den Verbrennungs- und Nachreaktionsraum. Infrage kommen solche Substanzen, wie

- Wasser H_2O, Wasserstoffperoxid H_2O_2, Schwerwasser D_2O;
- Atome und Ionen von Alkali- und Erdalkalimetallen als Promotoren von SGW-Übergängen in Lösungen von Salzen, Laugen oder Säuren (siehe Punkt **022**);
- Partikel von Katalysatormaterialien mit wässrigen Suspensionen (siehe Punkt **021**);
- Erdgas, Kohlenwasserstoffe und andere exotherm brennbare Stoffe.

[0097] Wärmenutzung I: Die Abführung der freigesetzten Wärme erfolgt bei Wasserstoff-Kreislauffahrweise (Punkt **033**) durch Zirkulation eines Wärmeträgers als Kühlmedium zwischen Warmeauskreisteil und Verbraucher. Diese Art der Kühlung ist erfindungsgemäß besonders geeignet für die Erzeugung von Warmwasser im Temperaturbereich **<** 90 °C und Druckbereich **<** 5 bar - d.h. für den Warmwasserverbrauch.

[0098] Wärmenutzung II: Alternativ können bei Konditionierung des Brennstoffs mit Luft oder Oxyhydrogen, gemäß den Punkten **035** bis **038**, Temperaturen im Abgang des Gases aus der Nachreaktionskammer von **>** 5[00 °C erreicht werden. Diese Fahrweise ist daher erfindungsgemäß auch für die Erzeugung von Heißdampf geeignet. Die Nutzung zum Betreiben einer Dampfturbine zur Stromerzeugung ist damit möglich.

[0099] Wärmenutzung III: Eine weitere Alternative ist gegeben bei Verwendung einer Hochruck-Hochtemperatur-Elektrolysezelle SOEC - zur Erzeugung von Kathodengas aus der Wasserdampf-Elektrolyse - gemäß Punkt **038** - und Zuführung von Druckluft sowie Anodengas in den Nachbrenner (Pos. 12), wie auf **Abb. 5c** gezeigt. Erfindungsgemäß können zusätzlich alternative Materialien dem Verbrennungsraum zugeführt werden, gemäß Punkt **039** und **Abb. 5c**. In diesem Fall sind Temperaturen im Ausstoß des Nachbrenners **NB** (Pos. 12) erreichbar, die den Antrieb einer Dampfturbine GT (Pos. 17) für die Stromerzeugung im Generator **G** (Pos. 18) ermöglicht. Dieser kann eine Nachreaktionskammer mit Wärmetauscher (Pos. 13) nachgeschaltet werden, aus der Nutzwärme für externe Verbraucher sowie für den Wärmebedarf der SOEC-Zelle abgeführt werden kann. Eine solche Anordnung wird schematisch auf **Abb. 7d** gezeigt. Ein Teil des erzeugten elektrischen Stroms wird für den Eigenbedarf der DBD-Anlage genutzt,

Komplex D: Kontrolle und Steuerung

[0100] Gesamtkonzept: Die Anlagenkomponente **D** auf **Abb. 1** umfasst die Kontrolle aller relevanten Betriebsparameter der Anlage und die Steuerung ihres effektiven und sicheren Betriebes. Zum Einsatz kommen Standardkomponenten und -produkte der **MSR**-Technik. Umfang und Ausstattung von Kontrolle und Steuerung wird dem konkreten Aufbau und Einsatzziel der Anlage angepasst.

[0101] Datenerfassung: Erfasst werden Temperaturen, jeweils mit einem oder mehreren Sensoren, in den Anlagenkomponenten **A**, **B** und **C**, Ströme und Spannungen der DBD- und elektro-chemischen Anregung, Druck im Konditionierungsgefäß, Steuerungen der Ventile und Umlaufpumpen und bei Bedarf weitere Parameter.

[0102] Steuerung: Gesteuert werden Ströme, Spannungen und zeitliche Taktung der DBD-Entladung und elektro-chemischen Wasserzersetzung, Durchflussgeschwindigkeit der Kühlung/Wärmeabfuhr, Dosierungen von Gas- und Flüssigkeitszufuhr und weitere Größen.

[0103] Regelung: Zur Sicherung sowohl der Stabilität gegenüber kurzfristigen Leistungsausbrüchen, wie auch der lang anhaltenden Konstanz des Anlagenbetriebes sind schnell wirksame, wie auch langsamer wirkende Regelkreisläufe erforderlich. Für die schnelle Regelung zur Verhinderung von Leistungsaubrüchen sind die Steuerung der Hochspannungsquelle der DBD-Anregung sowie die Drosselung der Luftzufuhr in den Nachbrenner geeignet. Langanhaltende Stabilität des Anlagenbetriebes kann durch Regelung der Zufuhr von Wasserstoff aus dem Druckspeicher sowie der Nachlieferung von Elektrolysegas aus der Elektrolysezelle sowie Dosierungen von alternativen Materialien aus den Flüssigkeitsspeicher **FSP** (**16**) bewirkt werden.

III. Ausführungsbeispiele

[0104] Kleinwärmequelle mit Wasserstoffspeicher: Auf **Abb. 7a** ist die schematische Anordnung einer kleinen Wärmequelle mit zwei DBD-Reaktorzellen (**11**), einer plattenförmigen Nachreaktionskammer (**19**), ausgelegt als Wasserstoff-Rekombinator und Wärmetauscher (**13**) gezeigt, die einen Wasserstoff-Druckspeicher oder - Festbettspeicher als Brennstoffquelle nutzt. In der Anfahrphase steigt die Temperatur in den DBD-Reaktorzellen durch thermischen Verluste infolge der DBD-Entladungen (die Wechselspannungsquelle ist zur Übersichtlichkeit im Bild nicht gezeigt). Die schnelle Erwärmung wird unterstützt durch die im Rekombinator (**19**) freiwerdende Wärme, indem ein Umschaltventil auf Umlauf des Wärmeträgers auf direkten Umlauf geschaltet ist. Nach Erreichen der Betriebstemperatur in der DBD-Reaktorzelle (3[00 bis 4[00 °C) erfolgt der Umlauf des Wärmeträgers zusätzlich über den externen Verbraucher. Auf diese Weise werden sowohl die Überschusswärme und Wärmever-luste in den DBD-Reaktorzellen, wie auch die Rekombinationswärme von Wasserstoff in den nutzbaren Wärmekreislauf einbezogen.

[0105] Mittlere Wärmequelle mit getrennter SOEC Elektrolysezelle: Auf **Abb. 7b** ist das Schema einer mittleren Quelle von Heißdampf dargestellt, mit zwei Reaktorzellen (**11**), einer getrennten Elektrolysezelle (**15**) sowie Nachreaktionskammer (**19**) und Wärmetauscher (**13**). Der ersten DBD-Zelle (**DBD I**) wird das Gemisch aus Wasserdampf und Kathodengas zugeführt. Das Anodengas wird mit dem Kathodengas nach den DBD-Zellen im Rekombinator wieder exotherm zu Wasserdampf rekombiniert. Hierzu wird ein Kreislauf aus inertem Gas und Wasserdampf mit Hilfe des Lüfters zwischen Rekombinator und Wärmetauscher betrieben, in den Kathoden- und Anodengas eingespeist werden. Die Elemente Elektrolysezelle (**15**), DBD-Reaktorzellen (**11**) und Nachreaktionskammer sind wiederum - auf **Abb. 7b** nicht gezeigt - thermisch miteinander gekoppelt, so dass die Anwärmphase bis zum Erreichen der Betriebstemperatur - ähnlich wie im Beispiel Punkt **047** - durch anfängliches Abschalten des Verbraucherkreislaufs beschleunigt wird. Die Erwärmung erfolgt dann durch elektrische Verluste bei der Elektrolyse und bei den DBD-Entladungen, Freisetzung von Überschusswärme und Rekombinationswärme .

[0106] Autonome Kleinwärmequelle: Auf **Abb. 7c** ist eine autonom zu betreibende Wärmequelle bis 1kW Wärmeleistung gezeigt, die aus einem Rohr aus speziellem Dielektrikum mit hoher Dielektrizitätskonstante besteht (**1a**), das mit einer komplexen Partikel-Schüttung (Pos. **1c** und **4a**) gefüllt ist, wie in den Punkten **016** und **023** beschrieben sowie auf **Abb. 3c** dargestellt wurden. In das Rohr ragt eine Metallelektrode (**2b**). Das Rohr wird umschlossen von einer Metallelektrode (**2a**) mit Wasserkühlung, die mit dem Reservoir des Wärmetauschers (**13**) als Kreislauf gekoppelt ist. Das Rohr des Reaktors kann an ein externes System angeschlossen werden, um evakuiert und kontrolliert mit Wasserstoffgas aus einem Feststoffspeicher befüllt zu werden. Zur Wärmeerzeugung wird das Rohr von diesem Befüllsystem getrennt und kann längere Zeit separat betrieben werden. Die Schüttung im Reaktor ist ein Gemisch aus Wasserstoff speichernden Katalysator- und Metallpartikeln (wie in Punkten **020**, **021**, **022** und **023** beschrieben), Partikel von wasserstoffhaltigen chemischen Verbindungen (Punkt **019**) sowie Partikel von feldverstärkenden Dielektrika (Punkt **016**). Damit ist der DBD-Reaktor aus Materialien gemäß **P05**, **P06** und **P07** und einer komplexen Schüttung gemäß **P014**, **P15** und **P16** im DBD-Entladungsraum ausgestattet. Unterhalb der Schüttung befindet sich eine Metallplatte, seitlich begrenzt vom Dielektrikum,

welche der Kondensation von Hydrogen Cluster Material dient und zugleich das Potenzial über den gesamten Querschnitt konstant hält. In der Kleinwärmequelle integriert ist eine Festkörperschaltung, mit der gesteuert Pakete hochfrequenter Spannungsimpulse an die Elektrode im Rohr (**2b**) geleitet werden, die eine DBD-Entladungen mit zahlreichen Mikroentladungen zwischen den Partikeln auslösen, welche zu SGW-Übergängen und damit zur Freisetzung von Überschusswärme führen. Zeitdauer der Impulspakete und Wiederholungsfrequenz derselben regeln die freigesetzte Wärmeleistung, so dass die Reaktor- und Wassertemperatur in jeweils vorgegebenen Grenzen bleiben. Steuerelektronik und HF-Genertor können wahlweise mit Netzanschluss oder aus einem Akku autonom betrieben werden. Das Wasserstoffinventar im abgeschlossenen Reaktor ist für einen mehrmonatigen Betrieb ausreichend.

[0107] DBD-Wärmequelle mit Einspeisung aus einer SOEC: **Abb. 7d** zeigt das Schema einer DBD-Wärmequelle, die mit Heißdampfgemisch aus einer SOEC betrieben wird und einen Generator zur Erzeugung von Elektroenergie antreibt. Durch die Freisetzung von Überschusswärme mittels Anregung durch DBD-Entladung wird die Energiebilanz der SOEC-SFC-Kopplung deutlich verbessert, was einen wirtschaftlichen Einsatz dieses Prozesses ermöglicht.

