



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 102 690.3**  
(22) Anmeldetag: **04.02.2019**  
(43) Offenlegungstag: **22.08.2019**

(51) Int Cl.: **B01J 19/10 (2006.01)**  
**B01J 19/08 (2006.01)**  
**F24V 40/00 (2018.01)**  
**G21B 3/00 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:  
**10 2018 103 567.5 16.02.2018**

(74) Vertreter:  
**RAUSCHENBACH Patentanwälte GbR, 01187  
Dresden, DE**

(71) Anmelder:  
**Seeliger, Dieter, 01309 Dresden, DE; Stiegler,  
Thomas, 09306 Zettlitz, DE**

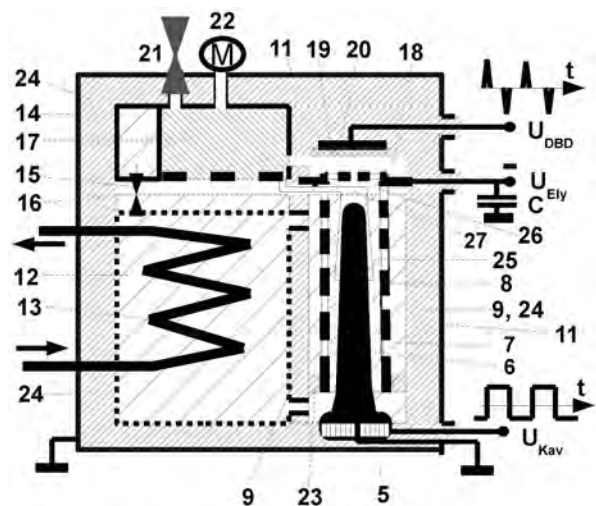
(72) Erfinder:  
**Seeliger, Dieter, 01309 Dresden, DE; Stiegler,  
Thomas, 09306 Zettlitz, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Anordnung zur Wärme­gewinnung mittels Kavitation und ihrer Kombination mit anderen Anregungsverfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Wärme­gewinnung mittels Kavitation in wässrigen Medien aus exothermen, metallgitter­gestützten, elektromagnetischen Reaktionen von Wasserstoff als Brennstoff. Weiterhin betrifft die Erfindung eine geeignete Materialauswahl für das Verfahren, die vorteilhafte Kombination von Kavitation mit Elektrolyse, Gasentladung und katalytischer Rekombination sowie die Kontrolle und Steuerung der Prozesse. Eine Anordnung, dargestellt auf Abbildung 4, zeigt beispielhaft die Anwendung des Verfahrens als kompakte, transportable Kleinanlage. Ultraschall wird im piezoelektrischen Generator 5 erzeugt, über den Emitter 6 in das Kavitationsmedium 7 geleitet und löst Kavitation aus. Target 8, Emitter 6 und Kavitationsmedium 7 dienen gleichzeitig als Elektrolysezelle in-situ zur Unterstützung der exothermen Reaktionen. Die Stirnfläche des Targets 8 bildet mit Genelektrode 20, Dielektrikum 19 und Gasentladungsraum 18 eine Kammer in der das Kathodengas 26 eine DBD-Entladung als Nachreaktion durchläuft. Im Rekombinator 17 erfolgt die katalytische Rekombination von Kathodengas 26 und Anodengas 27 zu Wasser.



**Beschreibung**

Technisches Gebiet und Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur effektiven Wärmeerzeugung und eine Anordnung zur Wärmeerzeugung unter Nutzung exothermer Reaktionen von Wasserstoff als Brennstoff. Weiterhin betrifft die Erfindung eine geeignete Materialauswahl, die vorteilhafte Kombination von Anregungsmethoden sowie die Steuerung zur Kontrolle der effektiven Wärmeerzeugung.

**[0002]** Grundlage der in diesem Verfahren genutzten exothermen Reaktionen von Wasserstoff sind metallgitterunterstützte elektromagnetische Prozesse, die zum exothermen Übergang von Wasserstoffatomen in energetisch günstige, räumlich äußerst kompakte Zustände führen, in denen nachfolgend exotherme elektro-schwache Wechselwirkungen zwischen den Wasserstoffkernen möglich werden. Bei der Wechselwirkung zwischen den Bestandteilen dieser kompakten Zustände von Wasserstoff infolge von Stoß- und Resonanzprozessen, aber auch zwischen Bestandteilen dieser kompakten Zustände und Atomen des Metallgitters, können neben den elektro-schwachen auch exotherme elektro-starke Wechselwirkungen ablaufen. Die Gesamtheit dieser vielfältigen metallgitterunterstützten exothermen Prozesse von Wasserstoff in Form eines seiner drei Isotope - Protium, Deuterium und Tritium - oder eines Isotopengemischs aus diesen, bilden die physikalische Grundlage für die Wärmeerzeugung gemäß dieser Erfindung.

**[0003]** Ausgelöst werden die metallgitterunterstützten exothermen Reaktionen mittels Kavitation in wässrigen Medien vor Metalloberflächen, bei der hochenergetische Teilchenjets aus dem Kavitationsmedium in die Metalloberfläche injiziert werden. Verstärkt werden diese Prozesse gemäß der Erfindung wahlweise durch geeignete Materialauswahl und Strukturierung der Festkörperoberfläche, spezielle Konditionierung des Kavitationsmediums sowie die unterstützende Wirkung elektrokatalytischer und elektrochemischer Prozesse.

**[0004]** Die Wärmefreisetzung infolge der in 001 bis 003 genannten elektromagnetischen Kondensationsprozesse sowie der nachfolgenden elektro-schwachen Reaktionsprozesse liegt deutlich über dem für die Anregung aufgewandten Energieeinsatz und deutlich über der aus bekannten chemischen und elektrochemischen Umwandlungsprozessen zu erwartenden Energieausbeute. Zielstellung der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Anordnung aufzuzeigen, die eine optimale technische Beherrschung und Nutzung dieses Phänomens ermöglichen, welches potenziell von grundlegender

Bedeutung für die künftige nachhaltige und umweltfreundliche Energiegewinnung werden könnte.

**[0005]** Im Jahr 1989 erschienen Berichte über sporadisch auftretende außerordentliche Wärmeeffekte bei der elektrolytischen Beladung von Pd mit Deuteronen, die von den Autoren als Folge von nuklearen DD-Fusionsreaktionen interpretiert und daher unter dem Begriff „Kalte Fusion“ bekannt wurden. Diese Interpretation stieß auf massive Kritik in der Fachwelt, da u.a. weder die notwendige Überwindung der Coulombbarriere bei geringen Temperaturen, noch das Fehlen charakteristischer Gammastrahlung erklärt werden konnten und die experimentellen Effekte zunächst nicht reproduzierbar erschienen. Gleichwohl konnten die experimentell beobachteten außerordentlichen Wärmeeffekte in den folgenden Jahren von vielen Gruppen unabhängig bestätigt werden. Der angenommene Mechanismus einer DD-Fusion infolge starker Wechselwirkung zwischen zwei Deuteronen im Palladiumgitter konnte nicht bestätigt werden. Die vorliegende Erfindung basiert nicht auf der Annahme des Ablaufs einer „Kalten Fusion“!

**[0006]** Ab den 1990-er Jahren erschienen international zunehmend Berichte über das Auftreten von außerordentlichen Wärmeeffekten in anderen Metall-Wasserstoff-Systemen, bei anderen Anregungsmechanismen und auch für das Wasserstoffisotop Protium. Beispiele sind Experimente mit Ni-Proben in erhitztem H<sub>2</sub>-Gas (S. Focardi et al., I1 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), Metall-Wasserstoff-Systeme in Plasmaentladungen (Mills, R.L., Lu, Y, Eur. Phys. Journ. 64(2011)65, Piantelli EP 000002368252 B1) oder bei der Plasmaelektrolyse (Bazhutov et al. WO 2015/108434 A1). Diese Phänomene werden als Low Energy Nuclear Reactions (LENR) bezeichnet, auch als Chemically Assisted Nuclear Reactions (CANR), Lattice Assisted Nuclear Reactions (LANR) u.a.

**[0007]** Erkenntnisse zu geeigneten Materialien für die Auslösung von LENR-Prozessen, deren Zusammensetzung, Strukturierung und Konditionierung, sind umfangreich in einigen Tausend Originalarbeiten (Bibliografie CANR-Organization: <http://lenr-canr.org/Complete Bibliography>), Übersichtsartikeln (S.B. Krivit: „Energy: Review of Low-Energy Nuclear Reactions“, Elsevier Inc. 2013 u.a.), Monographien u.a. von G.H. Miley oder E.K. Storms und offengelegten Patentschriften (Piantelli, EP 000002368252 B1, Rossi US9 115 913 B1 Aug.25 2015 u.a.) verfügbar und bilden den wissenschaftlichen Hintergrund für die vorliegende Erfindung bezüglich des Phänomens LENR. Zahlreiche Firmengründungen weltweit verfolgen das Ziel der praktischen Nutzung von LENR-Effekten (genannt seien beispielhaft: Brillouin Energy, Brilliant Light Power, Leonardo Corporation, Nischen-

ergy S.R.L., Clean Planet Inc., Industrial Heat LLC, Lenuco sowie F/E-Gruppen bei Konzernen wie Airbus, Boeing, Mitsubishi, Nissan u.a.).

**[0008]** Zahlreiche theoretische Modelle und Erklärungsansätze von LENR-Prozessen gehen davon aus, dass die Freisetzung von Überschusswärme auf bisher unbekannte elektromagnetische Umwandlungsprozesse in Wasserstoffatomen unter Einfluss dynamischer Prozesse der Elektronen im Metallgitter, oder auf eine vermutete innere Struktur von Elektronen zurückzuführen sind, die schwache Wechselwirkungen, wie den Elektroneneinfang in Protonen, ermöglichen. Starke nukleare Umwandlungen finden danach nicht oder nur als sekundäre Prozesse statt. Einige dieser Modellvorstellungen, hier beispielhaft in vier Gruppen eingeteilt:

- Annahme der Existenz extrem stark gebundener Zustände einzelner Wasserstoffatome, die durch bestimmte Anregungsmechanismen besiedelt werden, wobei Bindungsenergie in Form elektromagnetischer Strahlung freigesetzt wird:

- > Wasserstoff mit Valenz Null, „Hydrino“, (Mills et al., Eur. Phys. Journ. 64(2011)65);

- > Deep Dirac Levels; Maly, J. A., Va'vra, J., Journ. Fusion Technology, (27(1)(1995) 59-70)

- Bildung räumlich kompakter Zustände aus zwei oder mehr Wasserstoffatomen mit starker elektromagnetischer und Spin-Spin-Kopplung der Teilchen, wobei Bindungsenergie freigesetzt wird und nachfolgend erhöhte Wahrscheinlichkeit für elektro-schwache und elektrostarke 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) 16500853; ; Journ. of Cluster Science, May 2018, <https://doi.org/10.1007/s10876-018-1480-5>, Springer December 03 2018);

- > 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 Bildung eines stark gebundenen, nach außen neutralen Zustands kommt, bei dem ein Protonen innerhalb von Elektronen eingefangen wird:

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

- Theorien, welche von einer elektro-schwachen Wechselwirkung zwischen Elektronen und Protonen/Deutronen unter dem Einfluss kollektiver elektromagnetischer Prozesse im Festförpergitter

ter ausgehen, die zur Bildung kompakter, neutraler Teilchen führen:

- > schwere Elektronen durch Oberflächen Plasmonen Polaronen; (Widom, A., Larsen, L.; Eur. Phys. Journ. C, 46(2006)107-110; US 7,893,414 B2, 2011);

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

- > erzwungener Elektroneneinfang, neutrale Protonen/Deutronen; (Pines et al.; Pines Sci. Consult., NASA Glenn Res. Center, US 2017/0263337A1, filed March 9, 2016).

Jedes der genannten Modelle beschreibt bestimmte experimentell beobachtete Sachverhalte, dennoch hat sich kein Modell endgültig durchgesetzt - insbesondere wegen der jeweils zugrunde liegenden weitreichenden Annahmen oder Hypothesen.

**[0009]** Die vorliegende Erfindung nimmt Bezug auf die von Holmlid et al. eingeführte und durch umfangreiche Experimente verifizierte Annahme der 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) 16500853; Journ. of Cluster Science, May 2018, <https://doi.org/10.1007/s10876-018-1480-5>, Springer December 03 2018; Holmlid, L., Kotziyas, B. AIP Advances 6(2016)045111, doi: 10.1063/1.4947276), die auch in einer Patentschrift durch Holmlid offengelegt wurde (EP2 680 271 A1) und eine Grundlage für das bestätigte Europäische Patent aus der Airbus-Gruppe (EP 3 047 488 B1) bildet. Danach kommt es durch Wechselwirkung von erhitztem Wasserstoffgas (Protium oder Deuterium) mit bekannten Wasserstofftransfer-Katalysatoren auf Basis von Eisenoxid und Kalium zur Bildung von atomaren Wasserstoff in stark angeregten Rydbergzuständen. Aus denen heraus erfolgen exotherme Übergänge zunächst in dichte Zustände H(1) mit Teilchenabständen von 150 pm und aus diesen in nochmals exothermen Übergängen in ultra-dichte Zustände H(0) bzw. D(0) aus mehreren Protonen bzw. Deutronen. Insbesondere entstehen kettenartige, superfluide Cluster H<sub>2</sub>N(0) aus 2N Protonen und nicht-superfluide, kleine Cluster H<sub>4</sub>(0) oder H<sub>3</sub>(0) aus 4 bzw. 3 Protonen - analog auch für Deutronen. Die sammeln sich auf einer Metalloberfläche, im Fall der Culster vom kettenförmigen Typ H<sub>2</sub>N(0) als supraleitendes und suprafluides Kondensat. In diesem Kondensat, welches über mehrere Spinzustände verfügt, liegen die Teilchenabstände zwischen Protonen bzw. Deutronen im Bereich von nur 2,3 bis 0,5 pm, wodurch die Wahrscheinlichkeit der elektro-schwachen und elektro-starken Wechselwirkung zwischen ihnen steigt, und insbesondere ausgelöst werden kann durch Einwirkung einer zusätzlichen Anregung, wie von Holmlid et al. mittels Laserstrahl gezeigt. Dieses nach au-

ßen elektrisch neutrale Kondensat besitzt nach Angaben der Autoren eine lange Lebensdauer auf der Metalloberfläche, haftet dagegen nicht auf Dielektrika.

**[0010]** Als theoretischen Hintergrund der Bildung von ultra-dichtem Kondensat verweist Holmlid auf Arbeiten von Winterberg (F. Winterberg: „Ultradense Deuterium“, J. Fusion Energy 29, 317 (2010) und „ultra-dense deuterium and cold fusion claims“, Phys. Letters A374, 2766 (2010)). Eine ausführliche Beschreibung des katalytischen Prozesses, der zur Bildung des Kondensats führt, ist in der Patentschrift (EP2 680 271 A1) und den darin zitierten Publikationen enthalten. 010 In vorliegender Patentschrift wird der von den Modellen beschriebene besondere Zustand von Wasserstoff entweder als Stark Gebundener Wasserstoff (SGW) oder als Hydrogen Cluster (HC) verallgemeinernd bezeichnet, je nachdem ob einzelne Wasserstoffatome mit extrem stark gebundenen Elektronen oder Kondensate aus mehreren/vielen Wasserstoffatomen gemeint sind. Damit wird zum Ausdruck gebracht, dass das nachfolgend beschriebene Verfahren und die Anordnung ihre volle Gültigkeit behalten, falls es durch alternative physikalische Mechanismen zur exothermen Bildung von besonderen SGW- oder HC-Zuständen des Wasserstoffs kommt, in denen ähnlich geringe Teilchenabstände im Bereich von wenigen Pikometern realisiert werden. In der vorliegenden Patentschrift präsentieren die Erfinder keine eigene Modellvorstellung hinsichtlich der Natur und Bildungsprozesse solcher Zustände, sondern sie nehmen Bezug auf publizierte oder offengelegte Modelle, vorzugsweise das von Holmlid et al. über die Bildung eines ultra-dichten Kondensats aus Wasserstoffatomen.

**[0011]** Unter Energiefreisetzung aus den beschriebenen Prozessen wird die Summe aus der Energiefreisetzung der exothermen Bildung von SGW- oder HC-Zuständen selbst plus die Energiefreisetzung aus möglichen nachfolgenden exothermen elektro-schwachen oder/und elektro-starken Wechselwirkungen zwischen zwei oder mehreren Wasserstoffatomen und zwischen Wasserstoffatomen und anderen atomaren Bestandteilen ihrer Umgebung verstanden. Im Falle von elektro-schwachen Wechselwirkungen geht ein Teil der Energiefreisetzung zur Emission von Neutrinos für die lokal wirksame Energiefreisetzung in der Apparatur verloren. Die Differenz aus der verbleibenden, lokal wirksamen Energiefreisetzung minus Energieaufwand zur Auslösung dieser Prozesse wird als Überschussenergie bezeichnet, die im vorliegenden Fall als Überschusswärme auftritt. Das Verhältnis aus der Summe von Überschussenergie plus Energieaufwand geteilt durch Energieaufwand wird als Coefficient of Performance (COP) bezeichnet. Eine Mindestforderung an das Verfahren aus Sicht seiner sinnvollen praktischen Nutzbarkeit beginnt mit  $COP > 1$ , sollte aber günstiger Weise bei  $COP > 3-4$

liegen. Es ist daher sinnvoll und notwendig verfahrens- und anlagentechnische Lösungen zu suchen, die dauerhaft einen hohen COP-Wert ermöglichen, wie nachfolgend beschrieben.

**[0012]** Die vorliegende Patentschrift nimmt weiterhin Bezug auf eine Reihe von theoretischen Arbeiten, in denen die Besonderheiten der kollektiven elektromagnetischen Wechselwirkungen von geladenen Teilchen an der Oberfläche und im Gitter von Festkörpern beschrieben werden, die Auswirkung auf den Mechanismus der Bildung von SGW- oder HC-Zuständen haben oder diesen verstärken könnten:

- P. Kalman, T. Keszthely: University of Technology, Budapest, arXiv 1303.1078, 1312.5498, 1312.5853, 1712.05270v3; „Charged particle assisted nuclear reactions in solid state environment: renaissance of low energy physics“, arXiv: 1502.01474v1[nucl-th]5 Feb 2015

- A. Widom und L. Larsen beschreiben die Bildung schwerer Elektronen infolge von Oberflächen Plasmonen Polaronen und ihre Wechselwirkung mit kohärent schwingenden „patches“ von Protonen oder Deuteronen (Eur. Phys. Journ. C, 46(2006)107-110; US 7,893,414 B2, 2011, u.a.)

- Die beschleunigende Wirkung attraktiver ponderomotorischer Kräfte auf geladene Teilchen vor Metalloberflächen wird von Lundin und Lidgren beschrieben („Nuclear Spallation and Neutron Capture Induced by Ponderomotive Wave Forcing“; IRF Scietifiv Report 305, October 2015, ISSN 0284-1703).

- Ebenso wirken nach Lawandy Bildkräfte beschleunigend auf geladene Teilchen oder Teilchenpakete vor einer Metalloberfläche (N.B. Lawandy: „Interaction of charged particles on surfaces“; Appl. Phys. Lett. 95(2009)234101; doi: 10.1063/1.3270537).

**[0013]** Eine weitere Grundlage dieses Patents sind die Erkenntnisse zur Kavitationsanregung: Bekannt ist, dass beim Bläschenkollaps während der Viel-Bläschen-Kavitation (multi bubble cavitation) „Hot Spots“ mit effektiver Temperatur bis über  $10^4$  K und Drücken über  $10^3$  bar entstehen, bei Abkühlraten um  $10^{10}$  K/s. Aus den kollabierenden Bläschen entwickeln sich Teilchen-Jets, die sich mit hoher Geschwindigkeit in Richtung Metalloberfläche bewegen und in diese eindringen. Es herrschen außergewöhnliche physikalische und chemische Bedingungen in der ansonsten kalten Flüssigkeit! Hinsichtlich ihrer Zeitdauer im Bereich  $10^{-10}$  s bis  $10^{-12}$  s, bei hoher Energieübertragung im Bereich von Elektronenvolt, nimmt die Sonochemie daher eine extreme Position im Vergleich zu anderen chemischen Prozessen ein (Suslick, K.S.: in Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology; 4th Edition, J. Wiley & Sons:

New York, (1998), Vol. 26, 517-541; Flannigan, D.J., Suslick, K.S.: „Inertially confined plasma in an imploding bubble“; Nature Physics 6(2010)598-601).

**[0014]** Patentanmeldungen zur Sonofusion: Mehrere Patentanmeldungen und Publikationen sind bekannt geworden, in denen die Entstehung von „Hot Spots“ bei Kavitationsanregung in Verbindung gebracht wurde mit einer möglichen Auslösung von DD-Fusionsreaktionen bei geringen Energien, die also auf dem im Punkt 005 beschriebenen Cold Fusion Konzept basieren und folgerichtig ausschließlich von  $D_2O$  als Kavitationsmedium ausgehen.

- Stringham geht in seiner Patentanmeldung von der Kavitation in der Nähe von Metalloberflächen aus, wodurch es zur Injektion von  $D^+$ -Plasmajets in die Metalloberfläche kommt und sich nachfolgend durch Abkühlungskompression angeblich ein heißes Bose-Einstein-Kondensat (BEC) bildet, in dem Deuteronen verschmelzen können. Als geeignete Metalle werden neben Pd auch Cu, Ag und Ti genannt (Stringham, R.: „Cavitation Reactor and Method of Producing Heat“ Patentanmeldungen US2002/0090047A1, WO 2005/028985 A2; 31 March, 2005; US 2005/ 0123088 A1; 09 June, 2005; US 2009/0282662 A1; 19 November, 2009; Stringham, R.: „Sonofusion's Transient BEC Clusters“; XVII-th Int. Conf. Cold Fusion, Corea). In den Arbeiten von Stringham wird auf die besonders günstigen physikalischen Bedingungen hingewiesen, welche die Kavitation vor Metalloberflächen für die Auslösung der von ihm unterstellten DD-Fusionsprozesse im Vergleich zu anderen Anregungsmethoden bietet.

- Tomory beschreibt in seiner Anmeldung Anlage und Verfahren zur Sonofusion im Volumen der Flüssigkeit  $D_2O$ , wobei er ebenso von einem Fusionsmechanismus, ähnlich dem in üblichen Plasma-Fusionsanlagen ausgeht (Tomory N.A.: „Sonofusion Device and Method of Operating Same“; Patentanmeldung US 2007/ 0211841 A1).

**[0015]** Elektrochemische Wasserzerlegung: Stand der Technik sind Verfahren, durch elektrolytischen Stromfluss in wässrigen Lösungen einer Elektrolysezelle Sauerstoff- und Wasserstoffgase entweder getrennt als  $O_2$  und  $H_2$  oder als deren Gasgemisch Oxihydrogen zu erzeugen und nachfolgend durch Verbrennung oder in Brennstoffzellen energetisch weiter zu nutzen..

**[0016]** Bekannt ist auch, dass bei der Kavitationsanregung eine erhöhte Wasserstoffbildung infolge der Zerlegung von Wassermolekülen unter Schalleinwirkung eintritt (Balakiryan, K., Aganyan, H.: „Multifactorial Hydrogen Reactor“, Patentanmeldung WO 2015/005921 A1); PCT/US2013/050031/22/).

**[0017]** Elektrochemische Aktivierung von Wasser (ECA): Bekannt ist das Verfahren, durch elektrolytischen Stromfluss in der wässrigen Lösung einer Elektrolysezelle, in welcher Anoden- und Kathodenraum voneinander durch eine semipermeable Wand getrennt sind, stark unterschiedliche Lösungen herzustellen - saures Anolyt. Aufgrund ihrer besonderen physikalisch-chemischen Eigenschaften, insbesondere der Entstehung reaktiver Radikale, finden solche Lösungen bisher Anwendung unter anderen zur Desinfektion und Wasserbehandlung. Autokatalytische Wasserstoffrekombination: Stand der Technik ist schließlich auch die exotherme, passive autokatalytische Wasserstoffrekombination in sogenannten Rekombinatoren. Dieses Verfahren wurde ursprünglich für die Kerntechnik entwickelt. Durch katalytische Rekombination soll diese Technologie in Havariefällen bei Freisetzung von Wasserstoffgas, auch in Verbindung mit Wasserdampf und Aerosolen, die rückzündungsfreie, selbststartende Rekombination von Wasserstoff zu Wasser sicherstellen ( Bröckerhof, P., Lensa, W., Reinecke, E.A., „Rekombinator zum Beseitigen von Wasserstoff aus Störfallatmosphären“, FZ Jülich; Patentanmeldung DE 19852951C2, 11.07.2002).

**[0018]** Dielektrische Barriere Entladung: Die Dielektrische Barriere Entladung (DBD), auch „Stille elektrische Entladung“ genannt, ist eine Wechselspannungs-Gasentladung bei Normal- oder Überdruck, bei der mindestens eine Elektrode vom Gasraum durch ein Dielektrikum galvanisch getrennt ist. Die Entladung findet durch zahlreiche Mikroentladungen statt, mit typischer Zeitdauer im Nanosekundenbereich, oder als kontinuierliche, homogene Entladung (Kogelschatz, U., Eliasson, B.: „Die Renaissance der stillen elektrischen Entladung“; Physikalische Blätter V.52, I.4 (1996) 360-362/25/). Im Zusammenhang mit der vorliegenden Patentanmeldung sind insbesondere die durch DBD-Entladungen induzierte ultraviolette Excimer Strahlung (Eliasson, B., Kogelschatz, U.: „UV Excimer Radiation from Dielectric-Barrier Discharges“; Appl. Phys. B46 (1988) 299-303) sowie die in den Entladungskanälen (Filamenten) realisierten hohem Elektronenstromdichten und -energien von Bedeutung, die bereits zu zahlreichen Anwendungen der Plasmakatalyse durch DBD-Entladungen geführt haben (Kogelschatz, U.: „Silent-Discharge Driven Excimer UV Sources and their Applications“; Appl. Surface Science **54** (1992) 410-423). Bekannt ist eine Patentanmeldung zum Einsatz von DBD-Entladungen in  $H_2$ -Gas zur Anregung von LENR-Prozessen an nanostrukturierten Metallen (Krieg, B., N.N.: „Verfahren und Vorrichtung zur kontinuierlichen Erzeugung von LENR-Wärme“; DE 10 2014209 A1; Anmeldung 23.09.2014; Offenlegung 19.05.2016).

## II. Beschreibung des zu patentierenden Verfahrens

Zielstellung und grundsätzliche  
Bestandteile des Verfahrens

**[0019]** Zielstellung: Die vorliegende Patentanmeldung betrifft ein Verfahren, mit dem die Kavitation in einem flüssigen Kavitationsmedium in der Nähe von Metalloberflächen als Anregungsmethode genutzt wird, um exotherme, metallgittergestützte, elektromagnetische Kondensationsprozesse von Wasserstoff, wie in den Punkten **009** bis **012** beschrieben, als eine ökologisch vorteilhafte, nachhaltige, **CO<sub>2</sub>**-freie und kostengünstige Wärmequelle praktisch nutzbar zu machen. Wasserstoff kann dabei als Protium, Deuterium, Tritium oder aus einem Gemisch dieser Isotope vorliegen.

**[0020]** Das Verfahren nutzt den bekannten Vorgang der starken Energiekonzentration in kleinsten Raumgebieten beim Kollaps von Kavitationsbläschen in Flüssigkeiten sowie das Eindringen von Teilchenjets aus oberflächennah kollabierenden Kavitationsbläschen in die Oberfläche eines Metallgitters, um den Prozess der Bildung von atomarem Wasserstoff und dessen Übergang in hochangeregte Zustände herbeizuführen, aus denen infolge kollektiver, elektromagnetischer Wechselwirkungen mit dem Metallgitter exotherme Übergänge der Wasserstoffatome in seine ultradichten Zustände stattfinden - gemäß Punkt **010** als Stark Gebundener Wasserstoff (SGW) oder Hydrogen Cluster (HC) bezeichnet.