Bezugszeichenliste

A	Anode, Anodengas
BHKW	Block-Heizkraftwerk
COP	Coefficient of Performance
DBD	Dielectric Barrier Discharge
DT	Dampfturbine
EZ	Elektrolysezelle
FSP	Flüssigkeitsspeicher
G	(Elektro)generator
GSP	Gasspeicher
HC	Hydrogen Cluster
K	Kathode, Kathodengas
LENR	Low Energy Nucler Reactions
M	Manometer
MSR	Mess- , Steuer- und Regeltechnik
NB	Nachbrenner
NRK	Nachreaktionskammer
QED	Quantenelektrodynamik
SBH	Strongly Bound Hydrogen
SGW	Stark Gebundener Wasserstoff
SP	(Wasserstoff-) Speicher
T	Temperatursensor
V	Vakuumpumpe

Bezugszeichen zur Bildbeschreibung

1:	Dielektrikum (Isolator) der DBD-Zelle
2:	Elektroden der DBD-Zelle; **2a** - isolierte Elektrode; **2b** - freie Gegenelektrode
3:	Hochspannungsquelle für die Anregung der DBD-Entladungen
4:	DBD-Entladungsraum
5:	Elektrolyt
6:	Anode
7:	Kathode
8:	Semipermeable Trennwand zwischen Anoden- und Kathodenraum
9:	Äußeres Gehäuse (auch Druckgehäuse) der Elektrolysezelle
10:	Wasserstoffspeicher
11:	DBD-Reaktorzelle(n)
12:	Nachbrenner
13:	Nachreaktionskammer mit Wärmetauscher
14:	Gebläse
15:	Elektrolysezelle
16:	Flüssigkeitsspeicher
17:	Gasturbine
18:	Generator zur Erzeugung von Elektroenergie
19:	Nachreaktionskammer

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2015/108434 A1 [0002, 0010]
- US 2017/0263337 A1 [0004]
- DE 102014014209 A9 [0008]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Levi et al., http://arxiv.org/abs/1305.3913v3: Parkhomov, A.G., Int. Journ. of Unconv. Science 7(3)(2015)68-72 und 8(3)(2015)34-38 [0002]
- R.L. et al., Journ. of Plasma Physics 79(2013) 489 [0002]
- Dönitz, W. et al.; Int. Journ. of Hydrogen Energy 5(1) (1980) 55-63; Isenberg, A.O.; Solid State Ionics 3-4 (1981)431-437 [0011]
- Schnurnberger, W.et a.; FVS Themen 2[004, Seiten 50-59 [0011]
- Reinecke, E.A. Et al.; Nuclear Engineering and Design, 230(2[004)49-59 [0012]
- P., et al., FZ Jülich; DE 19852951C2, 11.07.2 [002) [0012]

Patentansprüche

01. Der Patentanspruch 01 betrifft Verfahren, mit denen die Anregung von Wasserstoff in einer Gasentladung vom Typ Dielectric Barrier Discharge als eine Anregungsmethode genutzt wird, um in Verbindung mit der katalytischen Wirkung geeigneter Feststoffe und Gasbestandteile sowie der feldverstärkenden Wirkung von Nanopartikeln und speziellen Dielektrika den exothermen Übergang von Wasserstoff in seine stark gebundenen Zustände, hier als SGW-Zustände oder Hydrogen Cluster (HC-Zustände) bezeichnet, zur optimalen Freisetzung von Überschusswärme zu nutzen.

02. Verfahren nach Anspruch 01, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktor
- mit einem Gasdruck-Bereich von 1 bis 1[00 bar gefahren wird,
- die Erregerspannung im Bereich von 1 bis 20 kV und
- die Frequenz im Bereich von 10 kHz bis 2 MHz liegen. Die Anregung des DBD-Plasmas kann sowohl mit harmonischer Wechselspannung, wie auch mit Impulsspannungen der genannten Amplituden und Frequenzen erfolgen.

03. Anlagen, welche Verfahren nach den Ansprüchen 01 und 02 anwenden, **gekennzeichnet durch** den auf **Abb. 1** gezeigten prinzipiellen Aufbau mit den vier Anlagenkomplexen:
- A - Reaktor mit Reaktions- und Nachreaktionskammer,
- B - Anregung,
- C - Konditionierung und Kühlung sowie
- D - Kontrolle und Steuerung.

04. Anlagen nach dem Anspruch 03, die eine oder mehrere DBD-Reaktorzelle(n) mit folgenden Merkmalen besitzen:
- asymmetrischer, plattenförmiger Aufbau,
- symmetrischer, plattenförmiger Aufbau,
- vielschichtiger asymmetrischer, plattenförmiger Aufbau,
- vielschichtiger, plattenförmiger Aufbau mit mittigem Dielektrikum,
- röhrenförmiger Aufbau mit zentraler, im Dielektrikum eingebetteter Elektrode,
- röhrenförmiger Aufbau mit zentraler, stabförmiger, freiliegender Elektrode,
- Aufbau mit DBD-Entladungen längs der Oberfläche von Dielektrika; **dadurch gekennzeichnet**, dass sie geeignet sind zur Durchführung der Verfahren gemäß Anspruch 01, wenn bei ihrer Konstruktion und Nutzung mindestens eines oder mehrere der folgenden Kriterien erfüllt werden:
- Einsatz spezifischer Dielektrika im Bereich der DBD-Entladung,
- Einsatz spezieller Materialien für die Gegenelektroden im Kontakt zur Entladung,
- Einsatz von Katalysatoren und Promotoren,
- eine spezielle Konditionierung des gasförmigen Mediums im Entladungsraum,
- Einsatz von Strukturierungen von Metallen und Dielektrika im Nano- und Mikro- und Millimetermeterbereich,
- Wahl spezieller Anordnungen der Kopplung mehrerer DBD-Zellen untereinander sowie mit vor- und nachgelagerten Anlagenelementen zur Anregung und Nachbehandlung. Die vielfältigen geometrischen Formen und konstruktiven Varianten mit denen Reaktorzellen aufgebaut und betrieben werden können, sind Bestandteil dieses Patentes.

05. In Verfahren gemäß 01, 02 und Anlagen gemäß 03 **dadurch gekennzeichnet**, dass als Material der Gegenelektroden (2b) für die Freisetzung von Überschusswärme - auch als Target bezeichnet - elektrisch leitfähige Materialien infrage kommen,
- vorzugsweise Metalle mit guter Speicherfähigkeit für Wasserstoff, wie Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Pd, Ag, Au,
- wobei die Beladung der Elektroden mit Wasserstoff vor Beginn der DBD-Entladung die Freisetzung von Wärme aus SGW-Übergängen fördert,
- darüber hinaus sind auch andere Metalle wie Pb, Sb, Bi, Cd, W, In, Sn geeignet,
- neben Metallen können auch leitfähige Legierungen,
- Verbundwerkstoffe,
- Komposite auf Kohlenstoffbasis,
- Pulver und Schüttungen aus Gemischen von Metall und feldverstärkenden Dielektrika,
- sowie Metallschwämme
- und Oberflächenbeschichtungen auf den genannten Metallen.

06. In Verfahren gemäß 01 und 02 sowie Anlagen gemäß 03 können erfindungsgemäß bestimmte Oxidschichten auf der Targetoberfläche infolge ihrer katalytischen Wirkung zur Erhöhung der Wärmefreisetzung bei der DBD-Anregung führen. Das betrifft erfindungsgemäß insbesondere
- Schichten aus FeO, Fe_2O_3, CuO, Cu_2O_3, NiO, Ni_2O_3, ZrO_2 sowie CoO und Co_2O_3,
- und das gilt auch für Oxide von Legierungen, so zum Beispiel Co-Mg-Oxide, Ni-Mg-Oxide oder Cu-Mg-Oxide.

07. Verfahren gemäß 01 und 02 und Anlagen gemäß 03 die Nanostrukturen auf der Targetoberfläche oder im Entladungsraum zur Verstärkung der SGW-Übergangsraten nutzen, da diese zu einer lokalen Erhöhung der elektrischen Feldstärke und Elektronenstromdichte während der DBD-Entladungen führen, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- singuläre Partikel oder Schichten aus Nanopartikeln der Metalle Pd, Ag, Pt, Au, Ni und
- Nanopartikel ihrer Legierungen und Gemische,
- aber auch Nanopartikle anderer Metallen,

- sowie darüber hinaus auch nanopartikel auf Oberflächestrukturen im µm- und mm-Bereich auf der Targetoberfläche zum Einsatz kommen.

08. Die Verfahren gemäß 01 und 02 nutzen als Brennstoff erfindungsgemäß Wasserstoffatome, die durch die spezielle Form der Wechselwirkung zwischen dem DBD-Plasma im Entladungsraum (4) und dem Targetmaterial (2b) zur exothermen Bildung von SGW-Zuständen führen. Dies erfordert, erfindungsgemäß neben Wasser oder gebundenem Wasserstoff, die Präsenz von speziellen Wasserstoff-Katalysatoren, wie in 06 beschrieben. Eine entscheidende Rolle für die Größe der Übergangsraten in SGW-Zustände spielt die Konzentration von Radikalen H, OH sowie Eximeren und Exiplexen, die im DBD-Plasma gebildet werden.

09. In Verfahren gemäß 01 und 02 dienen als Ausgangsprodukte für den Brennstoff erfindungsgemäß
- die Oxide von Wasserstoff - H2O, D2O, T2O,
- oder ein Gemisch aus diesen Verbindungen,
- infrage kommen als Brennstoff auch andere andere Formen von gebundenem Wasserstoff - Hydride,
- absorbierter Wasserstoff im Metallgitter
- sowie andere wasserstoffhaltige chemische Verbindungen, wie Hydroxide, Salze, organische Verbindungen und weitere.

10. Verfahren gemäß 01, 02 und Anlagen gemäß 03 bei denen erfindungsgemäß zur Erhöhung SGW-Übergangsraten dem Medium im Entladungsraum (4) Oxyhydrogen aus einer separat betriebenen Elekrolysezelle zugeführt wird, gekennzeichnet dadurch, dass
- neben den Gasen H_2 und O_2 ein erhöhter Anteil von angeregten SpeziesHOH*, Peroxid H_2O_2, Ozon O_3,
- sowie - abhängig vom verwendeten Elektrolyten - auch Verbindungen von Alkali- oder Erdalkalionen in den Entladungsraum gelangen
- und der variable Betrieb der Elektrolysezelle - alternativ stationär, mit anpassbarer Stromstärke, oder mit Wechsel- bzw. Impulsspannung - als eine Steuerungsmöglichkeit für den Prozess der Freisetzung von Überschusswärme genutzt wird.

11. Verfahren und Anlagen gemäß 01 und 02 und Anlagen gemäß 03 in denen Oxyhydrogen aus einer Elektrolysezelle in unmittelbarem Kontakt zum DBD-Reaktor zum Einsatz kommt, gekennzeichnet dadurch,
- dass mit dem Elektrolysegas neben angeregten Spezies auch Radikale H und OH in den DBD-Entladungsraum gelangen, welche die Rate von SGW-Übergängen erhöhen,
- dass sie den herkömmliche Prozess der Wasserstoffverbrennung mit der Freisetzung von Überschusswärme durch SGW-Übergänge kombinieren,
- durch zusätzliche Injektion von Luft in den Verbrennungsraum Wasserstoff vollständig verbrennen,
- damit hohe Temperaturen >5[00 °C im ausströmenden Gas erzielen
- und die Reaktionsraten im nachfolgenden Nachreaktionsreaktor erhöht werden.

12. Verfahren gemäß 01 und 02 und Anlagen gemäß 03 bei denen erfindungsgemäß wasserstoffreiches Kathodengas, oder alternativ auch nur Anodengas, aus einer getrennten Elektrolysezelle oder Plasma-Elektrolysezelle in die DBD-Reaktorzelle zur verstärkten Generierung von SGW-Übergängen eingeleitet wird.

13. Verfahren 01 und 02 und Anlagen gemäß 03 bei denen erfindungsgemäß wasserstoffreiches Kathodengas, ein Gemisch aus Wasserstoff und Wasserdampf, aus einer Wasserdampf-Elektrolysezelle (SOEC) in die DBD-Reaktorzelle eingeleitet wird und den SOEC-SFC-Zyklus durch Generierung von Überschusswärme unterstützt.