**[0021]** Das zu patentierende Verfahren beruht auf der Patentschrift von Holmlid (EP2 680 271 A1) zum Verfahren der Erzeugung von ultradichtem Wasserstoff aus der Gasphase - wie in Punkt **009** beschrieben. Weiterhin baut das hier vorgestellte Verfahren auf den Patentschriften von Stringham (WO 2005/028985 A2; US 2005/ 0123088 A1; US 2009/0282662 A1) auf, in denen die besondere Eignung der Kavitation zur Auslösung exothermer LENR-Prozesse offengelegt wurde, dies insbesondere in Schwerwasser **D<sub>2</sub>O** und in Verbindung mit den Metallen Pd und Ti. Das hier beschriebene Verfahren erweitert die in den genannten Patenten enthaltenen Ansprüche wesentlich und legt qualitativ neue Bestandteile des Verfahrens sowie eine Anordnung zur technischen Umsetzung des Verfahrens in den nachfolgenden Punkten offen.

**[0022]** Grundsätzlicher Aufbau des Verfahrens: Der erfindungsgemäße grundsätzliche Aufbau des Verfahrens zur Wärmeerzeugung aus der metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation besteht aus vier wesentlichen Teilkomplexen des Verfahrens, wie als Blockschema in **Abb. 1** gezeigt:

- Teilkomplex **1** des Verfahrens, durch den die Generierung von Überschusswärme in einem Kavitationsreaktor mit Reaktionskammer mittels Kavitationsanregung im Kavitationsmedium, unterstützt von weiteren elektromagnetischen Anregungen, erfolgt und in einer oder mehreren nachgeschalteten Nachreaktionsstufen weiter verstärkt wird. Eine nähere Beschreibung dieses Teilkomplexes des Verfahrens erfolgt in den Punkten **023** bis **044**.

- Teilkomplex **2** des Verfahrens dient der Bereitstellung der elektromagnetischen Felder sowie der Ultraschallanregung für die Anregung der zum Teilkomplex **1** gehörenden Prozesse. Eine nähere Beschreibung dieses Teilkomplexes erfolgt in den Punkten **045** bis **050**.

- Teilkomplex **3** des Verfahrens dient der Aufbereitung des Kavitationsmediums und Auskoppung der Nutzwärme. Die Beschreibung dieses Teilkomplexes erfolgt in den Punkten **051** bis **054**.

- Teilkomplex **4** des Verfahrens dient der Erfassung und Kontrolle der Prozessparameter und der Steuerung des optimalen Betriebes der Anlage. Die Beschreibung dieses Teilkomplexes erfolgt in den Punkten **055** bis **057**.

Generierung von Überschusswärme  
und Optimierungsmaßnahmen

**[0023]** Grundvariante des Prozessablaufs: In einer Grundvariante des Prozessablaufs im Teilkomplex **1** des Verfahrens zur Generierung von Überschusswärme - wie **Abb. 2a** schematisch zeigt - erfolgt die Anregung der Kavitation mit Hilfe eines piezoelektrischen Schallgenerators **5** der an die Grundplatte eines Emitters **6** angekoppelt ist und Ultraschallschwingungen an das wasserstoffhaltige Kavitationsmedium **7** in einem Gehäuse **9** aus Isolatormaterial mit kreisförmiger oder polygonaler Grundfläche abgibt, in welchem sich ein metallisches Target **8** befindet, an dem oberflächennahe Kavitationsereignisse (s. Punkt **013**) ausgelöst werden. Diese schicken beim Bläschenkollaps Teilchenjets in die Metalloberfläche und lösen dadurch die in den Punkten **002**, **003**, **009** und **012** beschriebenen elektromagnetischen, metallgittergestützten, exothermen Prozesse aus. Die Komponenten **5** bis **9** bilden die erforderlichen Grundelemente einer Reaktionskammer zur Durchführen des Verfahrens. Die Generierung von Überschusswärme kann in einer oder mehreren nebeneinander angeordneten Reaktionskammern erfolgen, im zweiten Fall auch mit unterschiedlichen Targets (**8a**, **8b**, ...) und Kavitationsmedien (**7a**, **7b**, ...).

**[0024]** Reaktionsmechanismus: Mit Hilfe des piezoelektrischen Schallgenerators **5** werden Ultraschallanregungen im Kavitationsmedium **7** wahlweise durch harmonisch oder impulsförmig oszillierende

Spannungen im Frequenzbereich von 10 kHz bis 2 MHz ausgelöst, die im Kavitationsmedium **7** an den Bläschenkeimen im Volumen des Kavitationsmediums dicht vor der Targetoberfläche und an den Oberflächenbläschenkeimen infolge des asymmetrischen Bläschenkollaps Teilchen- und Plasmajets in Richtung senkrecht zur Oberfläche erzeugen. Unter Wirkung des angelegten äußeren elektrischen Feldes, der entstehenden elektrostatischen Bildladungen sowie elektrodynamischer, ponderomotorischer Kräfte an der Targetoberfläche (s. Punkt **012**) werden dabei zunächst die leicht beweglichen Elektronen des nichtthermischen Plasmas in Richtung auf die Metalloberfläche beschleunigt und das durch diesen Strom gebildete Magnetfeld komprimiert den Elektronenstrom zu hoher Dichte, zu einem Z-Pinch. Infolge der attraktiven ponderomotorischen - und Bildkräfte, die verstärkt vor nanostrukturierten Oberflächen (siehe Lundin u. Lindgren, Lawandy, Punkt **012**) wirken, können Elektronen dabei über 1 keV kinetische Energie erreichen. Bündel aus ionisierten Kernen (Protonen, Deuteronen, Tritonen), ionisierte Atome, Moleküle und Melekülbruchstücke aus dem Bestand des Kavitationsmediums, der sich im kollabierenden Bläschen befand, werden durch das elektrische Feld ebenfalls in Richtung Metalloberfläche gezogen. Die Wechselwirkung des kurzzeitigen Impulses durch das auftretende Elektronenbündel mit erheblicher kinetischer Energie löst kollektive elektronische und mechanische Schwingungen mit den Eigenfrequenzen des Metallgitters (siehe Kalman u. Keszthely sowie Widon u. Larsen in Punkt **012**) aus und führt zur Bildung von Wasserstoffatomen in hochangeregten Rydberg-Zuständen  $H^*$ . Aus diesen Zuständen heraus erfolgen unter Einwirkung der kollektiven elektromagnetischen Prozesse im Metallgitter die exothermen Übergänge in SGW-Zustände bzw. zur Bildung von kondensierten HC- Zuständen, entsprechend der Modellbeschreibung in den Punkten **009** bis **012**. Insofern legt die vorliegende Patentschrift keine neue Beschreibung des Reaktionsmechanismus offen, sondern nimmt Bezug auf zitierte Arbeiten, die auch die physikalische Grundlage der Patente der Airbus-Gruppe (EP 3 047 488 B1) sowie von Widom und Larsen (US 7,893,414 B2) bilden.

**[0025]** Vorteile der Kavitationsanregung: Die in der vorliegenden Patentschrift angewandte Methode der Kavitation vor Metalloberflächen bietet - letztlich infolge der beim Bläschenkollaps stattfindenden enormen Konzentration der Energiedichte - die unikale Chance, bei einem relativ geringem Einsatz von elektrischer Leistung für den Betrieb der Schallquelle, je nach Größe der Anlage und Auslegung des Verfahrens im Bereich von nur einem bis zu einigen Hundert Watt liegend, Teilchenströme hoher Dichte mit kinetischen Energien bis über 1 keV zu generieren, die zur Bildung von hochangeregten Zuständen  $H^*$  und aus diesen zu exothermen Übergängen in HC-Zustände führen. Die nachfolgenden elektro-schwa-

chen und elektro-starken Reaktionen der Kondensate werden ebenfalls unter der Einwirkung von nachfolgender Kavitationsereignissen auf das Metallgitter ausgelöst, so dass sich bei länger laufendem Kavitationsprozess ein Gleichgewicht zwischen Bildung und Zerfall der Kondensatmenge auf der Metalloberfläche einstellt. Im Unterschied zu den im Punkt **006** aufgeführten Beispielen von rein thermischer Anregung von LENR-Prozessen in Metall-Gas-Systemen, die Temperaturen bis über 1000 °C erfordert, kann der Reaktor mit Kavitationsanregung bei Temperaturen betrieben werden, die für die Langlebigkeit der Reaktorstrukturen wesentlich besser geeignet sind.

**[0026]** Kavitation im Volumen: Der in den Punkten **024** und **025** beschriebene und im Sinne dieser Erfindung genutzte exotherme Prozess findet nur beim Bläschenkollaps in unmittelbarer Nähe zur Metalloberfläche statt. Kavitationsprozesse an den Bläschenkeimen im gesamten Volumen des Kavitationsmediums, ohne direkten Kontakt zu den Prozessen im Metallgitter, führen dagegen nicht oder nur sehr geringfügig zur exothermen Energiefreisetzung und verringern damit den insgesamt erreichbaren COP-Wert. Es handelt sich hier nicht um den in der Literatur als Sonofusion bezeichneten Prozess! Durch geeignete konstruktive Maßnahmen der geometrischen Gestaltung der Reaktionskammer, der räumlichen Anordnung und Form des Targets, insbesondere durch Vergrößerung seiner Oberfläche, sowie durch Konditionierung des Kavitationsmediums **7** im Teilkomplex **3** des Verfahrens kann der relative Anteil von Kavitationsprozessen in Oberflächennähe verstärkt werden, wie in den Punkten **027** bis **029** näher beschrieben.

**[0027]** Modifikationen der Grundvariante des Prozessablaufs: Die Reaktionskammer kann erfindungsgemäß auch - wie auf **Abb. 2b** gezeigt - mit zwei oder mehreren ineinander angeordneten Gehäusen **9a** und **9b** ausgestattet sein, deren Medien durch eine Membran **10** - wahlweise elektrisch isolierend, aber transparent für Ultraschallschwingungen **10b** und/oder für elektrolytischen Stromfluss **10a** - getrennt sind. Dies gestattet wahlweise die Unterbindung von elektrochemischem Stromfluss oder alternativ dessen Nutzung zur Kombination der Kavitation mit elektrochemischer Anregung des Mediums (näheres siehe Punkte **040** bis **042**). Der Reaktor kann erfindungsgemäß auch - wie auf **Abb. 2c** gezeigt - aus zwei (oder mehreren) Reaktionskammern bestehen, die durch eine semipermeable Membran **10 a** voneinander getrennt sind, sowie mit einer für Ultraschall transparenten Membran/Deckschicht **10b** elektrolytisch von der Grundplatte **6** des Piezogenerators **5** getrennt sind. In dieser Anordnung findet elektrochemische Anregung ausschließlich durch Stromfluss zwischen den Targets **8a** und **8b** statt, die erfindungsgemäß auch aus unterschiedlichen Metallen bestehen können, ebenso wie die Zusammenset-

zung der Kavitationsmedien in den beiden Kammern im allgemeinen Fall unterschiedlich sein kann. Die Kombination von Kavitation mit gleichzeitiger elektrolytischer Anregung stellt eine wesentliche Erweiterung der Verfahrens gegenüber der Grundvariante gemäß Punkt **023** dar.

**[0028]** Einfluss Mechanischer Schwingungen und Resonanzen: Zielstellung dieser Erfindung ist die Erzielung eines maximalen COP für die Umwandlung der zur Anregung exothermer metallgitterunterstützter elektromagnetischer Kondensationsprozesse in Wasserstoff durch Kavitation in Nähe der Metalloberflächen zugeführten Schallenergie in nutzbare Wärme. Bei diesem Prozess unterliegt das Metallgitter, wie auch das flüssige Kavitationsmedium, der Einwirkung des akustischen Feldes, welches von der Ultraschallquelle erzeugt und in das Kavitationsmedium eingekoppelt wird. Das resultierende Schallfeld im Inneren der Reaktionskammer aus einer periodischen äußeren Schwingungsquelle setzt sich durch Superposition aus dem eingespeisten und den reflektierten Schallfeldern zusammen. Es kann durch Rückkopplung infolge des piezoelektrischen Effekts auch das effektiv in den Reaktionsraum eingespeiste Schallfeld verändern, so dass sich im Inneren ein komplexes Schallfeld aus Komponenten mit der Grundfrequenz und deren Oberwellen einstellt. Bei geeigneter geometrischer Dimensionierung oder Anpassung der Grundfrequenz der Schwingungsquelle kommt es zur Ausbildung stehender Wellen mit starken lokalen periodischen Druckschwankungen, welche die Kavitation besonders intensiv auslösen.

**[0029]** Wird die Kavitation durch elektrische Impulsspannungen am piezoelektrischen Schallgenerator ausgelöst, beispielsweise durch eine Rechteckwelle mit steilen Anstiegsflanken im ns-Bereich, so wird ein breites Frequenzspektrum aus der Schallquelle in die Reaktionskammer abgegeben. Schließlich ist der Bläschenkollaps bei der Kavitation selbst Schallquelle: Die Zeitdauer der Endphase des Kollaps liegt im Bereich  $10^{-12}$  s. In dieser Zeit wird vom kollabierenden Oberflächenbläschen nicht nur Teilchenjets aus Elektronen und Ionen in die Metalloberfläche geschickt - wie im Punkt **024** beschrieben - sondern auch ein kurzzeitiger mechanischer Impuls an das Medium und das Festkörpergitter abgegeben, also akustische Schwingungen mit einem sehr breiten Frequenzspektrum.

**[0030]** Alle beschriebenen Schallfelder wirken auf das Metallgitter ein, lösen in diesem Schwingungen des Gitters aus sowie Wechselwirkungen zwischen der elektronischen und phononischen Anregungen, wie die Bildung von Plasmonen und Polaronen. Sie haben damit auch wesentlichen Einfluss auf den Prozess der Bildung hochangeregter Zustände von Wasserstoffatomen  $H^*$  und deren nachfolgender Übergang in SGW- oder HC-Zustän-

de. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Wärmeerzeugung durch Energiefreisetzung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation wird maßgeblich verstärkt durch elektronisch-phononische Wechselwirkungen. Dies ist eine Ursache dafür, dass LENR-Prozesse mittels Kavitation wesentlich einfacher, leichter reproduzierbar und unabhängig von speziellen, lokalen Besonderheiten des Festkörpergitters - wie Einschlüsse, Fehlstellen, Verwerfungen, Phasenübergänge, mikroskopische Risse etc. - eingeleitet werden können, als mit „milden“ Anregungsmethoden, wie dem stationären Ionenstromtransport in der Elektrolysezelle. 029 Nutzung mechanischer Schwingungen und Resonanzen: Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation kann die Reaktionskammer vorzugsweise konstruktiv nach folgenden Merkmalen so gestaltet werden, dass

- die vom Piezoschwinger **5** abgegebene Ultraschallenergie möglichst vollständig im Kavitationsmedium **7** absorbiert und zur Erzeugung einer stehenden Welle im Reaktorgefäß **9** genutzt wird,
- die Kontaktfläche zwischen stehender Welle und Target **8** möglichst groß ist,
- schwingende Teile aus Metall mit hohem Elastizitätskoeffizienten ausgeführt werden
- und Befestigungen oder Aufhängungen die mechanischen Schwingungen des Targets möglichst wenig dämpfen (Stimmgabel-Effekt).

**[0031]** Beispiele für vorteilhafte Lösungen unter diesem Aspekt des Verfahrens werden auf **Abb. 3** gezeigt:

- **Abb. 3a:** Ausführung der Grundplatte **6** als mechanischer Resonator, der zylinder- oder hohlkugelförmig das Medium **7** umschließt und damit das Gehäuse **9** ganz oder teilweise ersetzt, mit zentraler Positionierung des Targets **8**;
- **Abb. 3b:** Ausführung des Targets als massiver Zylinder oder Halbkugel - alternativ als Beschichtung auf der inneren Oberfläche eines Zylinders oder Halbkugel aus Metall mit hohem Elastizitätskoeffizienten - mit zentraler Positionierung der Ultraschallquelle.
- **Abb. 3c:** Ausführung des Targets **8c** mit ausgedehnter oder poröser Metalloberfläche, z.B. als Metallschwamm oder körnige Schüttungen, zur Vergrößerung der aktiven Oberfläche für Wechselwirkungen mit den Plasmajets der Kavitation.

Die konstruktiven Lösungen zur Erhöhung des COP durch optimale Gestaltung des Kavitationsreaktors hinsichtlich räumlicher Anordnung und Materialaus-



wahl seiner Komponenten sind damit noch nicht erschöpfend beschrieben - Variationen sind möglich.

**[0032]** Thermische Isolation: Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, bei dem vorzugsweise zum Erreichen eines hohen COP ein Mantel aus Isolationsmaterial um die Reaktionskammer angeordnet ist, zur thermischen Isolierung und Reflexion oder Absorption von entweichenden Ultraschallwellen, die nicht im Medium absorbiert wurden. Auf diese Weise können diese Schallverluste ebenfalls in die abgeführte Nutzwärme überführt werden.

Brennstoff, Materialien und Kavitationsmedium

**[0033]** Brennstoff: Brennstoff beim Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation ist Wasserstoff, der durch die spezielle Form der Wechselwirkung zwischen dem Kavitationsmedium **7** und dem Festkörpergitter des Targetmaterials **8** sowie infolge der Entstehung stark beschleunigter und komprimierter Elektronen- und Teilchenjets bei der Kavitation zu Wasserstoff-Radikalen H umgewandelt und in Rydberg-Zustände H\* angeregt wird. Im nicht-thermischen Plasma beim Kollaps der Kavitationsbläschen entstehen hochenergetische Elektronen, die wiederum H-, O- und OH-Radikale infolge dissoziativer Anregungs- und Ionisationsprozesse erzeugen und dabei auch hochangeregte Rydberg-Zuständen H\* (3s, 4s, 5p, ...) besiedeln (s. Beschreibung des Prozesses in den Punkten **009**, **010**, **012**, **013** und **020**).

**[0034]** Das beschriebene Verfahren wird erfindungsgemäß nach folgenden Merkmalen ausgestaltet:

- Wasserstoffatome als Brennstoff des Verfahrens werden vorzugsweise aus chemisch gebundenem Wasserstoff im Kavitationsmedium und zusätzlich aus gebundenem Wasserstoff im Metallgitter gewonnen,
- die Präsenz von speziellen Wasserstofftransfer-Katalysatoren am Ort der kollabierenden Bläschen dient der Erhöhung der Bildungsrate von H-Radikalen (Punkte **009**, **010**),
- gute elektrische Leitfähigkeit und Ableitung von elektrischen Ladungen von den Targets fördern die unterstützenden elektromagnetischen Prozesse (siehe Punkt **012**)
- und nano-strukturierten Oberflächen bzw. Elektroden mit geringem Krümmungsradius erhöhen die elektrische Feldstärke an den Oberflächen und bewirken so besonders hohe Elektronen- und Teilchenenergien bei der Wechselwirkung mit dem Metallgitter.

**[0035]** Wasserstoffquellen: Quelle des Brennstoffs Wasserstoff bei dem Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation ist vorzugsweise herkömmliches Wasser (H<sub>2</sub>O). Auch D<sub>2</sub>O oder T<sub>2</sub>O und Mischungen aus den drei Verbindungen der Wasserstoffisotope kommen infrage, letztere sind jedoch kostenintensiver und weniger nachhaltig.

**[0036]** Das Wasser ist bei dem Verfahren zur Wärmeerzeugung durch Energiefreisetzung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen im Reaktionsgefäß zugleich Kavitationsmedium, Lieferant des Brennstoffs und selbst ein Katalysator, der die beim Übergang in HC-Zustände freiwerdende Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung oder strahlungslos aufnimmt und damit Überschusswärme an das Kavitationsmedium abgibt.

**[0037]** Es nicht ausgeschlossen, dass sich in den gebildeten kompakten, nach außen elektrisch neutralen SGW- oder HC- Zuständen so geringe Abstände zwischen Kernteilchen ergeben, dass bei weiterer Anregung dieser Gebilde sekundär weitere exotherme elektro-schwache oder elektro-starke Reaktionen erfolgen. Für solche sekundären Prozesse sind Unterschiede bei der Wärmefreisetzung zwischen den drei Verbindungen der Wasserstoffisotope H, D und T sowie ihrer Gemische zu erwarten.

**[0038]** Targetmaterial: Als Targetmaterialien für das Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation sind Materialien geeignet, die mit folgenden Merkmale aufweisen:

- Metalle mit guter Speicherfähigkeit für Wasserstoff, wie Ti, Ni, Zr, Pd, Ag, Au, von in vielen Untersuchungen als geeignet für die Auslösung von LENR-Prozessen (siehe Punkt **007** und darin zitierte Literaturstellen) erwiesen haben und von denen einige auch in den Patentanmeldungen von Stringham (Punkt **014**) erfolgreich verwendet werden,
- Darüber hinaus sind auch andere Metalle, wie Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Pb, Sb, Bi, Cd, W, In, Sn u.a., bedingt geeignet, jedoch mit geringerer Wärmeausbeute, bezogen auf gleiche Größe der Anregungsenergie.
- Gute elektrische Leitfähigkeit des Targets sowie im gesamten äußeren Stromkreis zwischen Emitter **6** und Target **8** sind erforderlich, um hohe Stromdichten und Teilchenenergien infolge der Wirkung von ponderomotorischen Kräften und Bildladungen (siehe Punkt **012**) beim Kollaps der Kavitationsbläschen in Oberflächennähe zu erreichen.

- Mit Wasserstoff beladene Metalle können vorteilhaft als Target eingesetzt werden, da sie beim Auftreffen der Elektronenjets selbst zur Quelle von hochangeregten Wasserstoffradikalen  $H^*$  werden.

**[0039]** Katalysatoren: Verfahren zur Wärmeerzeugung durch Energiefreisetzung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation sind dadurch gekennzeichnet, dass die chemische Oberflächenbeschaffenheit der Targets **8**, insbesondere ihre katalytische Wirkung bei der Bildung freier  $H$  Radikale und der Übergang in hochangeregte Zustände  $H^*$ , von besonderer Bedeutung ist, vorteilhaft ausgestaltet und genutzt werden kann

- indem bestimmte Oxidschichten infolge ihrer katalytischen Wirkung erfindungsgemäß zur Erhöhung der Wärmefreisetzung führen und hierfür insbesondere Schichten aus  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MnO_2$ ,  $CuO$ ,  $Cu_2O_3$ ,  $NiO$ ,  $Ni_2O_3$ ,  $SnO$ ,  $ZnO$ ,  $V_2O_5$ ,  $CoO$ ,  $Co_2O_3$ , und auch  $Co_3(PO_4)_2$  auf metallischer Unterlage zum Einsatz kommen,

- auch für Oxide von Legierungen, so zum Beispiel  $Co-Mg$ -Oxide,  $Ni-Mg$ -Oxide oder  $Cu-Mg$ -Oxide, geeignet sind.

**[0040]** Die vorliegende Erfindung nimmt damit Bezug auf die Erfindung von Holmlid (s. Punkt **009**), in der ein Styren-Katalysator auf Basis  $FeO$  und thermische Anregung in Wasserstoffatmosphäre genutzt wurden, um Übergänge in  $HC$ -Zustände aus der Gasphase von Wasserstoff durchzuführen, erweitert die Palette vorteilhaft einsetzbarer Materialien wesentlich und dehnt die Anwendung von Wasserstofftransferkatalysatoren in LENR-Prozessen auf Metalloberflächen in Kontakt zu wässrigen Kavitationsmedien aus.

**[0041]** Promotoren: Verfahren zur Wärmeerzeugung durch Energiefreisetzung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation können erfindungsgemäß durch geeignete Promotoren unterstützt werden, indem angeregte Alkaliatome beim Bläschenkollaps in ihre Rybergzustände  $Li^*$ ,  $Na^*$  oder  $K^*$  übergehen, dabei selbst zu Clustern aus  $N$  Atomen kondensieren und als Promotoren durch Energieübertragung zum verstärkten Übergang auch der Wasserstoffatome in höherliegende Rybergzustände  $H^*$  und deren Kondensation in die  $HC$ -Zustände  $H_2N(1)$  bewirken. Dieser Prozess bewirkt oder verstärkt die durch Kavitationsanregung mit Ultraschall und Katalysatoren hervorgerufenen exothermen  $HC$ -Übergänge und damit die Freisetzung von Überschusswärme und kann vorteilhaft mit folgenden Merkmalen gestaltet und genutzt werden:

- Die genannten Promotoren-Alkalielemente können dem Target **8** zugefügt werden als Legierung, Oberflächenschicht, Implantat oder Verbundwerkstoff .

- Alternativ können Alkalielemente als Promotoren auch dem Kavitationsmedium als deren lösliche Bestandteile hinzugefügt werden, am Bläschenkollaps selbst teilnehmen und den katalytischen Prozess an der Metalloberfläche beschleunigen.

- Infrage kommen dafür erfindungsgemäß Verbindungen der wasserstoff-ähnlichen Alkalimetalle  $Li$ ,  $Na$ ,  $K$ ,  $Rb$  und  $Cs$  sowie Verbindungen der Erdalkalimetalle  $Mg$ ,  $Ca$ ,  $Sr$  und  $Ba$ .

- Damit ergibt sich erfindungsgemäß die günstige Möglichkeit, die Funktion von Promotoren mit der in den Punkten **040** bis **044** beschriebenen Nutzung elektrochemischer Aktivierung durch Einsatz gleicher chemischer Elemente miteinander zu verbinden.

**[0042]** Nanostrukturen: In Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation können Nanostrukturen auf der Targetoberfläche durch das Entstehen lokal höherer elektromagnetische Feldstärken an der Oberfläche - bedingt durch äußere Felder, attraktive Bildladungen und ponderomotorische Kräfte sowie elektromagnetische Schwingungsprozesse (siehe Punkt **012**) - größere kinetische Elektronenenergien bei der Implantation der Elektronen- und Teilchenjets aus kollabierenden Bläschen bewirken und somit den Übergang von Wasserstoff in  $HC$ -Zustände befördern. Vorteilhaft eingesetzt werden können erfindungsgemäß

- Xerogel- und Aerogel-Schichten

- oder Suspensionen aus oder mit Nanopartikeln

- der Metalle  $Pd$ ,  $Ag$ ,  $Pt$ ,  $Au$  und deren Legierungen,

- aber auch Nanopartikel aus  $Ni$  und anderen Metallen

jeweils in Kontakt mit der Targetoberfläche.

**[0043]** Feldverstärkende Materialien: In Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation können in Verbindung mit dem Material des Targets **8** und mit dem Kavitationsmedium **7** vorteilhaft dielektrische Materialien mit besonderen Eigenschaften zum Einsatz gebracht werden, die folgende Merkmale aufweisen:

- Dielektrika mit großen relativen Dielektrizitätskonstanten,
- Ferroelektrika wie Bariumtitanat  $\text{BaTiO}_3$ , Blei-Zirkonat-Titanat  $\text{PbZrO}_3\text{-PbTiO}_3$  (PZT),
- Pyroelektrika wie Turmalin, Lithiumtantalat  $\text{Li-TaO}_3$ , Polyvinylfluorid (PVDF), Bleititanat  $\text{Pb-TiO}_3$ , Bariumtitanat  $\text{BaTiO}_3$  (BTO); Lithiumniobat  $\text{LiNbO}_3$  u.a.,
- Piezoelektrika wie Quarz  $\text{SiO}_2$ , Bariumtitanat  $\text{BaTiO}_3$ , Lithiumniobat, Galliumorthophosphat, piezoelektrische Dünnschichten aus  $\text{ZnO}$ , Aluminiumnitrid auf Silizium, piezoelektrische Keramiken, Polyvinylfluorid (PVDF) u.a.,
- katalytisch wirkende Dielektrika mit großer innerer Oberfläche, wie  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , Silikagel u.a. Finden Oberflächenkavitationsprozesse an den Grenzflächen zwischen Metallen/Oxiden und Dielektrika statt, unterliegen die Elektronen- und Teilchenjets aus kollabierenden Bläschen am Ort des Auftreffens (Impact) der feldverstärkenden Wirkung der Dielektrika, wodurch die Teilchenenergie steigt und die Wahrscheinlichkeit von HC-Übergängen erhöht wird.