14. Verfahren gemäß 01 und P02 und Anlagen gemäß 03, bei denen erfindungsgemäß zur Erhöhung der SGW-Übergangsraten Materialien als trennendes Dielektrikum (1) im Entladungsraum (4) eingesetzt werden, die über katalytische oder feldverstärkende Eigenschaften (piezoelektrisch, ferroelektrisch) verfügen.

15. Verfahren gemäß und 01 und 02 und Anlagen gemäß 03 bei denen erfindungsgemäß im Entladungsraum (4) Schüttungen aus Partikel-Gemischen eingesetzt werden, gekennzeichnet dadurch dass sie aus zwei oder mehr Komponenten aus der Palette von
- feldverstärkenden Dielektrika,
- katalytisch wirkenden Dielektrika,
- Wasserstoff enthaltenden Materialien und
- Metallpartikeln eingesetzt werden, wie sie in den Patentansprüchen 05, 06 und 07 detailliert beschrieben sind.

16. Verfahren gemäß 01, 02 und 06 und Anlagen gemäß 03, bei denen dem Medium im DBD-Entladungsraum oder den Katalysatorschichten Promotoren beigefügt werden, die den katalytischen Prozess des Übergangs in SGW-Zustände bei der DBD-Anregung unterstützen, **gekennzeichnet durch**
- Verbindungen der wasserstoffähnlichen Alkalimetalle Li, Na, K, Rb und Cs ,
- sowie Verbindungen der Erdalkalimetalle Mg, Ca, Sr und Ba.

17. Verfahren gemäß 01 und P02 und Anlagen gemäß 03, bei denen der DBD-Reaktorzelle ein Nachbrenner nachgeschaltet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass diesem
- zusätzlich zum Ausstoß aus der DBD-Reaktorzelle
- alternativ Luft,
- Sauerstoff,

- Anodengas
- oder alternative Medien, wie in Punkt 038 beschrieben, zugeführt werden.

18. Verfahren gemäß 01 und 02 und Anlagen gemäß P03, bei denen erfindungsgemäß eine Nachreaktionskammer vorgesehen ist, wahlweise direkt hinter der DBD-Zelle angeordnet oder, bei Einsatz eines Nachbrenners, nach letzterem, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- die Nachreaktionskammer die Funktion eines Rekombinators übernehmen, indem Wasserstoff nach Durchlauf durch die Reaktorzelle(n) mit Luftsauerstoff exothern, autokatalytisch zu Wasser rekombiniert wird und die Funktion des Nachbrenners entfällt,
- und diese Funktion konstruktiv gekoppelt werden mit der Funktion eines Wärmetauschers zur Abführung der Nutzwärme und Kühlung.

19. Verfahren gemäß 01 und 02 und Anlagen gemäß 03, bei denen gemäß Patentanspruch 12 Wasserstoff-Dampf-Gemisch als Kathodengas aus einer getrennten Plasma-Elektrolysezelle in die DBD-Reaktorzelle zur Induzierung von SGW-Übergängen geleitet wird und in einem nachgeschalteten Rekombinator das Kathodengas mit dem Anodengas aus der Plasma-Elektrolysezelle autokatalytisch zur exothermen Verschmelzung zu Wasser gebracht wird.