**[0044]** Weitere Gestaltungsmöglichkeiten von Targets: Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, bei dem als Targetmaterial neben reinen Metallen, leitfähigen Legierungen und katalytisch wirkenden Oxidschichten auch komplexere Strukturen zum Einsatz kommen, gekennzeichnet durch:

- Verbundwerkstoffe aus den genannten Metallen/Metalloxiden mit Keramiken,
- Komposite auf Kohlenstoffbasis mit Beimischungen aus den genannten Metallen und -oxiden,
- Schlämme, Suspensionen, Pulver und Schüttungen aus Metallpartikeln und -oxiden,
- gemischte Schüttungen aus Partikeln von Metallen und feldverstärkenden Dielektrika,
- Metallschwämme mit großer innerer Oberfläche.

**[0045]** Gasbeladung: Verfahren zur Wärmeerzeugung durch Energiefreisetzung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitationsanregung, in dem das Kavitationsmedium **7** vorteilhaft gesättigt mit Wasserstoffgas  $\text{H}_2$  (alternativ auch  $\text{D}_2$ ) betrieben wird, um den Anteil von  $\text{H}^+$ -Ionen (alternativ  $\text{D}^+$ -Ionen) in den kollabierenden Bläschen gegenüber anderen Bestandteilen zu erhöhen und damit die Wahrscheinlichkeit für Übergänge in hochangeregte  $\text{H}^*$ -Zustände mit nachfolgenden exothermen Über-

gängen in HC-Zustände zu erhöhen. Das Verfahren dafür ist gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- Zirkulation des Kavitationsmediums **7** durch ein geschlossenes System aus Reaktionskammer und Konditionierungsgefäß **12**, welches sich in Kontakt zur Trenngrenze zwischen flüssiger und Gasphase zur Regulierung des Gasdrucks der gelösten Gase befindet,
- kontrollierte Zufuhr von  $\text{H}_2$ -Gas in-situ mittels elektrolytischer Wasserzerlegung oder alternativ aus einem Gasreservoir oder  $\text{H}_2$ -Feststoffspeicher, komplettiert durch Druckmesser M Sicherheitsventil und Bodenabzug,
- ein Betriebsregime unter  $100\text{ °C}$  Betriebstemperatur und unter Normaldruck,
- oder der Betrieb bei erhöhten Temperatur- und Druckwerten in einem geschlossenen System.

Kombination von Kavitation mit elektrochemischer Anregung

**[0046]** Elektrochemische Aktivierung, Stufe I: Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, gekennzeichnet dadurch,

- dass dem Kavitationsmedium Betriebslösungen aus einer separat betriebenen Elektrolysezelle zugeführt werden, die einen erhöhten Anteil von gelösten Gasen  $\text{H}_2$  und  $\text{O}_2$  sowie Wasserstoff- und Hydroxidradikale,  $\text{H}$  bzw.  $\text{OH}$ , Peroxid  $\text{H}_2\text{O}_2$ , Ozon  $\text{O}_3$ , sowie angeregten Komplexen enthalten,
- und als Elektrolyten Verbindungen von Alkali- oder Erdalkalitionen zum Einsatz kommen. Insbesondere kommen für die Auswahl des Elektrolyten für die elektrochemische Aktivierung vorteilhaft infrage:
  - Basen von Alkali- und Erdalkalielelementen, wie  $\text{LiOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{CsOH}$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ , die zur Abscheidung von Sauerstoff an der Anode und Wasserstoff an der Kathode führen,
  - Salze der gleichen Elemente, wie  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{KNO}_3$  u.a., bei denen z. T. an der Anode anstelle von Sauerstoff u.U. auch andere Gase, wie  $\text{Cl}_2$ , ausgeschieden werden,
  - Ammoniumchlorid  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , Tetraammoniumchlorid  $\text{N}(\text{CH}_3)_4\text{Cl}$  oder andere Salze, die einen hohen Wasserstoffanteil in der chemischen Zusammensetzung aufweisen und bei geeigneter Anregung einen besonders hohen Anteil von Wasserstoff in den Elektrolysegasen erzeugen.

> Säuren, wie  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$  u.a. sind ebenfalls geeignet.

**[0047]** Bei der Auswahl von chemischer Verbindung und Konzentration des Elektrolyten werden bevorzugt Elemente gewählt, die entsprechend Punkt **035** im Kavitationsmedium gleichzeitig die Funktion von Promotoren für die Bildung und Anregung von atomarem Wasserstoff besitzen und damit geeignet sind, erfindungsgemäß wesentlichen Einfluss auf die Rate der Bildung von hochangeregten Zuständen  $H^*$  bei der kombinierten Elektrolyse und Kavitation im Sinne Ihrer Verstärkung auszuüben.

**[0048]** Elektrochemische Aktivierung, Stufe II: Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, bei dem erfindungsgemäß dem Kavitationsmedium Betriebslösungen aus dem Kathodenraum, einer separat betriebenen, durch semipermeable Wand getrennten Elektrolysezelle, häufig als Katholyt bezeichnet, zugeführt werden.

**[0049]** An der Kathode entstehen bei der elektrolytischen Wasserzersetzung mit basischen Elektrolyten 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 bei Kavitationsanregung in Rydbergzustände  $H^*$  übergehen oder weitere Reaktionen eingehen, unter anderem langlebige angeregte Atom- und Molekülzustände bilden. Der erhöhte Anteil von gelöstem Wasserstoff im Katholyt führt bei Kavitationsanregung zur erhöhten Bildung von hochangeregten Wasserstoffatomen  $H^*$ . Beide Prozesse erhöhen nachfolgend die Rate der Übergänge in HC-Zustände. Katholyt besitzt mit  $pH = 9,5 \dots 12$  und einem Redoxpotenzial von  $-700 \dots -900$  mV hohes reaktives Potenzial mit einer erwiesenermaßen langen Lebensdauer seiner spezifischen, insbesondere seiner katalytischen Eigenschaften.

**[0050]** Elektrochemische Aktivierung, Stufe III: Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, bei dem vorteilhaft die elektrochemische Aktivierung in-situ, d.h. unmittelbar in der Kavitationskammer erfolgt. Dieses Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass

- Entweder das Target **8** gegenüber dem geerdeten Emitter **6** eine negative Vorspannung erhält, wenn die Reaktorkammer entsprechend **Abb. 2a** aufgebaut ist,
- zwischen negativ gepoltem Target **8** und dem geerdeten Emitter **6** sich eine semipermeable Trennwand befindet, wie auf **Abb. 2b** sche-

matisch gezeigt, so dass sich unterschiedlich zusammengesetzte Kavitationsmedien (**7a** und **7b**) in den kathoden- bzw. anodennahen Teilen der Reaktorkammer befinden können,

- oder zwei, positiv und negativ gepolte, separate Targets (**8a** und **8b**) in der durch eine semipermeable Wand geteilten Reaktionskammer befinden und der Emitter **6** durch eine elastische Isolationsschicht vom Elektrolysestromfluss abgekoppelt ist - wie schematisch auf **Abb. 2c** gezeigt,

- wobei in der Anordnung gemäß **Abb. 2c** der Emitter **6** auch so angekoppelt sein kann, dass die Auslösung der Kavitation hauptsächlich in einem der beiden Segmente der Reaktionskammer stattfindet, vorzugsweise im Kathodenraum.

**[0051]** Das Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, kombiniert mit elektrochemischer Anregung in-situ zeichnet sich folgende Vorteile aus:

- Die gewünschten kurzlebigen Radikale  $H$  und angeregten Wasserstoffatome  $H^*$  als Vorstufen für HC-Übergänge werden direkt im Kavitationsraum gebildet und am Ort ihrer Entstehung dem Kavitationsprozess ausgesetzt,

- es entstehen kontinuierlich neue Poren- und Bläschenkeime direkt an der Oberfläche der Elektrode, wodurch das Verhältnis von Oberflächen- zu Volumenkavitation langfristig aufrecht erhalten und im Vergleich zum Kavitationsbetrieb ohne Elektrolyse gesteigert werden kann, wodurch besonders günstige Voraussetzungen für HC-Übergänge beim Kollaps der Kavitationsbläschen in Oberflächennähe vorliegen,

- selbst nach Rekombination der kurzlebigen Radikale  $H$  zu  $H_2$  nimmt das in-situ gebildete Wasserstoffgas, solange es gelöst im Kavitationsmedium verbleibt, weiter am Prozess der Bläschenkavitation teil und fördert so die in den Punkten **020** bis **026** beschriebenen Prozesse.

Kombination von Kavitation mit Nachreaktionen

**[0052]** Rekombination von Elektrolysegas: Das Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, kombiniert einer in-situ Elektrolyse gemäß Punkt **042** erzeugt, abhängig von den Betriebsparametern, in bestimmtem Umfang Elektrolysegas, das entweder als Oxihydrogen-Gemisch oder als getrennt als Anoden- und Kathodengas anfällt, je nachdem, ob die Elektrolyse mit nicht getrenntem Elektrolyseraum (**Abb. 2a**), oder mit getrennten Anoden- und Kathodenräumen (**Abb. 2b** oder **Abb. 2c**) stattfindet. Mit dem Ziel der größtmöglichen Wärmefreisetzung wird

erfindungsgemäß in das Verfahren eine Prozessstufe der flammenlosen, elektrokatalytischen Rekombination (siehe Punkt **017**) angefügt, die das Elektrolysegas wahlweise im einfachen Durchlauf oder mehrfach rezykliert durchströmt und dabei unter Wärme-freisetzung in Wasser zurückverwandelt wird.

**[0053]** Zum Einsatz kommen dafür Rekombinatoren nach Stand der Technik, wahlweise mit röhren- oder plattenförmigem Aufbau mit katalysatorbeschichteten Oberflächen, oder gefüllt mit entsprechend beschichteten Keramik-Pellets.

**[0054]** Die im Verfahren nachgeschaltete Rekombination in flammenlosen Rekombinatoren erfüllt erfindungsgemäß eine vierfache Funktion:

- Rückgewinnung eines Teils der für die Elektrolyse aufgewandten Elektroenergie in Form von Nutzwärme, wodurch die Effektivität des Verfahrens zur Wärmeerzeugung steigt,
- Rückführung des bei der Rekombination anfallenden Kondensats in Form von  $H_2O$  (bzw.  $D_2O$ ) in das Kavitationsmedium, wodurch ein langfristig autarker Betrieb ermöglicht und Kosten gespart werden,
- Auffangen von Wasserstoff in SGW- oder HC-Zuständen, der den Kavitationsraum mit dem Strom des Elektrolysegas verlassen hat, sich an den aktiven Oberflächen des Rekombinatoren festsetzt und dort exotherme Nachreaktionen auslöst,
- Vermeidung der Freisetzung von Elektrolysegasen an die Umwelt oder alternativ der Notwendigkeit ihrer gesonderten Speicherung in einem Gasspeicher.

**[0055]** Kombination mit Gasentladungs-Nachreaktion: Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, kombiniert mit einer in-situ Elektrolyse gemäß Punkt **042**, dem ein Gasentladungsraum zur Nachreaktion nachgeschaltet ist, in dem vorteilhaft eine dielektisch behinderte Gasentladung, auch als DBD-Entladung (Dielectric Barrier Discharge, siehe Punkt **018**) bezeichnet, stattfindet. Damit wird erfindungsgemäß zusätzliche Wärme freigesetzt, indem folgende exothermen Prozesse als Nachreaktion ablaufen:

- Anteile von Wasserstoff in SGW- oder HC-Zuständen, die mit dem Elektrolysegas den Kavitationsraum verlassen, werden in den Strukturen des Gasentladungsraumes aufgefangen und durch Einwirkung der Entladungsfilamente zu exothermen elektro-schwachen und elektro-starken Wechselwirkungen angeregt,
- bereits angeregte Spezies und Radikale aus dem Kavitationsraum, wie im Punkten **024**, **31**

sowie **040** bis **042** beschrieben, werden zu exothermen Übergängen in SGW- oder HC-Zustände angeregt, insbesondere wenn der Gasentladungsraum sich räumlich dicht an den Kavitationsraum anschließt,

- Teile des molekularen Wasserstoffs des Elektrolyseprodukts werden in Radikale aufgespalten, angeregt und gelangen ebenfalls durch exotherme Übergänge in SGW- oder HC-Zustände, insbesondere wenn im Entladungsraum die in den Punkten **033** und **034** beschriebenen LENR- und Katalysatormaterialien sowie Wasserstoff speichernde Materialien zum Einsatz kommen. Die DBD-Entladung ist zur Auslösung der beschriebenen Nachreaktionen von Vorteil, da sie

- in den filamentären Mikroentladungen ein nicht-thermisches Plasma entsteht, mit hoher Elektronenenergie und Stromdichte, welches für die Anregungsprozesse besonders geeignet ist,
- in Gasen unter Normal- oder Überdruck bereits bei Impulsspannungen unter 1000 Volt Entladungen ausgelöst werden
- und wegen der geringen mittleren Stromstärke ein im Vergleich zu anderen Formen der Gasentladung geringer Energieaufwand zu ihrer Aufrechterhaltung erforderlich ist.

#### Anregung

**[0056]** Der Teilkomplex **2**, entsprechend Bild **1**, des Verfahrens zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation dient der Bereitstellung der elektromagnetischen Anregung sowohl für die Erzeugung der Ultraschallschwingungen im Piezogenerator, wie auch von Spannungen und Strömen zur Auslösung elektrochemischer Aktivierungen (Punkte **040** bis **042**) und Nachreaktionen (Punkte **043** und **044**).

**[0057]** Elektromagnetische Ultraschallanregung: Im Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation werden zur Ultraschallanregung vorteilhaft

- periodische elektrische Leistungsimpulse erzeugt und an den Piezogenerator geleitet,
- die, abhängig von der gewählten Geometrie, dem Design der Reaktorkammer und den Betriebsparametern des Piezogebers, eine Wiederholungsfrequenz im Bereich von 10 kHz bis 2 MHz und Amplitude im Bereich von 100 V bis 1000 V haben können,
- eine harmonische oder impulsartige Form, letztere mit Anstiegsflanken im ns-Bereich, haben,

- wahlweise im Dauerbetrieb oder getaktet angelegt werden,
- wobei die Taktung der Anregung nach einem durch den Teilkomplex **3** der Steuerung vorgegebenen Zyklus von überlappenden Betriebsphasen mit Kavitations-, Elektrolyse-, oder Nachreaktionsbetrieb und Pausen erfolgt.

**[0058]** Mit diesen Maßnahmen werden folgende Ziele erreicht:

- Anregung von elektronischen und phononischen Schwingungen im Metallgitter, ausgelöst durch die hochfrequenten Anteile der Anregung des piezoelektrischen Schallgebers **5**,
- optimale Nutzung von Nachwärmeeffekten und erforderlicher Kavitationspausen zur Regeneration des Targets, insbesondere für seine Besiedlung mit Bläschenkeimen,
- zeitliche Koordinierung der elektromagnetischen und der akustischen Felder an der Targetoberfläche zur Verstärkung der exothermen, metallgittergestützten Prozesse. 047 Elektrochemische Anregung: Im Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation kombiniert, mit elektrochemischer Anregung in-situ, stellt der Anlagenkomplex **2** weiterhin die elektrischen Signale für die elektrochemische Anregung bereit, mit der wahlweise elektrochemische Ströme ausgelöst, verstärkt oder unterdrückt werden können, die vorteilhaft ausgelegt werden können als
- steuerbare stationäre oder getaktete Gleichspannung im Bereich -30 V ... +30 V,
- unipolare elektrische Impulse, die aus den hochfrequenten periodischen Leistungsimpulsen zur Kavitationsanregung gemäß Punkt (**47**) abgeleitet sind und deren Amplitude und Phasenlage gegenüber den Leistungsimpulsen zur Kavitationsanregung durch die Steuerung (**3**) geregelt bzw. verschoben wird,
- Impulsspannung mit beliebiger Frequenz und gesteuerter Amplitude, die in einem unabhängigen Impulsgenerator erzeugt wird,
- aus der Netzspannung von 50 Hz erzeugte gleichgerichtete Wechselspannung.

**[0059]** Die durch dem Teilkomplex (**2**) des Verfahrens gesteuerte elektrochemische Anregung in Korrelation mit der ebenfalls gesteuerten Kavitationsanregung (Punkt **046**) bietet erfindungsgemäß vielfältige Möglichkeiten der Kontrolle, Steuerung und Optimierung des gesamten Verfahrens zur Wärmeerzeugung durch Energiefreisetzung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation

von Wasserstoffatomen, charakterisiert u.a. durch folgende Merkmale:

- Steuerung der Neubildungsrate von Oberflächenbläschenkeimen sowie der Erzeugungsrate von H Radikalen an der Targetoberfläche infolge der elektrolytischen Wasserzerlegung während des Kavitationsbetriebes bereits bei vergleichsweise geringen elektrolytischen Strömen,
- Verstärkte Bildung von Elektrolysegasen zur Spülung des Kavitationsmediums und Anschub der exothermen Reaktionen in den Nachreaktionsstufen (Punkte **043** und **044**) durch zeitweilige Verwendung größerer elektrolytischer Ströme,
- Steuerung der zeitlichen Korrelation zwischen den Kavitationsereignissen und der Erzeugung von H Radikalen mit seinen hochangeregten Zuständen H\* durch den Einsatz phasengesteuerter impulsförmige elektrolytische Ströme,
- Unterstützung der metallgittergestützten elektromagnetischen Prozesse gemäß Punkt **012** durch impulsförmige Anregung der Felder zur Auslösung elektrolytischer Ströme. 048 Kavitation als Stromquelle: Kommen im Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation Metalle mit stark unterschiedlichem elektrochemischen Potenzial für den Emitter **6** und das Target **8**, bzw. die Targets (**8a** und **8b**) in den Anordnungen gemäß **Abb. 2a**, **Abb. 2b** bzw. **Abb. 2c** zum Einsatz, kann der Reaktor auch als kavitationsgetriebene Stromquelle genutzt werden, da es beim Kollaps der Bläschen zur Ladungstrennung kommt. Die Stärke des bei Kurzschluss zwischen den Elektroden fließenden Stromes ist als ein Maß für die pro Zeiteinheit infolge der Kavitation gebildeten Ladungsträgerpaare und kann damit erfindungsgemäß für die Kontrolle der Effektivität des Kavitationsprozesses und die Steuerung des Prozessablaufs genutzt werden. 049 Resonanzanregung: Eine weitere Auslegungsmöglichkeit der elektromagnetischen Anregung im Teilkomplex **2** des Verfahrens besteht darin, die parasitäre Kapazität  $C_p$  des Targets **8** gegenüber dem Emitter **6** mit einer parallel geschalteten Induktivität  $L$  und ggf. mit zusätzlicher Kapazität  $C$  als Schwingkreis aufzubauen, dessen Eigenfrequenz auf die hochfrequente Kavitationsanregung gemäß Punkt **047** abgestimmt ist. Überlagert mit einer Gleichspannung, führt das zu einem mit der Anregungsfrequenz schwankenden elektrolytischen Stromfluss im Kavitationsmedium **7**. Vorteil dieser Anordnung ist, dass die elektromagnetischen Schwingungen im Schwingkreis nur durch Verluste infolge

ge des elektrolytischen Stromflusses gedämpft werden und die diversen elektromagnetischen metallgitterunterstützten Prozesse gemäß Punkt verstärkt werden.

**[0060]** Die hier beschriebenen Schwingungen im Schwingkreis der Kavitationszelle können bevorzugt

- durch induktiv eingekoppelte hochfrequente Schwingung, abgeleitet aus der Spannungsquelle der Kavitationsanregung,
- oder bereits durch den im Punkt **048** beschriebenen kavitationsgetriebenen impulsförmigen Stromfluss angeregt werden.

**[0061]** Kopplung mit der Anregung von Nachreaktionen: Zur Anregung von DBD-Gasentladungen zur Nachreaktion gemäß Punkt **045** sind Hochspannungs-Wechselspannungen mit Amplituden im Bereich von 100 bis 1000 V, im Frequenzbereich von 50 Hz bis zu 20 MHz geeignet. Wegen der geringen Stromstärken des Entladungsstromes ist es sinnvoll, die Entladungsstrecke als Teil eines auf die hochfrequente Spannungsquelle für die Kavitationsanregung abgestimmten Schwingkreises auszuliegen, bzw. durch ein entsprechendes LC-Glied anzupassen (sog. Matchbox). Damit lässt sich die zugeführte elektrische Leistung erfindungsgemäß minimieren und die Notwendigkeit für einen zweiten, unabhängigen Generator vermeiden.

#### Kühlung und Konditionierung

**[0062]** Im Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation ist der Teilkomplex **3** des Verfahrens, siehe Bild **1**, funktionell zuständig für die Abführung der freigesetzten Wärme sowie zur Bereitstellung und Aufbereitung des Kavitationsmediums.

**[0063]** Im Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation erfolgt die Abführung der freigesetzten Wärme alternativ

- durch Zirkulation des Kavitationsmediums zwischen den wärmeerzeugenden Komponenten - Kavitationskammer und Nachreaktionskammern - im Teilkomplex **1** und dem Konditionierungsgefäß **12** im Teilkomplex **3**, welches die Wärme an die Flüssigkeit eines Wärmereservoirs abgibt,
- oder mit einem geeigneten Wärmeträger, der mittels Kühlschlange oder Kühlmantel, die thermisch an das Reaktorgehäuse gekoppelt sind, die freigesetzte Wärme aufnimmt und sie in das Wärmereservoir transportiert .

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung beinhaltet den Betrieb von Reaktionskammer und Nachreaktionskammern bei gleicher Betriebstemperatur, so dass der Abtransport der Wärme in das Wärmereservoir mit dem gleichen Wärmeträger in einem geschlossenen Kühlkreislauf erfolgen kann.

**[0064]** Erfindungsgemäß kann die unvermeidliche Wärmefreisetzung durch elektrische Verluste bei der Erzeugung der elektrischen Anregungsspannungen und -ströme im Teilkomplex **2** des Verfahrens ebenfalls, zumindest teilweise, in die Wärmenutzung einbezogen werden, indem die Kühlschleife des Wärmeträgers auch die Wärmefreisetzung im Teilkomplex **2** aufnimmt. Dies ist insbesondere bei der Nutzung der Erfindung für die vorteilhafte Gestaltung von Heizungen im Niedertemperaturbereich von Bedeutung, um hohe COP-Werte zu erreichen.

**[0065]** Konditionierung des Kavitationsmediums: Die Trenngrenze zwischen der flüssigen Phase des Kavitationsmediums und der Gasphase befindet sich beim Verfahren zur Wärmeerzeugung durch Energiefreisetzung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitationsanregung mit elektrochemischer Anregung in-situ sowie angekoppelter Nachreaktionskammer an der Grenze zwischen Kavitations- und Nachreaktionskammer. Der Gasdruck über dem Kavitationsmedium ist somit gleich dem Gasdruck in der/den Nachreaktionskammer(n). Erfolgt der Wärmetransport durch Zirkulation des Kavitationsmediums über das Konditionierungsgefäß (Punkt **052**), so wird dieses im oberen Bereich auch mit einer Druckausgleichleitung zur Gasphase verbunden. Die Größe und Füllmenge des Konditionierungsgefäßes **12** ist so dimensioniert, dass Kavitationsmedium ausreichend für eine längere Betriebsphase vorrätig ist und dem Kavitationsraum zugeführt werden kann.

**[0066]** Erfolgt der Wärmetransport mit einem anderen Wärmeträger, so wird das Konditionierungsgefäß separat mittels Wärmeschleife mit dem flüssigen Kavitationsmedium und der Gasphase verbunden.

#### Kontrolle und Steuerung

**[0067]** Im Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation umfasst der Teilkomplex **4**, Bild **1**, des Verfahrens 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 ist dem konkreten Aufbau und Einsatzziel der Anlage angepasst.

**[0068]** Messdatenerfassung: Erfasst werden, jeweils mit einem oder mehreren Sensoren

- Temperaturen in der Kavitationskammer, den Nachreaktionskammer, im Wärmereservoir,
- Ströme und Spannungen der Kavitations-, Entladungs- und elektrochemischen Anregung,
- Druck in der Gasphase oder im Konditionierungsgefäß 12
- und bei Bedarf weitere Parameter.

**[0069]** Steuerung: Gesteuert werden

- Ströme und Spannungen der Kavitations-, elektrochemischen- und Gasentladungs-Anregung,
- Durchflussgeschwindigkeit der Kühlung/ Wärmeabfuhr,
- bei Bedarf weitere Größen.

**[0070]** Im Verfahren zur Wärmeenergieerzeugung durch Energiefreisetzung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, unterstützt durch elektrolytische Anregung in-situ (Punkt 042) und ergänzt DBD-Gasentladungskammer (Punkt 044) sowie einer Rekombinationskammer (Punkte 043) können Spannung und Stromstärke der elektrochemischen Anregung in-situ vorteilhaft zur Steuerung der Wärmefreisetzung in der gesamten Anlage und damit zur Gewährleistung eines stabilen Betriebes mit vorgegebener Wärmeleistung eingesetzt werden, da die Stärke der elektrochemischen Anregung die Wärmefreisetzung in der Kavitationskammer, Nachreaktionskammer und Rekombinationskammer in gleicher Richtung und mit relativ kurzer Reaktionszeit beeinflusst.

**[0071]** Unkontrollierte Leistungsexkursionen können dadurch vermieden werden.

**[0072]** Darüber hinaus bestehen weitere Steuerungsmöglichkeiten der Wärmefreisetzung

- in der Variation der Zufuhr elektrischer, impulsförmiger Leistung in den piezoelektrischen Generator von Ultraschallschwingungen,
- sowie in der Steuerung der Amplitude der Hochspannungsimpulse an der DBD-Gasentladung.

### III. Beschreibung einer Anordnung zur Nutzung des Verfahrens

**[0073]** Aufbau: Eine kompakte Anordnung zur Umsetzung des Verfahrens zur Wärmeenergieerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, kombiniert mit elektrolytischer An-

regung in-situ und anschließender Nachbehandlung ist auf Bild 4 dargestellt. Die Anordnung besteht aus folgenden Komponenten: Ultraschallschwingungen werden im piezoelektrischen Generator 5 erzeugt und über den angekoppelten stabförmigen Emitter 6 in das Kavitationsmedium 7 geleitet, in dem diese Kavitationen auslösen. Das Target 8 ist als einseitig geöffnetes Rohr ausgebildet, welches den Emitter fast vollständig und in geringem Abstand umfasst, ohne diesen zu berühren. Die Stirn- und Mantelfläche des Targets 8 sind durch zahlreiche Öffnungen mit einem Durchmesser von (4-6) mm durchbrochen, deren Fläche etwa (10-20)% der gesamten Oberfläche des Targets ausmacht.