Es folgen 19 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

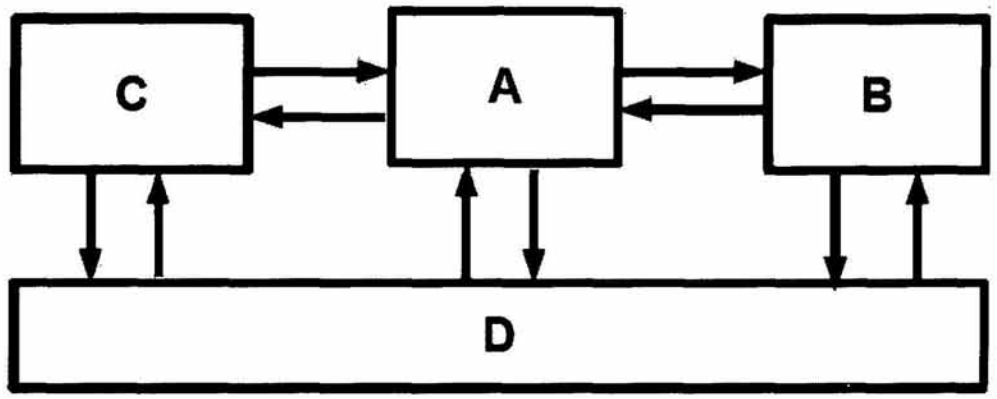


Abbildung 1

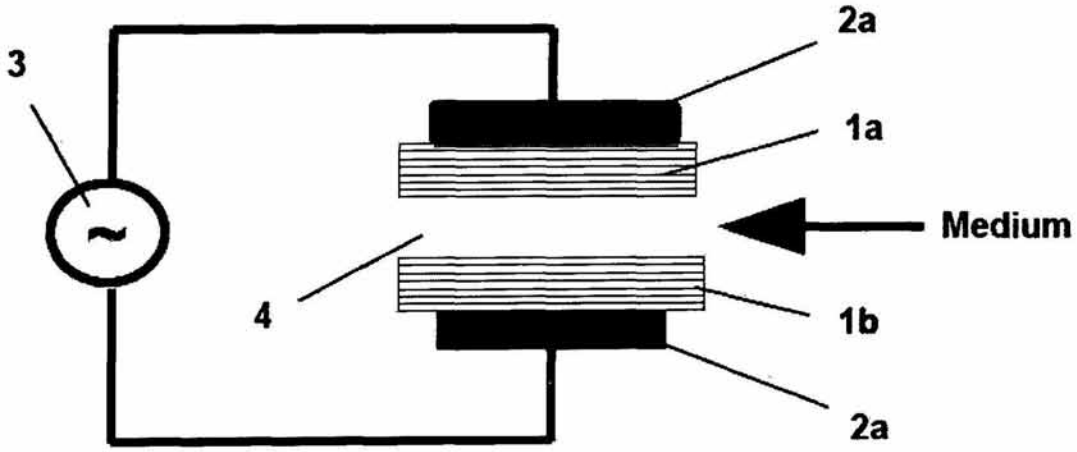


Abbildung 2a

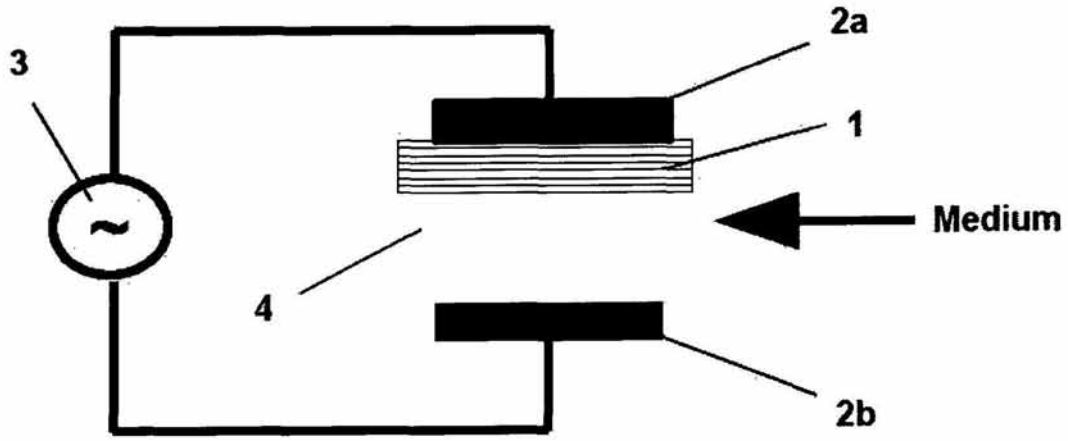


Abbildung 2b

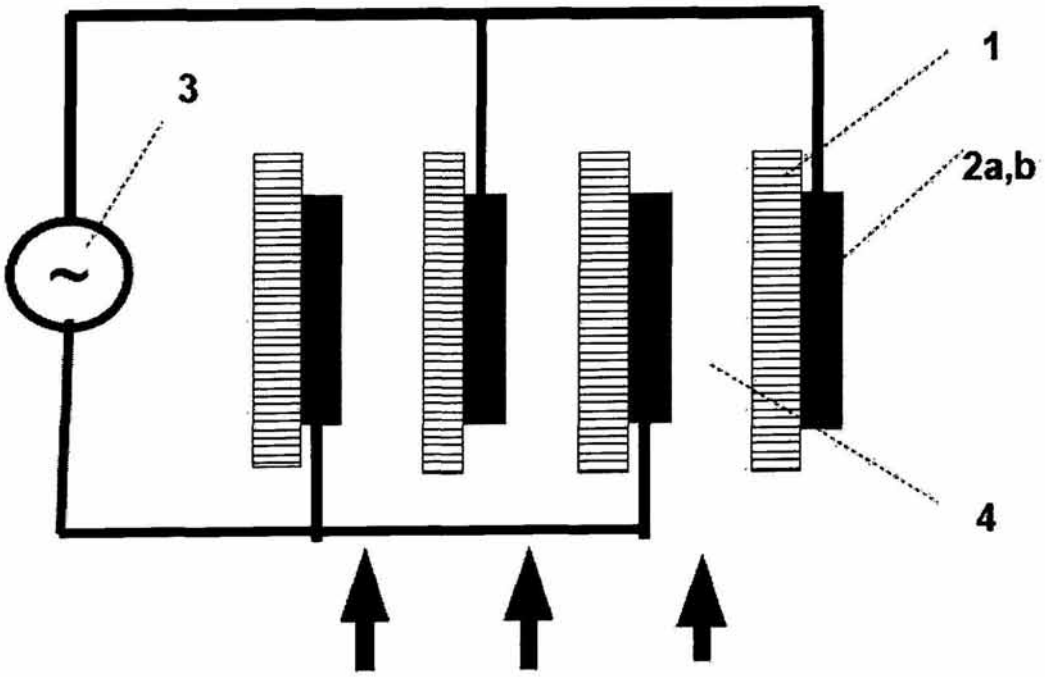


Abbildung 2c

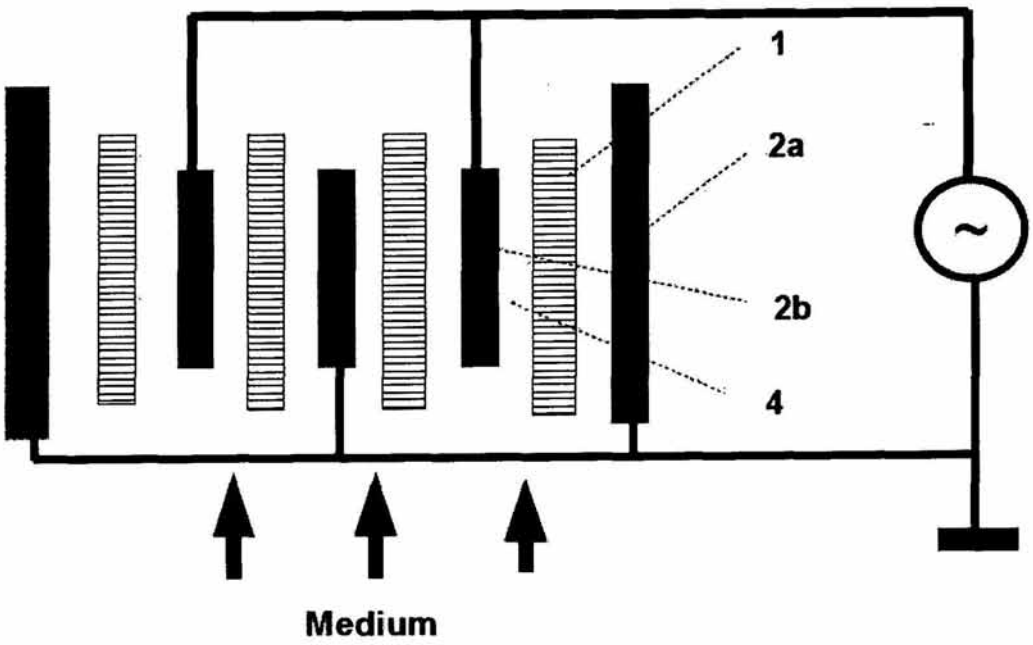