**[0074]** Das Gehäuse der Reaktionskammer 9 aus Isolatormaterial ist zugleich Bestandteil der thermischen Isolation 24, welche die gesamte Anlage einhüllt und von einer metallischen Abschirmung 11, vorzugsweise aus Aluminium, umgeben ist. Neben der Reaktionskammer befindet sich das Konditionierungsgefäß 12, welches im oberen und unteren Bereich Öffnungen in die Reaktionskammer besitzt, so dass das Kavitationsmedium 7 sowohl die Reaktionskammer, wie auch das Konditionierungsgefäß 12 gleichmäßig füllt. Im Konditionierungsgefäß 12 befindet sich ein Wärmetauscher 13, der die Kühlung der Anlage und den Wärmetransport zum Verbraucher ermöglicht. Im oberen Teil der Anlage ist das Reservoir für Kavitationsmedium 14 angeordnet, aus welchem mittels einer Dosiervorrichtung 15 der Flüssigkeitspegel 16 des Kavitationsmediums beim Betrieb auf einem konstanten Niveau gehalten wird und die Flüssigkeit-Gas-Trennung räumlich so fixiert, dass das Konditionierungsgefäß vollständig in der Flüssigkeit eintaucht, während das Target 8 im Bereich seiner Stirnfläche sich bereits im Gasraum befindet. Die Stirnfläche des Targets 8 befindet sich in unmittelbarem Kontakt zum Gasentladungsraum 18. Vom Gasraum getrennt durch die Schicht 19 des Dielektrikums befindet sich die Gegenelektrode 20. Gegenelektrode 20, Dielektrikum 19, Gasraum 18 und Stirnfläche des Targets 8 bilden eine Kammer in der die DBD-Entladung zur Nachbehandlung stattfindet. Von dieser Kammer besteht eine Verbindung in die Kammer des Rekombinators 17, durch welche Gas aus dem DBD-Entladungsraum durch ein Schutzgitter einströmen kann. Der Rekombinator ist gefüllt mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Pellets, die mit Katalysatormaterial zur Rekombination von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser beschichtet sind. Das rekombinierte Wasser tropft durch ein Rost am Boden des Rekombinators 17 zurück in das Kavitationsmedium 7, es wird somit rezykliert. Der Gasraum in der Anlage ist aus dem Rekombinator 17 mit einem Ventil 21 gekoppelt, welches eine Doppelfunktion hat: Als Schutzventil gegen Überdruck sowie zur kontrollierten Druckreduzierung in der Anlage. Der Rekombinator ist weiterhin verbunden mit einem Manometer 22 zur Kontrolle und Steuerung des Gasdrucks in der Anlage. Im unteren Bereich der Ka-



vitationskammer ist weiterhin ein Ring aus Isolatormaterial **23** eingefügt, der die Wand des Targets **8** nicht berührt, aber den Querschnitt für den Durchtritt von Kavitationsmedium zwischen Gehäuse **9** und Target **8** nach oben stark reduziert. Zufüllstutzen für Kavitationsmedium in das Reservoir **14** sowie Bodenablass am Kondensierungsbehälter **12** sind ebenfalls vorgesehen, aber in Bild **4** nicht gezeigt, da Stand der Technik. Zwischen Target **8** und Emitter ist im oberen Bereich eine schalltransparente, trichterförmige Folie **25** eingefügt, um eine weitgehende Trennung von Kathodengas **26** und Anodengas **27** zu erreichen. Während das Kathodengas **26** durch die Öffnungen in der Stirnfläche des Targets **8** in den Gasentladungsraum **18** gelangt, wird das Anodengas **27** direkt der Rekombinator **17** zugeführt.

**[0075]** Arbeitsweise der Kavitationskammer: Die Anordnung auf **Abb. 4** für die Anwendung des Verfahrens zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, kombiniert mit elektrolytischer Anregung in-situ und nachfolgender Nachbehandlung nutzt in vielfältiger Weise die erfindungsmäßigen Aspekte des hier beschriebenen Verfahrens:

- Der stabförmige Emitter **6** nimmt die Schwingungen des piezoelektrischen Generators **5** auf und leitet auf der gesamten Länge Druckschwankungen in das Kavitationsmedium **7**, in dem Bläschenkavitation ausgelöst werden. Aufgrund der Röhrenform des metallischen Targets **8**, und des geringen Abstands zwischen Emitter und Target, wird ein großer Teil der Kavitationsereignisse an den Gasbläschen dicht an der inneren Oberfläche oder an den Oberflächenbläschen am Target stattfinden, wodurch in dieser Anordnung ein günstiges Verhältnis zwischen Oberflächen- zu Volumenkavitation erreicht wird (Punkt **024**).

- Das Grundmaterial des Targets ist aus einem der in Punkt **033** genannten Metalle oder Legierungen, insbesondere solche mit hohem Elastizitätskoeffizienten und guter elektrischer Leitfähigkeit gefertigt, so dass Schwingungen des Targetkörpers und induzierte Ströme wenig gedämpft werden (Punkte **028**, **029**, **031**). Der Targetkörper ist nur an seinem oberen Ende in der Wand des Gehäuses punktuell verankert, was der Ausbildung von mechanischen Schwingungen  $t$  im Targetkörper dient.

- Die Oberfläche des Targets ist mit einer Metalloxidschicht gemäß Punkt **034** beschichtet, die Eigenschaften eines Katalysators zur Unterstützung der Bildung von H-Radikalen besitzt.

- Durch die kreisförmigen Öffnungen im Metallkörper des röhrenförmigen Targets **8** besteht an vielen Stellen Verbindung zwischen dem Ka-

vitationsmedium im Raum zwischen Emitter **6** und Target **8** und dem im Raum zwischen Target und Gehäusewand **9**. Bei der Ausbreitung der Schallwellen strömt das Kavitationsmedium **7** mit schnellen Richtungswechseln im Takt der lokalen Druckschwankungen durch diese Verbindungsöffnungen, wodurch zusätzlich oberflächennahe Kavitationsereignisse an der ringförmigen Öffnung im Metallkörper ausgelöst werden.

- Bereits infolge der normalen Schallabsorption im Kavitationsmedium, vor allem aber auch infolge der Freisetzung von Überschusswärme durch die metallgitterunterstützten exothermen Prozesse (Punkte **024** bis **026**) kommt es zur Erwärmung des Kavitationsmediums und zu einem thermisch bedingten Auftrieb (Kamineffekt), der dem Kavitationsmedium im röhrenförmigen Target **8** Auftrieb verleiht und dieses durch Öffnungen im oberen Bereich in das Kavitationsgefäß **12** übertreten lässt. Kälteres Kavitationsmedium strömt im unteren Bereich aus dem Konditionierungsgefäß zurück in die Reaktionskammer, wo es durch eine ringförmige Sperre aus Isolatormaterial **23** vorzugsweise in den inneren Raumbereich zwischen Emitter **6** und Target **8** gelenkt wird und in diesem hochsteigt. Dieser Schwerkraft-Kreislauf sorgt für den Wärmetransport aus dem Kavitationsraum, in dem die Überschusswärme entsteht, in das Kavitationsgefäß, welches zugleich ein Wärmespeicher ist, aus dem mittels Wärmetauscher **13** Wärme zur Nutzung abgezogen werden kann.

**[0076]** Elektrolytische Anregung: Das Kavitationsmedium **7** besteht aus wasserstoffhaltigen Verbindungen gemäß Punkt **032**, dem Elektrolyten gemäß Punkt **040**, dem Promotor-Elemente gemäß Punkt **035** zugesetzt sind. Bei Anlegen einer negativen Spannung  $U_{Ely}$  an das Target **8** kommt es zum elektrolytischen Stromfluss zwischen Target und dem geerdeten Emitter **6**, der aus hochwertigem Edelstahl gefertigt ist. An der Oberfläche der Kathode, vorzugsweise im Bereich der inneren Oberfläche des Targets, kommt es bei Stromfluss zur Bildung neuer Oberflächenbläschenkeime, von H-Radikalen und rekombinierten  $H_2$  Molekülen. Damit werden die im Punkt **042** beschriebenen Vorteile des Verfahrens der elektrochemischen Anregung in-situ realisiert. Elektrolysespannung und -stromstärke werden stark begrenzt, so dass es nicht zur intensiven Bildung von Elektrolysegas kommt, welche den Kavitationsprozess stören würde. 062 Nachreaktion in der Gasentladung: Die im Kavitationsraum mit geringer Intensität dennoch gebildeten Gasbläschen sind in Kathodennähe gefüllt mit einem Gemisch aus Wasserstoff sowie Wasserdampf und in Anodennähe aus Sauerstoff und Wasserdampf. Das Kathodengas (**26**) verlässt dem Kavitationsraum durch Öffnungen in der Stirnfläche des Targets **8** und gelangen in den Ga-

sentladungsraum **18**, wo die Nachreaktion gemäß Punkt **044** stattfindet. Zwischen der durch die Isolatorschicht **19** verdeckten Gegenelektrode **20** sowie dem Target **8**, bildet sich bei Anlegen einer Hochfrequenz-Impulsspannung  $U_{DBD}$  die DBD-Entladung aus.

**[0077]** Eine Kapazität C leitet das Hochfrequenzsignal zur Masse ab, so dass der Metallkörper des Targets **8** gleichzeitig als negativ gepolte Kathode der Elektrolyse und als Elektrode der DBD-Entladung dient. Die Isolatorschicht **19** zwischen Gegenelektrode **20** und Elektrode **8** wird gemäß Punkt **37** aus feldverstärkenden dielektrischen Materialien gebildet. In der filamentären, nichtthermischen DBD-Entladung finden gleichzeitig exotherme Rekombination von Wasserstoff und restlichem Sauerstoff zu Wasser und die entsprechende endotherme Zerlegung von Wassermolekülen im Dampf statt. Neben diesen „konventionellen“ Prozessen, findet aber auch Wärmeerzeugung durch die exotherme, metallgittergestützte, elektromagnetische Kondensation von Wasserstoffatomen statt, ähnlich der in der Kavitationskammer, insbesondere an der katalysatorbeschichteten äußeren Oberfläche der Stirnseite des Targets **8** sowie infolge der katalytischen Wirkung der Wassermoleküle im Entladungsraum **18**, die den strahlungslosen Übergang von hochangeregten Radikalen  $H^*$  in SGW- oder HC-Zustände unterstützen.

**[0078]** Flammenlose Rekombination: In der Rekombinationskammer **17** wird die Nachreaktion gemäß den Punkten **017** und **043** fortgesetzt und abgeschlossen. Das Gemisch aus restlichem Wasserstoff und Wasserdampf gelangt durch ein Metallsieb zur elektrischen Trennung vom Gasentladungsraum in die Kammer, in der es an der Oberfläche von katalysatorbeschichteten Keramikpellets zur Rekombination mit dem Sauerstoff des Anodengases **27** zu  $H_2O$  kommt. Durch Wärmeleitung werden die dabei freigesetzte Wärme, ebenso das abfließende Kondensat, in das Konditionierungsgefäß **12** überführt. Durch die Rekombination des Elektrolysegases wird der Druckaufbau im System begrenzt, da im Idealfall fast das gesamte Elektrolysegas wieder zu Wasser rekombiniert wird

**[0079]** Die auf **Abb. 4** gezeigte und hier beschriebene Anordnung ist ein Beispiel dafür, wie die in den Punkten **019** bis **057** beschriebene erfindungsmäßige Gestaltung des Verfahrens zur Nutzung umgesetzt werden kann. Unabhängig von dieser konkreten Anordnungen sind andere apparative Lösungen auf der Grundlage der beschriebenen erfindungsgemäßen Bestandteile des Verfahrens möglich.

#### Bezugszeichenliste

- |      |   |
|------|---|
| 1 -  | Teilkomplex des Verfahrens mit Reaktionskammer und Nachreaktionskammer (n)  |
| 2 -  | Teilkomplex des Verfahrens zur Bereitstellung der elektromagnetischen - sowie Ultraschallanregung                                   |
| 3 -  | Teilkomplex des Verfahrens zur Aufbereitung des Kavitationsmediums und Auskopplung der Wärme  |
| 4 -  | Teilkomplex des Verfahrens zur Kontrolle der Prozessparameter und Steuerung des Betriebes   |
| 5 -  | piezoelektrischer Ultraschallgenerator  |
| 6 -  | Grundkörper zur Schallübertragung in das Kavitationsmedium, bezeichnet als Emitter  |
| 7 -  | Kavitationsmedium (bei mehreren Medien entsprechend 7a, 7b, ...)  |
| 8 -  | Target (bei mehreren Targets entsprechend 8a, 8b, 8c, ...)  |
| 9 -  | Gehäuse des Kavitationsraumes aus Isolatormaterial  |
| 10 - | Trennmembran/Trennwand, transparent für elektrolytischen Stromfluss ( <b>10a</b> ) oder für Ultraschall schwingungen ( <b>10b</b> ) |
| 11 - | Thermische Isolation  |
| 12 - | Metallgehäuse der Gesamtanlage  |
| 13 - | Konditionierungsgefäß   |
| 14 - | Reservoir für Kaviationsmedium  |
| 15 - | Dosiereinrichtung für Kavitationsmedium   |
| 16 - | Flüssigkeitspregel, Trenngrenze zum Gasmedium   |
| 17 - | Nachreaktionskammer mit beschichteten $Al_2O_3$ -Pellets zur Rekombination  |
| 18 - | DBD-Gasentladungsraum   |
| 19 - | Dielektrikum  |
| 20 - | Gegenelektrode (Elektrode im Dielektrikum)  |
| 21 - | Gasventil und Sicherheitsventil   |
| 22 - | Manometer   |
| 23 - | Trennring aus Isolatormaterial  |
| 24 - | Thermische Isolation der gesamten Anlage  |

- 25 - schalltransparente Folie zur Trennung von Anoden- und Kathodengas
- 26 - Kathodengas
- 27 - Anodengas

Liste der verwendeten Abkürzungen

BEC	Bose-Einstein-Kondensat
COP	Coefficient of Performance
DBD	Dielectric Barrier Discharge
EZ	Elektrolysezelle
HC	Hydrogen Cluster
LENR	Low Energy Nuclear Reactions
MSR	Mess-, Steuer- und Regeltechnik
SGW	Stark Gebundener Wasserstoff

**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**

- EP 000002368252 B1 [0006, 0007]
- WO 2015/108434 A1 [0006]
- US 9115913 B1 [0007]
- US 7893414 B2 [0008, 0012, 0024]
- US 2017/0263337 A1 [0008]
- EP 2680271 A1 [0009, 0010, 0021]
- EP 3047488 B1 [0009, 0024]
- US 2002/0090047 A1 [0014]
- WO 2005/028985 A2 [0014, 0021]
- US 2005/0123088 A1 [0014, 0021]
- US 2009/0282662 A1 [0014, 0021]
- US 2007/0211841 A1 [0014]
- WO 2015/005921 A1 [0016]
- DE 19852951 C2 [0017]
- DE 102014209 A1 [0018]