Abbildung 2d

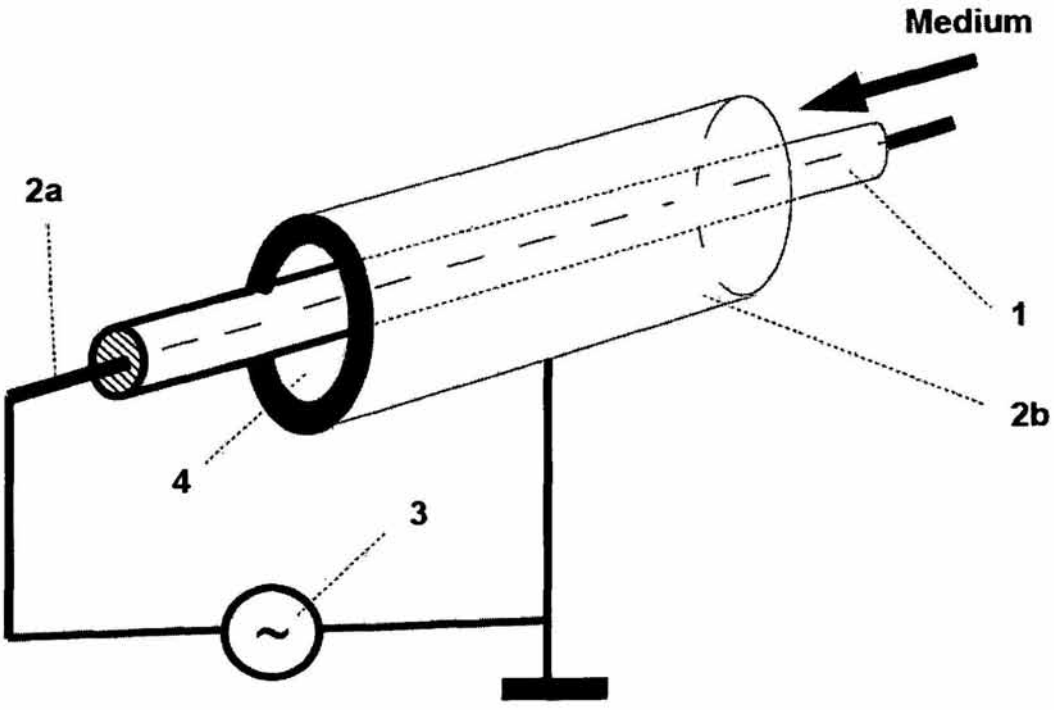


Abbildung 2e

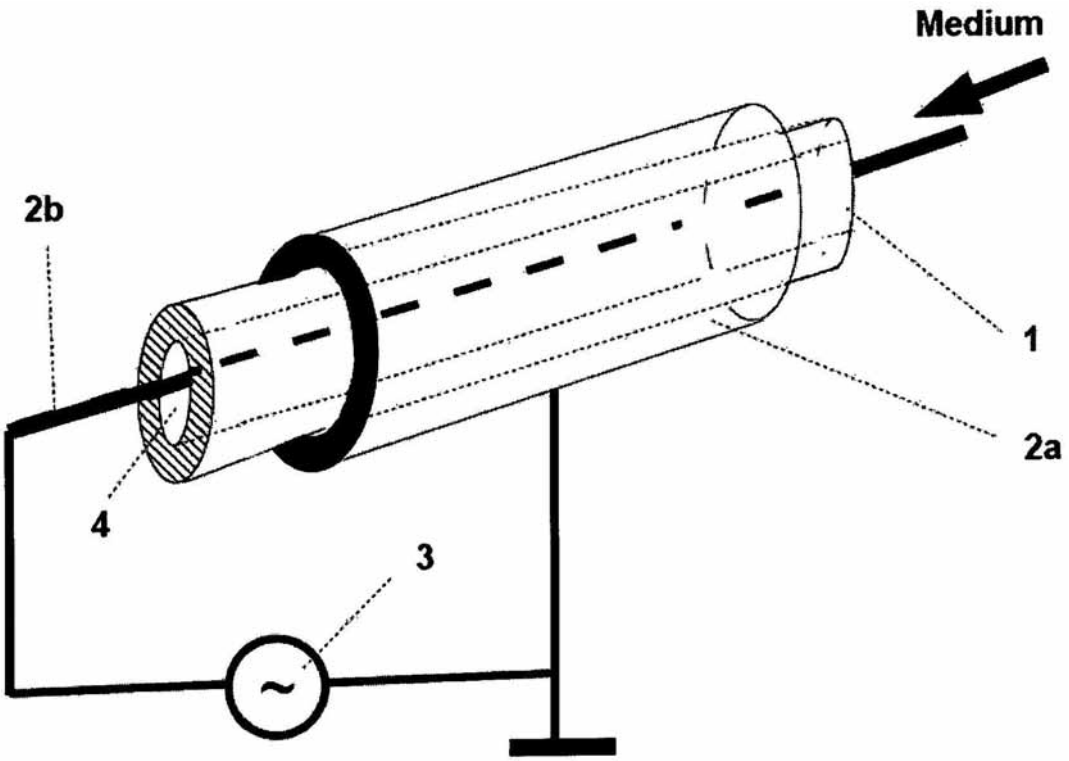


Abbildung 2f

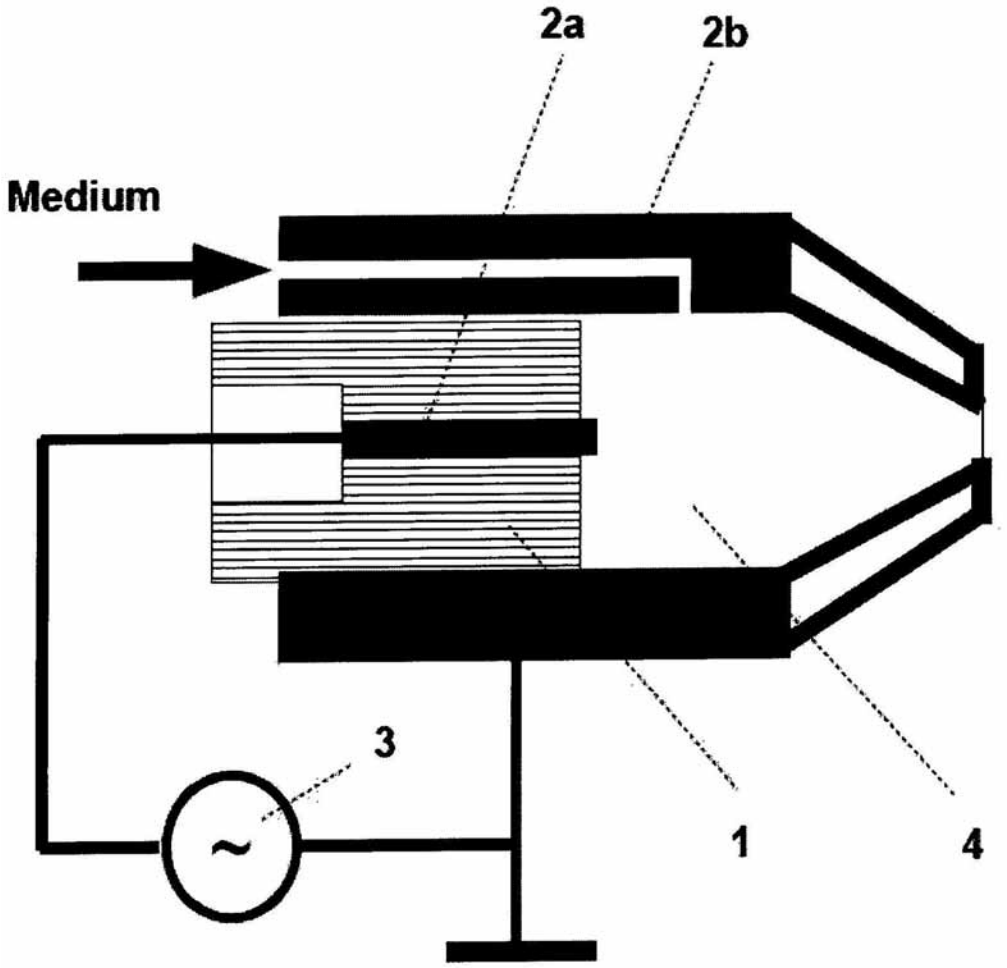


Abbildung 2g

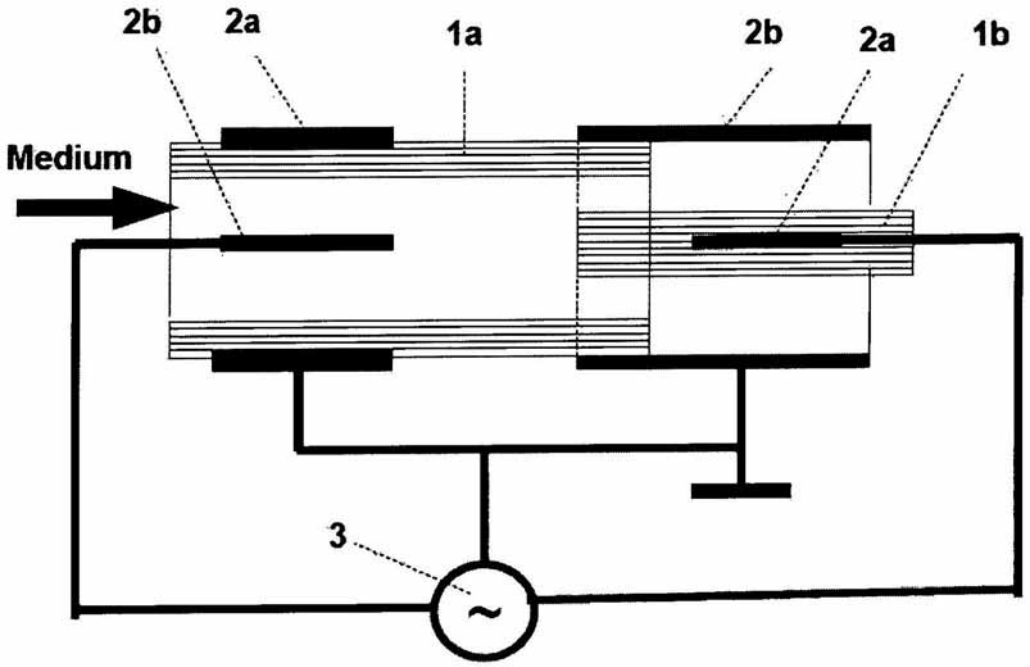


Abbildung 3a

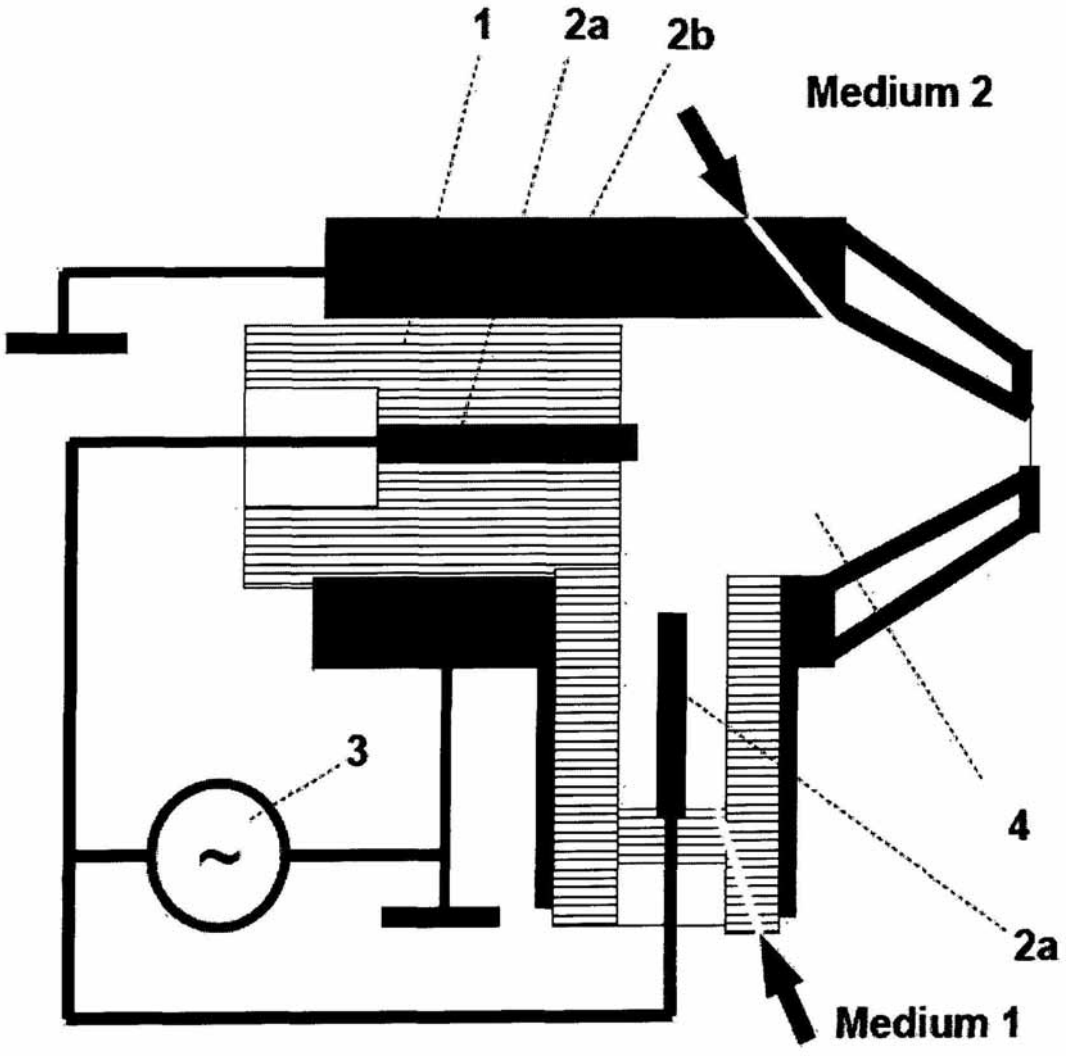


Abbildung 3b

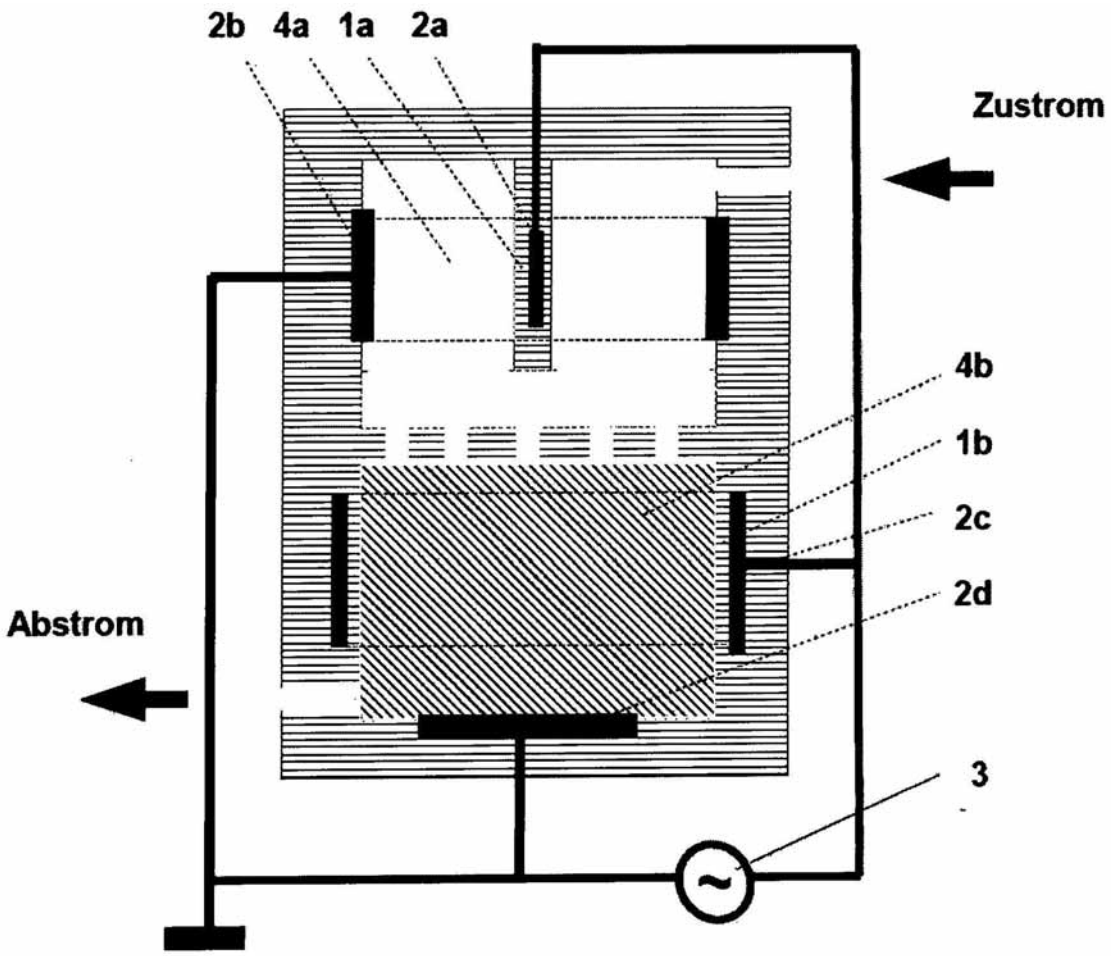


Abbildung 3c

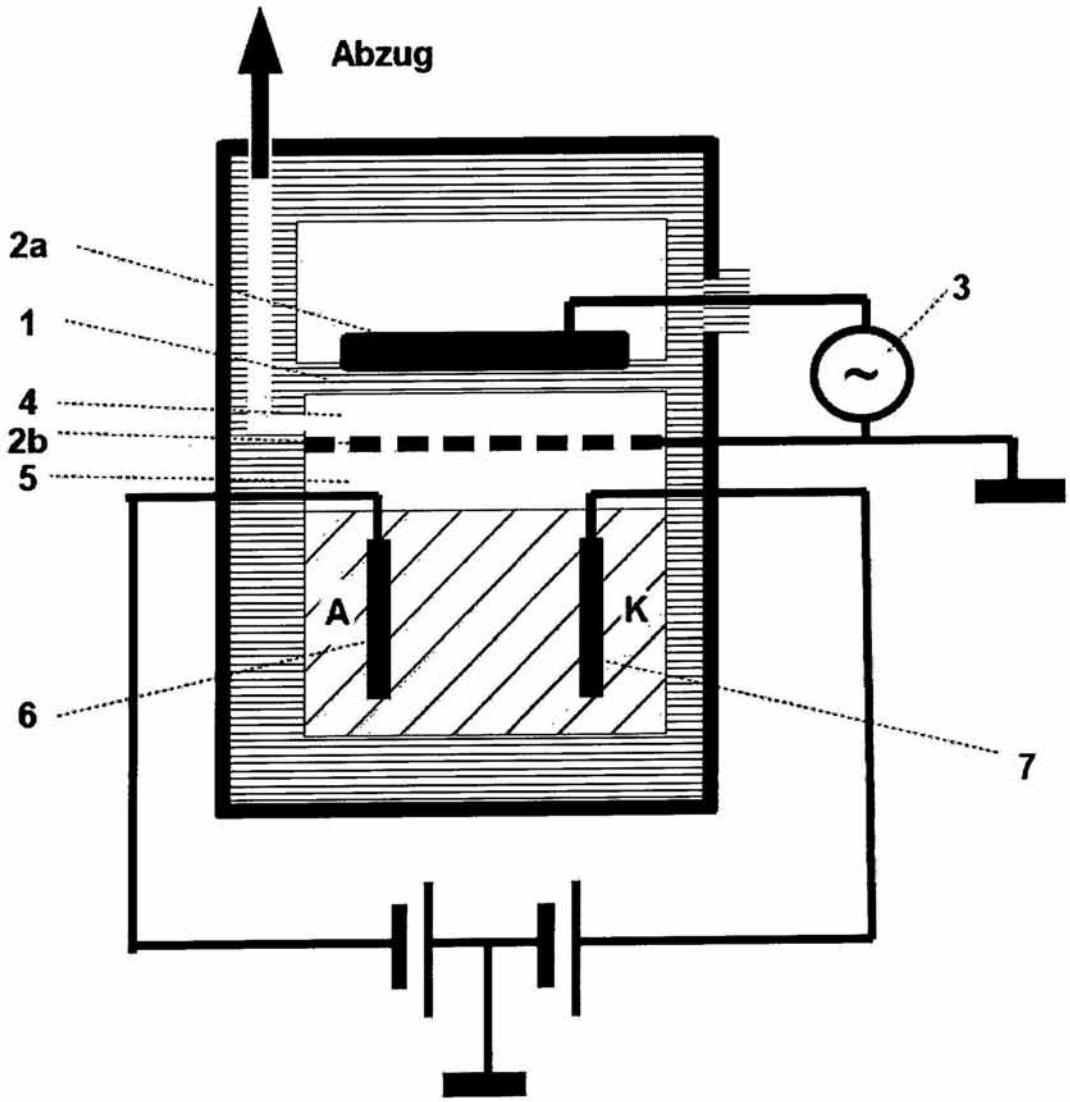


Abbildung 4a

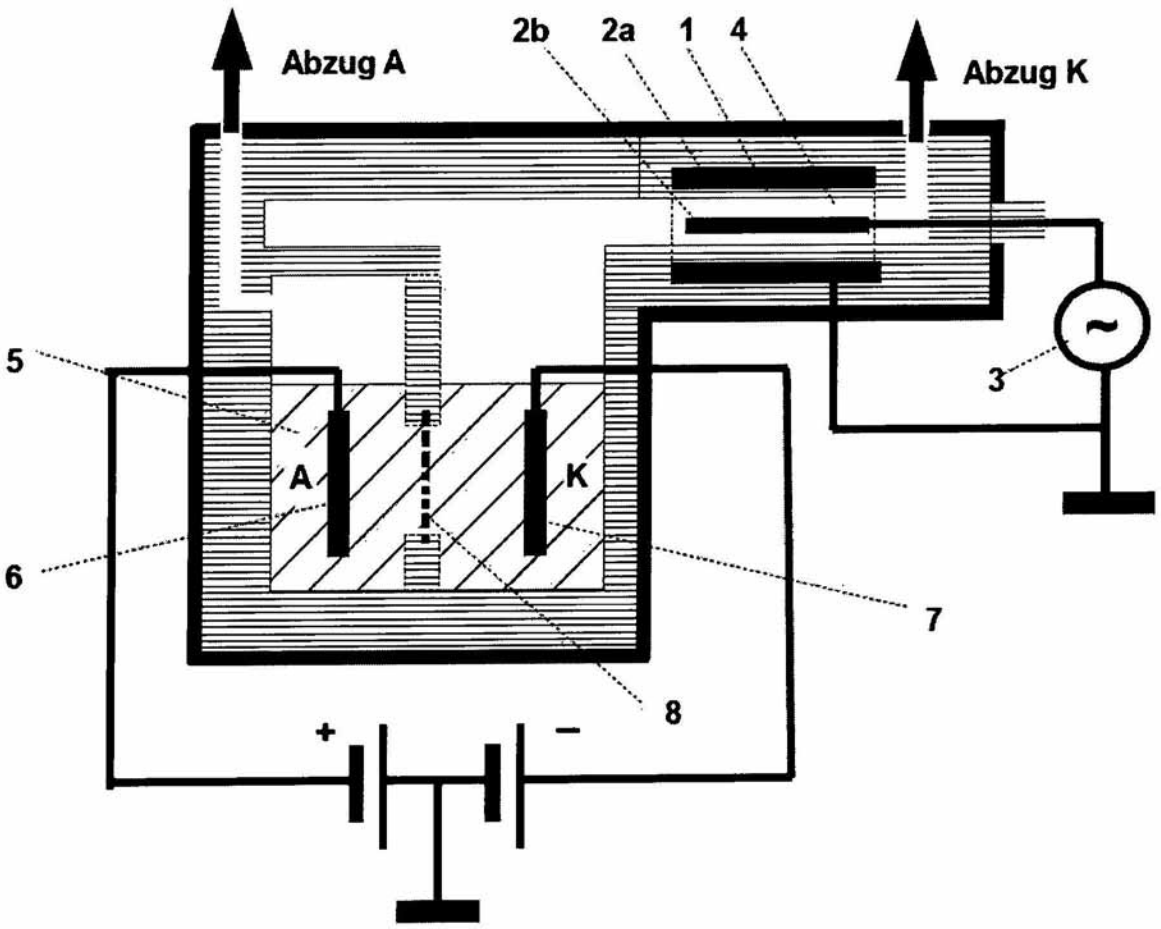


Abbildung 4b

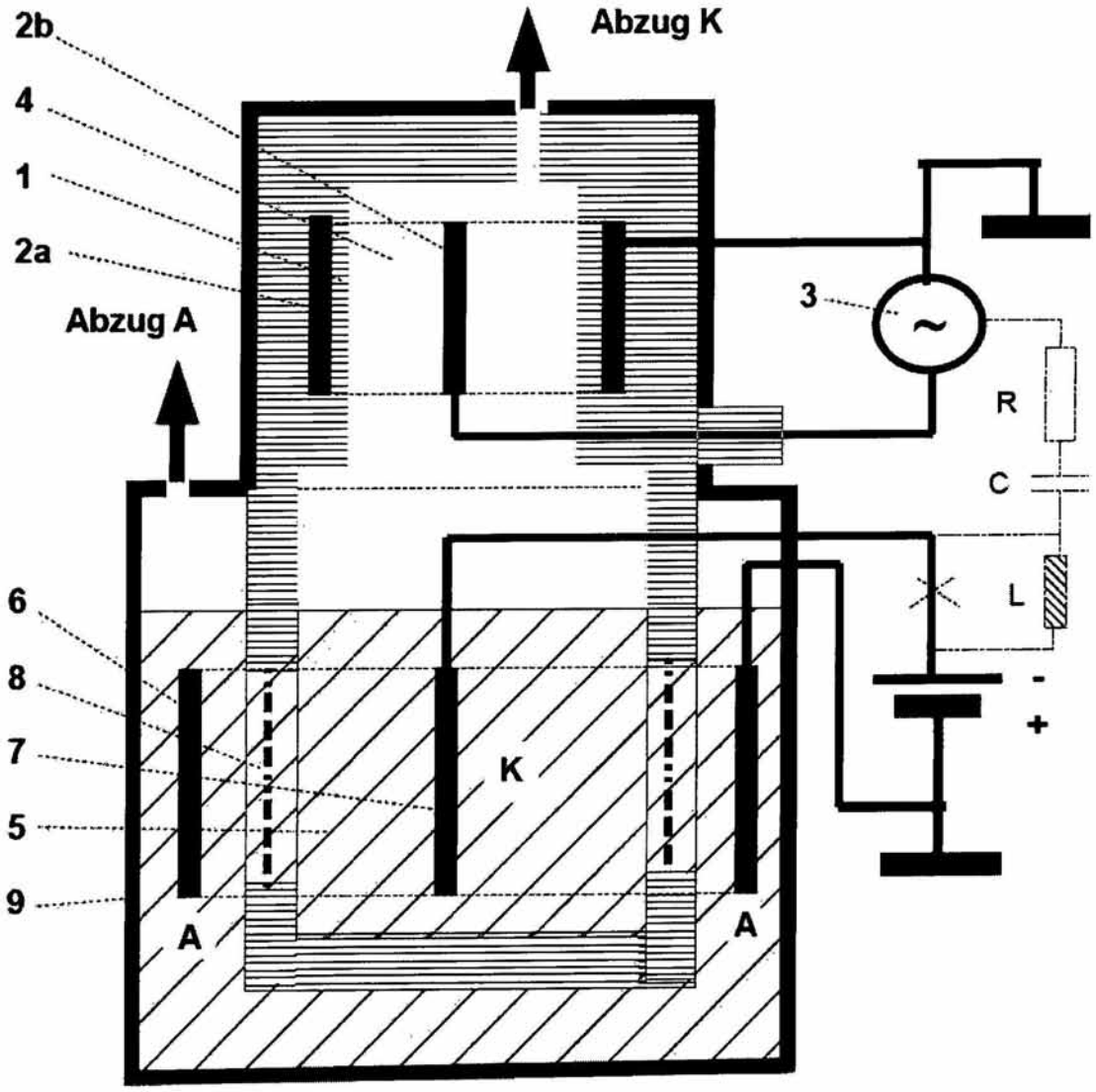


Abbildung 4c

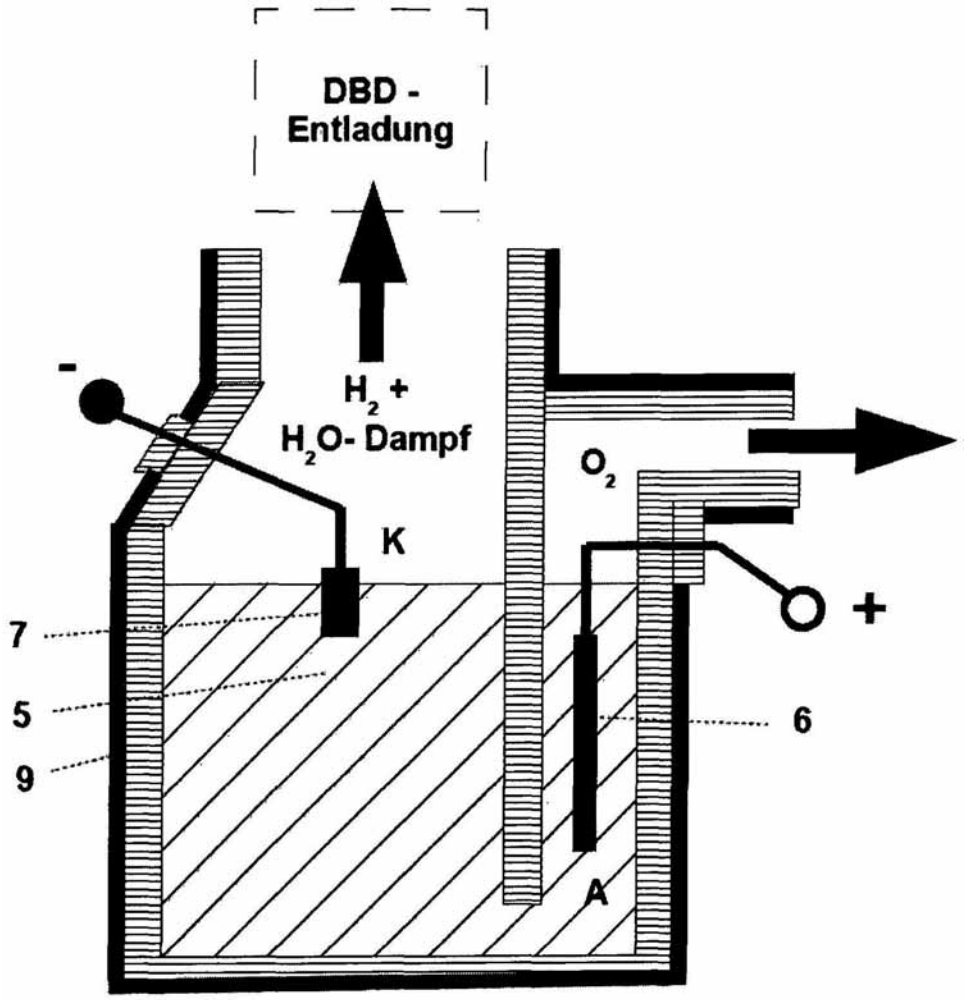


Abbildung 4d

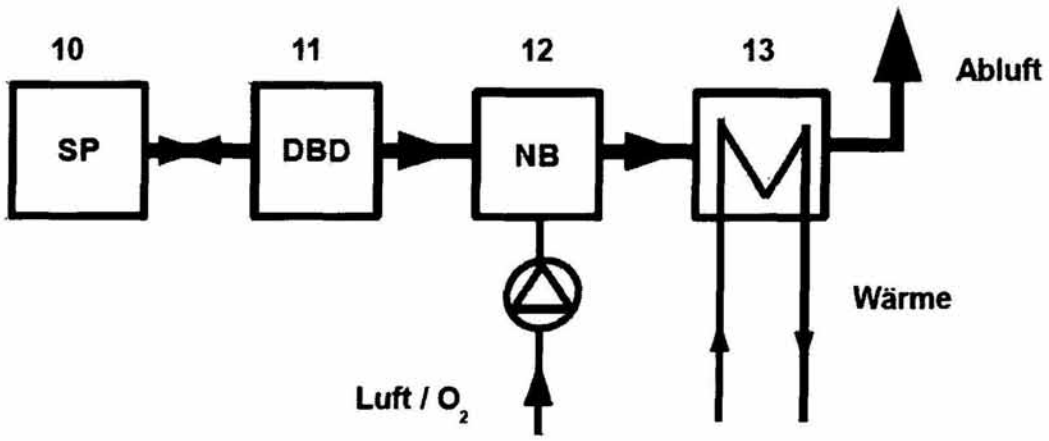


Abbildung 5a

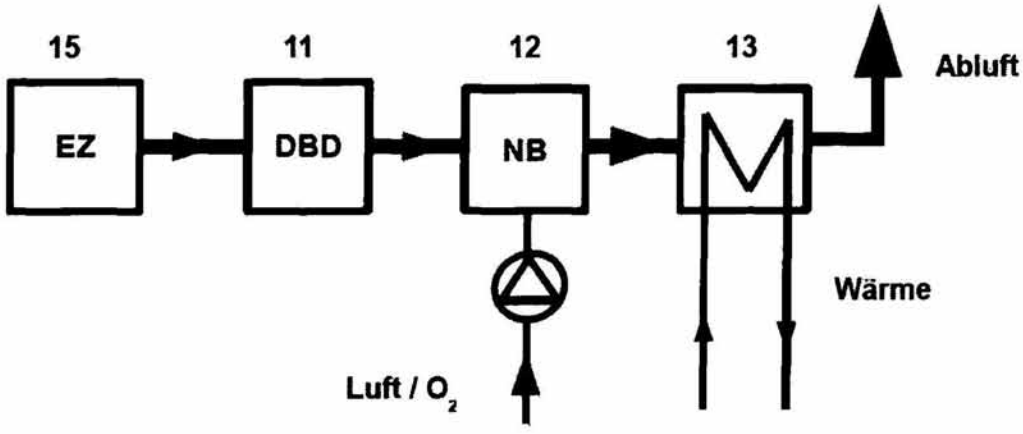


Abbildung 5b

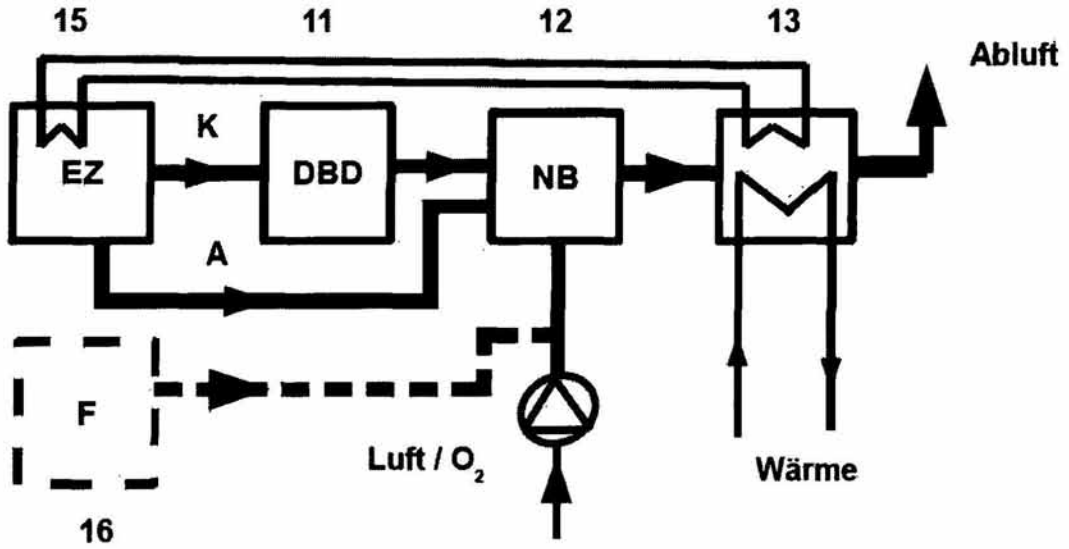


Abbildung 5c

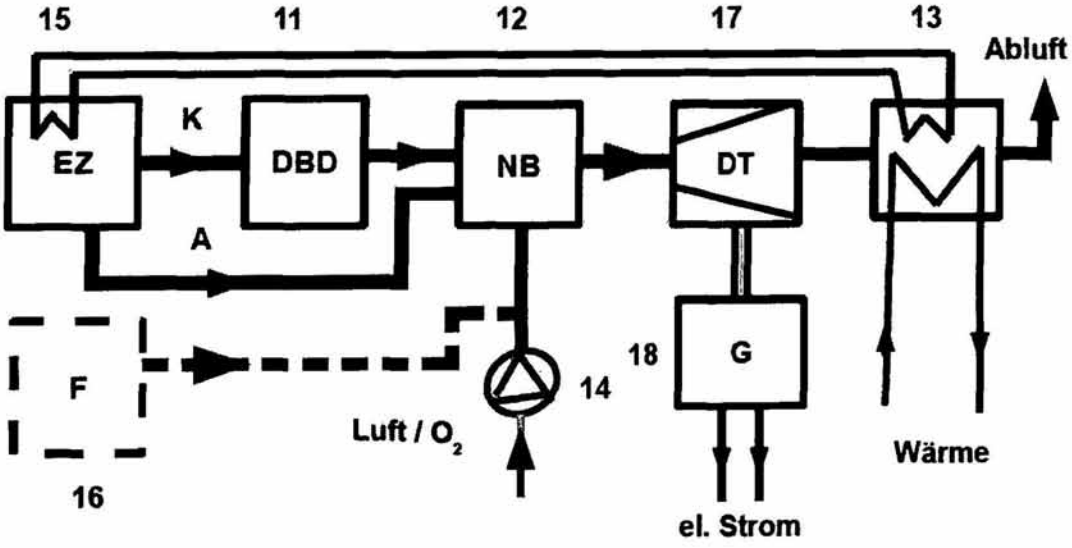


Abbildung 5d

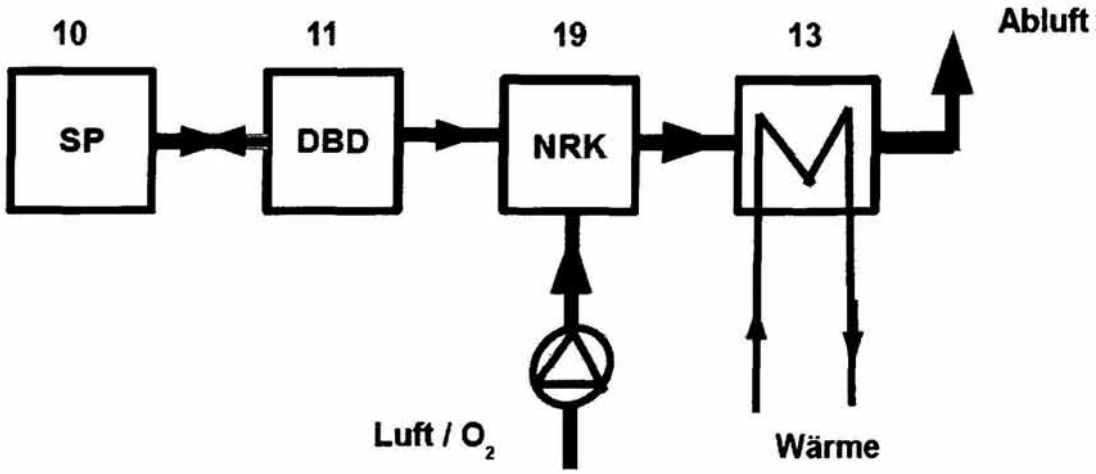


Abbildung 5e

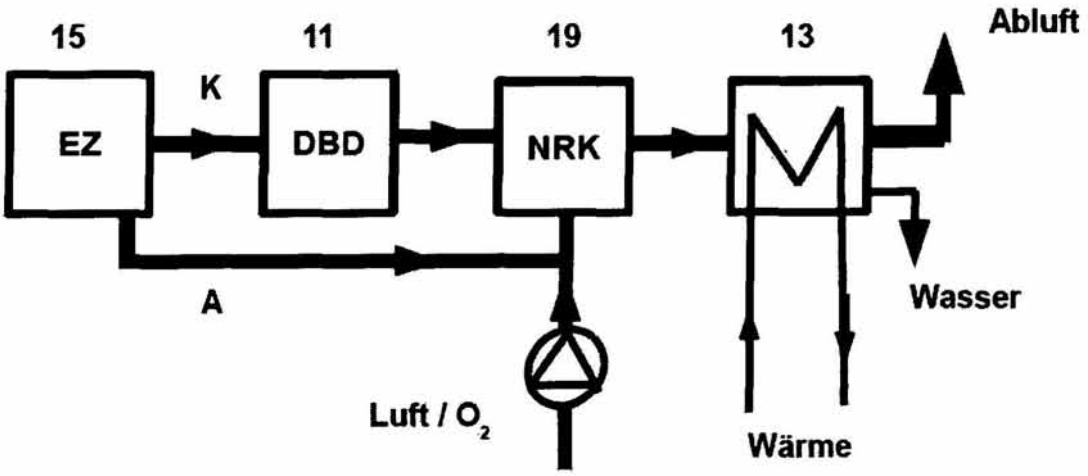


Abbildung 5f

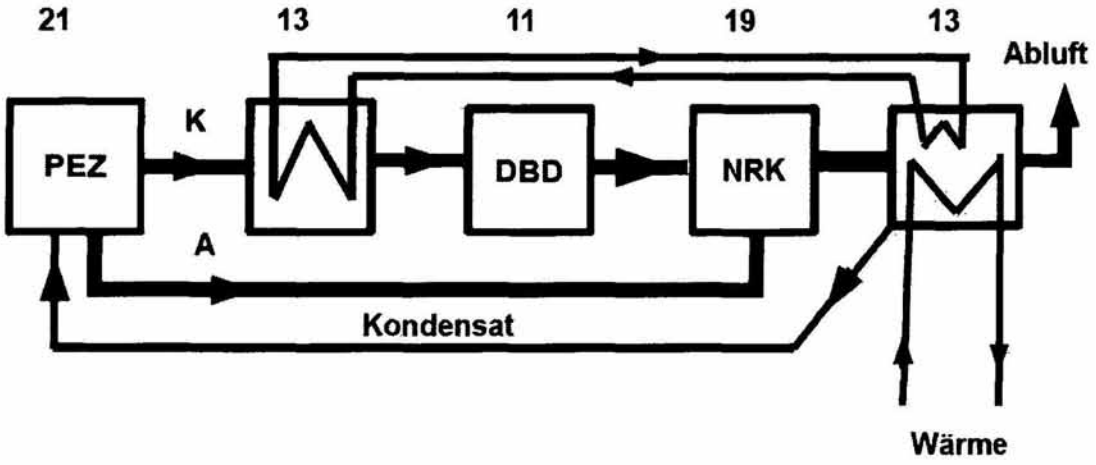


Abbildung 5g

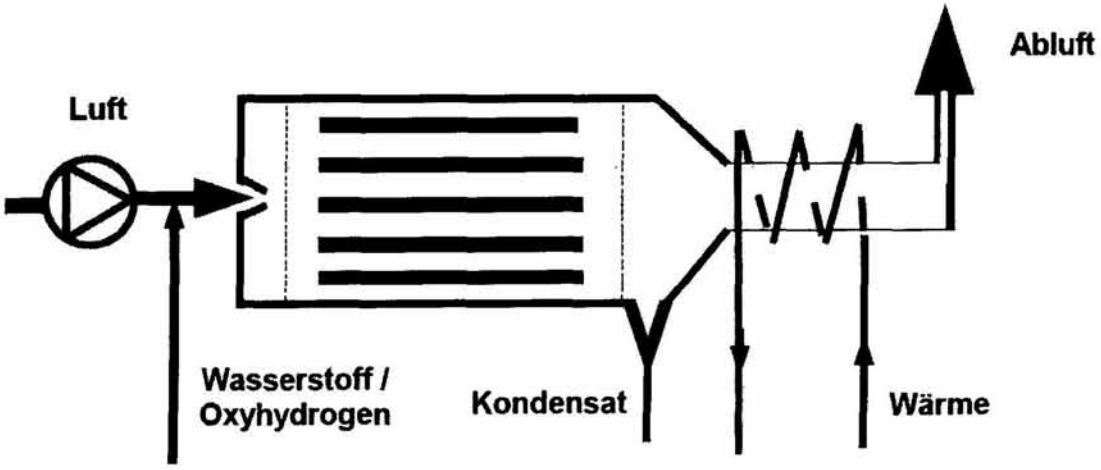


Abbildung 6a

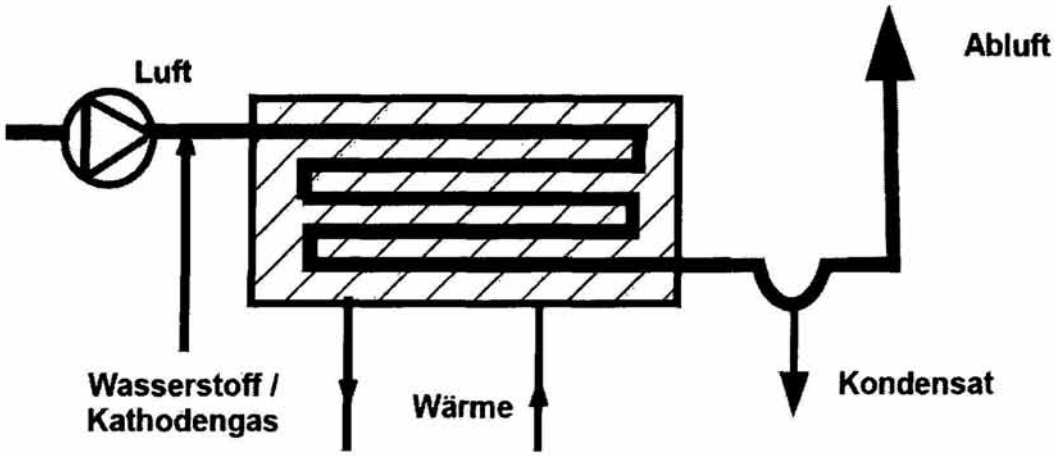


Abbildung 6b

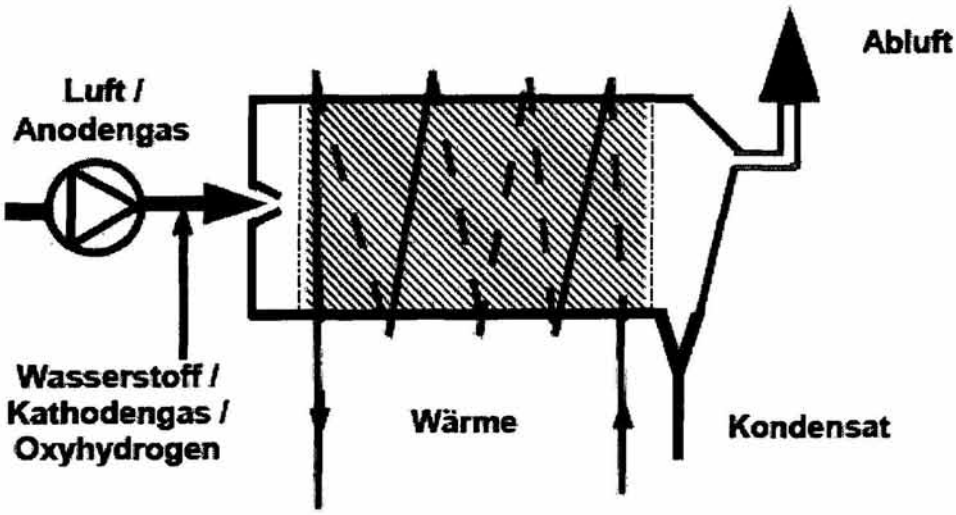


Abbildung 6c

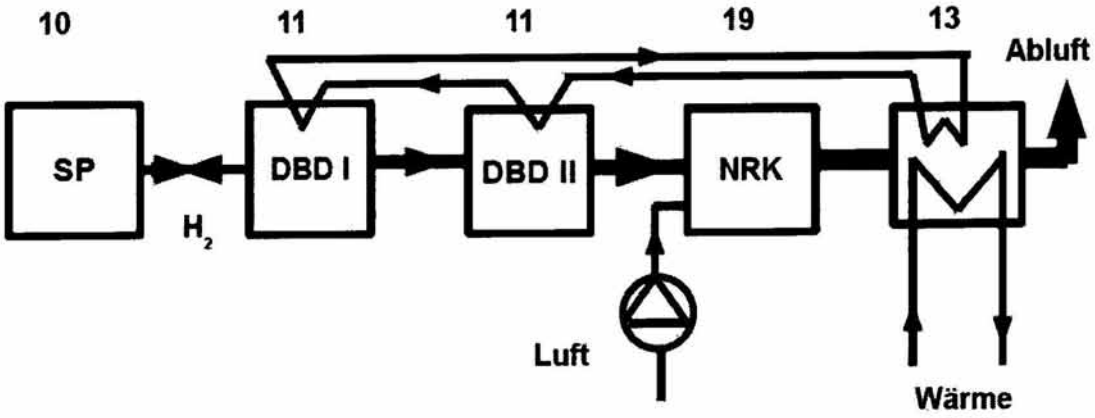


Abbildung 7a

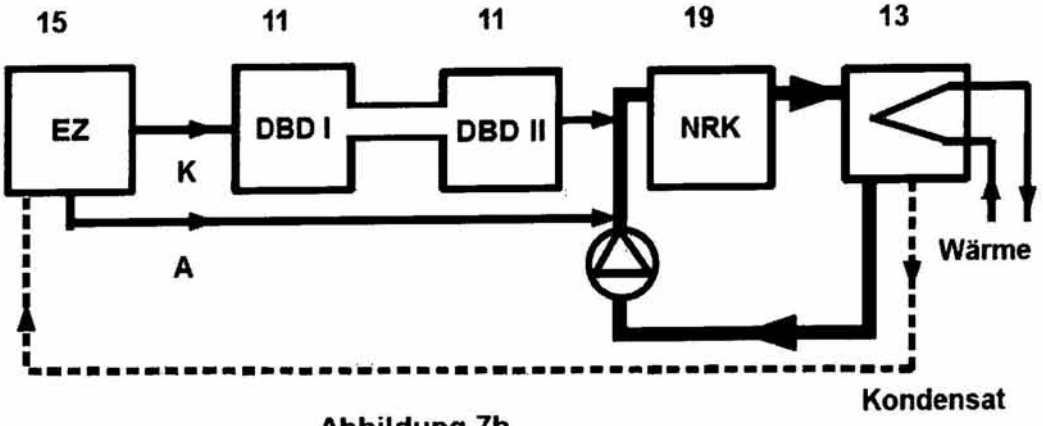


Abbildung 7b

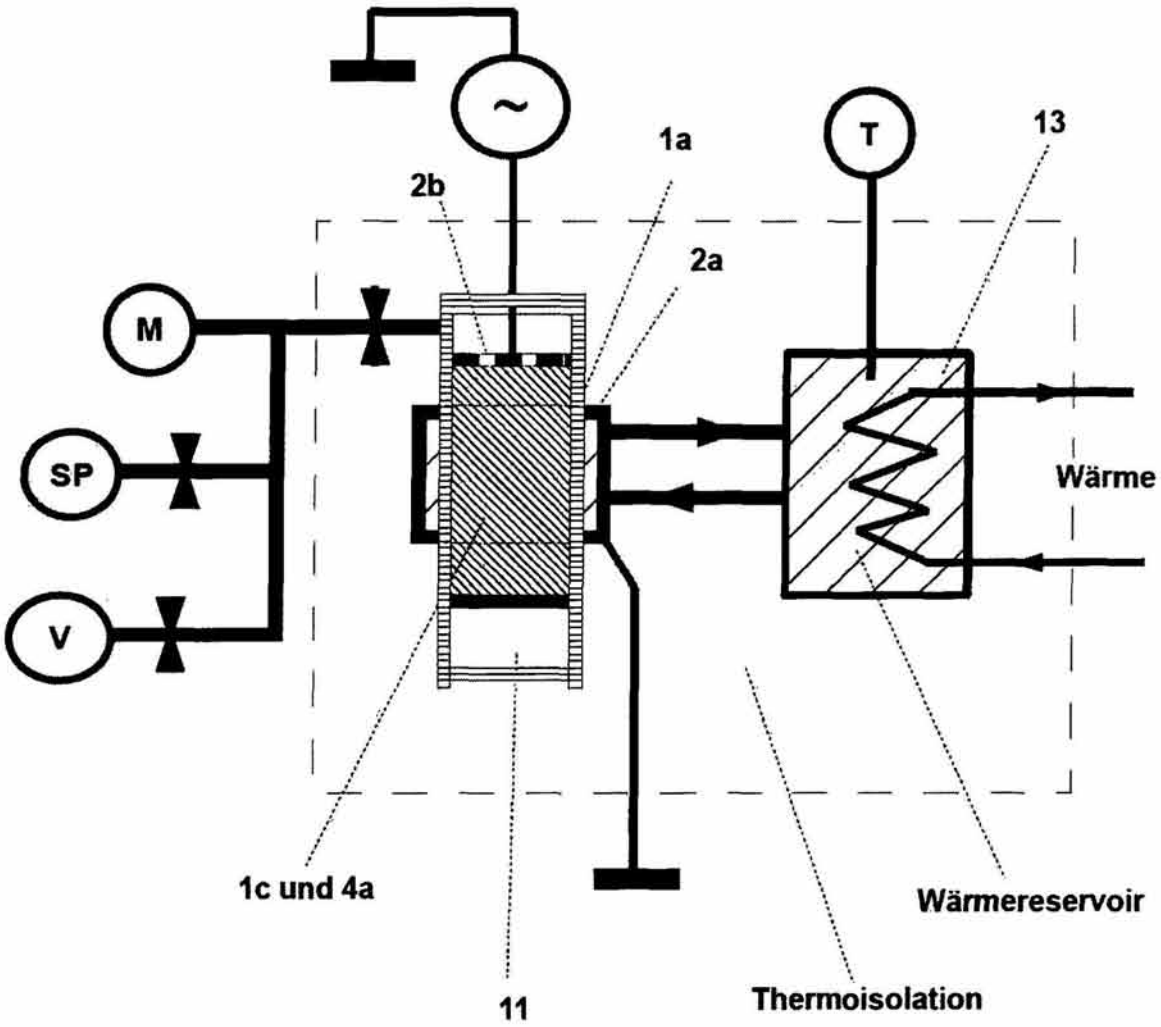


Abbildung 7c

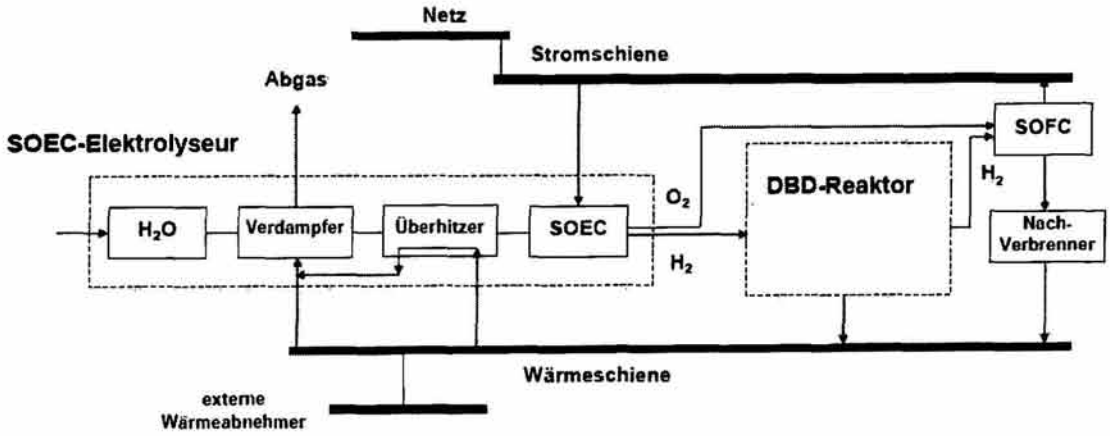


Abbildung 7d