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- S. Focardi et al., I1 Nuovo Cimento V.111, N. 11 (1998) 1233 [0006]
- 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) [0006]
- Mills, R.L., Lu, Y, Eur. Phys. Journ. 64(2011) [0006]
- Mills et al., Eur. Phys. Journ. 64(2011)65 [0008]
- Maly, J. A., Va'vra, J., Journ. Fusion Technology, (27(1)(1995) 59-70 [0008]
- Holmlid, L., Int. Journ. of Mass Spectrometry, 15 (2013) 1-8 [0008]
- Meulenbergh, A., Paillet, J.-L., Journ. of Cond. Matter Nucl. Science 19(2016)192-201 und 19 (2016)202-209 [0008]
- Calaon, A.; Journ. of Condensed Matter Nucl. Science 19 (2016) 1-12 [0008]
- Ratis, Yu.,L.: Int. Journ. Unconv. Science Issue E21(2016)3-10 [0008]

## Patentansprüche

1. Der Patentanspruch P01 betrifft ein Verfahren zur Wärmeerzeugung aus der metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation in einem wasserstoffhaltigen flüssigen Medium, gekennzeichnet dadurch, dass es aus vier funktionellen Teilkomplexen besteht:

- Dem Teilkomplex 1 des Verfahrens, durch den die Generierung von Wärme in einer Reaktionskammer mittels Kavitationsanregung durch Ultraschall im Kavitationsmedium, unterstützt von einem elektrolytischen Strom erfolgt und in einer oder mehreren nachgeschalteten Nachreaktionsstufen durch Gasentladung und Rekombination der entstehenden Elektrolysegase weiter verstärkt wird,
- dem Teilkomplex 2 des Verfahrens, welcher die elektrischen Ströme und Spannungen für die Ultraschallerzeugung, Elektrolyse und Gasentladung zur Auslösung der im Teilkomplex 1 ablaufenden Prozesse bereitstellt,
- dem Teilkomplex 3 des Verfahrens, welcher der Aufbereitung des Kavitations- und Elektrolysemediums und Auskopplung der freigesetzten Wärme im Teilkomplex 1 dient,
- und dem Teilkomplex 4 des Verfahrens, welcher der Erfassung und Kontrolle der Prozessparameter und der Steuerung des optimalen Betriebsablaufs in den Teilkomplexen 1 bis 3 dient.

2. Im Verfahren gemäß Patentanspruch P01 zur Wärmeerzeugung aus der metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation ist die Ausgestaltung des Teilkomplexes 1 **gekennzeichnet durch**

- Erzeugung der Ultraschallanregung zur Auslösung der Kavitation in einer oder mehreren nebeneinander angeordneten Kavitationskammern mit Hilfe eines piezoelektrischen Generators 5 mit impulsförmigen Wechselspannungen im Frequenzbereich von 10 kHz bis 2 MHz,
- ein erfindungsgemäß konditioniertes Kavitations- und Elektrolysemedium 7 in jeder Kavitationskammer
- ein erfindungsgemäß aus bestimmten Materialien bestehendes und strukturiertes metallisches Target 8 in jeder Kavitationskammer,
- den Kontakt des Kavitations- und Elektrolysemediums 7 in der Kavitationskammer mit einer vorzugsweise aus Wasserstoffgas bestehenden Gasatmosphäre im Druckbereich von 1 atm bis 10 atm.

3. Verfahren gemäß P01 und P02, das im Teilkomplex 1 zum Zweck der Erhöhung der exothermen Wärmefreisetzung durch andere elektromagnetische oder katalytische Verfahren verstärkt wird, ist **gekennzeichnet durch** die Merkmale:

- elektrolytische Anregung des Kavitationsmediums in-situ, direkt im Kavitationsgefäß und gleichzeitig oder im Wechsel mit der Kavitationsanregung,

- eine der Kavitation nachgeschaltete Gasentladung, die vorzugsweise als eine DBD- Gasentladung (Dielectric Barrier Discharge) ausgelegt ist,
- Rekombination der in der Kavitationskammer freigesetzten Elektrolysegase durch exotherme, flammenlose, katalytische Rekombination in einem Rekombinator.

4. Verfahren gemäß P01 bei dem gemäß P03 im Teilkomplex 1 des Verfahrens die Kavitationsanregung von einem elektrolytischen Strom in-situ unterstützt wird, weisen zur Verbindung der Prozesse Kavitation und Elektrolyse folgende Merkmale auf:

- Emitter (6) und Target (8) bilden Pole einer Elektrolysezelle mit direktem Stromfluss durch das Kavitations- und Elektrolysemedium (7),
- Emitter (6) und Target (8) bilden Pole einer Elektrolysezelle mit direktem Stromfluss durch unterschiedliche Kavitations- und Elektrolysemedien (7a und 7b), die durch eine semipermeable, für Schall und Strom durchlässige Wand (10) voneinander getrennt sind,
- zwei Targets (8a und 8b) bilden die Pole von einer Elektrolysezelle mit direktem Stromfluss durch unterschiedliche Kavitations- und Elektrolysemedien (7a und 7b), die durch eine semipermeable, für Strom durchlässige Wand (10a) voneinander getrennt sind, wobei der gemeinsame Emitter (6) durch eine für Schall durchlässige Isolierschicht (10b) vom Elektrolysestrom abgekoppelt ist.

5. Im Teilkomplex 1 des Verfahrens gemäß P01, P02 und P3 sind als Material des Targets 8 für die Freisetzung von Überschusswärme, neben den bereits in anderen LENR-Experimenten eingesetzten Metallen mit guter Speicherfähigkeit für Wasserstoff, vorteilhaft auch weitere, äußerst vielfältige leitfähige Materialien nutzbar, **gekennzeichnet durch**

- weitere Metalle, wie Al, Mg, V, Cr, Mn, Co, Fe, Zn, Pb, Sb, Bi, Cd, W, In, Sn,
- Legierungen aus mehreren der genannten Metalle,
- metallhaltige Schlämme und Suspensionen,
- Pulver und Schüttungen aus Partikeln der genannten Metalle im Durchmesserbereich von  $10^{-9}$  bis  $10^{-3}$  m,
- Gemische aus Partikeln der genannten Metalle mit Partikeln von Dielektrika, letztere vorzugsweise aus feldverstärkenden Dielektrika (wie Ferroelektrika, Pyroelektrika oder Piezoelektrika),
- Metallschwämme mit großen Oberflächen,
- oder leitfähige Oberflächenbeschichtungen auf Metallen oder auf Isolatoren.

6. Im Verfahren gemäß den Ansprüchen P01, P02 und P03 sind zur Erhöhung der Wärmefreisetzung vorteilhaft Katalysatoren für den Wasserstofftransfer einsetzbar,

**gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:

- Oxidschichten auf der metallischen Oberfläche des Targets, insbesondere Schichten aus FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,

CuO, Cu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SnO, CoO, Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO<sub>2</sub>, ZnO, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sowie Co<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>,

- Oxidschichten von Legierungen, wie Co-Mg-Oxide, Ni-Mg-Oxide oder Cu-Mg-Oxide,  
- Partikel dieser Stoffe, die dem flüssigen Kavitationsmedium als Suspension oder als Bestandteil von Schüttungen (gemäß P05) zugesetzt werden.

7. Im Verfahren gemäß P01, P02 und P03 kann zur Erhöhung der Wärmefreisetzung die Oberfläche des Targets 8 vorteilhaft strukturiert werden, **gekennzeichnet durch**

- Auftrag von Schichten aus Nanopartikeln der Metalle Pd, Ag, Pt, Au, Ni und ihren Legierungen,  
- sowie Strukturen der Targetmetalle im Mikrometer- bis Millimeterbereich

8. Im Verfahren gemäß P01 und P02 werden zur Verstärkung der exothermen, gittergestützten Wärmefreisetzung vorteilhaft mechanische Schwingungen des Targets (8) in einem weiten Frequenzbereich genutzt, indem die Kavitationskammer vorteilhaft einem oder mehreren der folgenden Merkmalen ausgestattet ist:

- Ausführung des Emitters 6 als hohlraumförmiger mechanischer Resonator, mit zentraler Positionierung des Targets 8, wobei das Target 8 zugleich als Kathode der Elektrolysezelle und der Emitter als Anode genutzt wird.  
- Ausführung des Targets 8 als hohlraumförmiger mechanischer Resonator mit zentraler Positionierung des Emitters (6) der Ultraschallquelle, wobei das Target 8 zugleich die Funktion der Kathode übernimmt.  
- Ausführung des Targets 8c als Schüttung oder als Metallschwamm mit ausgedehnter Oberfläche, wobei dieses Material sich auf einer metallischen Unterlage oder in einem resonatorartigen Hohlkörper befindet, der zugleich die Funktion einer Elektrode der Elektrolysezelle übernimmt.

9. Im Verfahren gemäß P01, P02, P04 und P08 werden dem Kavitationsmedium vorteilhaft Stoffe zugefügt, die zugleich als Promotoren beim katalytischen Prozess und als Elektrolyten bei der elektrochemischen Anregung in-situ wirken und gekennzeichnet sind durch folgende chemischen Merkmale:  
- Salze und Basen der wasserstoffähnlichen Alkalimetalle Li, Na, K, Rb und Cs,  
- Salze und Basen der Erdalkalimetalle Mg, Ca, Sr und Ba,  
- Mischungen aus Salzen und Basen von Alkali- und/oder Erdalkalimetallen,  
- Ammoniumchlorid NH<sub>4</sub>Cl, Tetraammoniumchlorid N(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Cl oder andere Salze mit einem hohen Wasserstoffanteil in der chemischen Zusammensetzung.

10. Im Verfahren gemäß P01, P02 und P08, werden die bei der Kavitation und Elektrolyse an Kathode und Anode entstehenden Gase erfasst und zur Nutzung in einer Nachreaktion und katalytischen Re-

kombination zur weiteren Steigerung der frei gesetzten Wärme bereit gestellt, **gekennzeichnet durch** die Merkmale

- getrennte Erfassung, Weiterleitung und Nutzung der Anoden- und Kathodengase,  
- oder gemeinsame Erfassung, Weiterleitung und Nutzung aller Elektrolysegase.

11. Im im Teilkomplex 1 des Verfahrens gemäß P01 und P02 wird eine Nachreaktion mit einer DBD-Gasentladung (Dielectric Barrier Discharge) zur Steigerung der exothermen Energiefreisetzung eingesetzt, **gekennzeichnet durch**

- Nutzung der hohen Elektronenstromdichten und -energien in den Filamenten, die typisch sind für die nicht-thermische, filamentäre DBD-Entladung,  
- und die besondere Effektivität dieser Form der Gasentladung für frisch erzeugte Elektrolysegase, erfasst gemäß P10, um auch kurzlebige angeregte Spezies der DBD-Gasentladung auszusetzen und die ausgestattet sind mit folgenden Merkmalen:

a) Ableitung des getrennt erfassten Kathodengases 26 aus einer Kavitationskammer mit integrierter Elektrolyse und seine nachfolgende Einleitung in einen räumlich unmittelbar anschließenden Entladungsraum 18 der DBD-Entladung.

b) Ableitung des gesamten Elektrolysegases aus einer nicht getrennten Kavitationskammer mit integrierter Elektrolyse - ein Oxihydrogen-Wasserdampf-Gemisch - in eine unmittelbar angeschlossene DBD-Entladungskammer.

12. Verfahren gemäß P01, P02, P08 und P11, bei dem der nachgeschaltete Rekombinator 17 folgende Merkmale aufweist:

a) Platten- oder Wabenaufbau von Metallplatten mit Katalysatorbeschichtung zur Rückumwandlung von Wasserstoff zu Wasser.

b) Röhrenaufbau der Nachreaktionskammer mit Katalysatorbeschichtung der Innenwände.

c) Mit Katalysator beschichteten Keramik-Pellets als Schüttung in der Nachreaktionskammer.

13. Verfahren gemäß P01 und P02, bei dem zur Ultraschallerzeugung im Teilkomplex 2 des Verfahrens periodische elektrische Spannungen erzeugt und an den Piezogenerator 5 im Teilkomplex 1 des Verfahrens geleitet werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- es sich dabei um periodische Spannungsimpulse handelt, die einem sehr breiten Frequenzspektrum entsprechen,

- die Zuführung der Spannung sowohl im Dauerbetrieb, wie auch getaktet erfolgen kann, mit einem durch die Steuerung zeitlich optimierten Wechsel von Kavitations- und Pausenzeit,

- aus den periodischen elektrischen Spannungen abgeleitet und mit diesen zeitlich synchronisiert auch die Anregung der elektrolytischen Prozesse in-situ in der Kavitationskammer (gemäß P08) sowie in der

nachgeschalteten DBD-Gasentladung (gemäß P11) erfolgt.

14. Das Verfahren gemäß Patentanspruch P01 und P02 zur Wärmeerzeugung in einer Reaktionskammer mittels Kavitationsanregung, unterstützt von einer elektrolytischen Anregung in-situ und verstärkt in nachgeschalteten Nachreaktionsstufen (gemäß P11 und P12) unterliegt einer Steuerung der freigesetzten Wärmeleistung durch die Teilkomplexe 2 und 4 des Verfahrens, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:

- Regelung der Neubildung von Oberflächen-Bläschenkeimen, der Bildung von H-Radikalen und von H<sub>2</sub>-Molekülen an der Kathode durch Steuerung der Stromstärke und Spannung der in-situ Elektrolyse.
- Regelung der Intensität der Kavitationsereignisse durch Steuerung der Amplitude der periodischen Leistungsimpulse am Eingang des Piezogenerators 5.
- Regelung von Frequenz und Stärke der filamentären Entladungen durch Steuerung der periodischen Spannungsimpulse an der Elektrode des DBD-Entladung.
- Regelung der freigesetzte Wärmeleistung durch Taktung der periodischen Leistungsimpulse am Eingang des Piezogenerators 5.
- Nutzung dieser Steuerungsmöglichkeiten in Verbindung mit der Temperaturkontrolle am Zufluss und Abfluss des Kavitationsmediums im Konditionierungsgefäß, um den Betrieb mit einer stabilen Wärmefreisetzung durchzuführen.

15. Eine Anordnung zur räumlich kompakten Umsetzung des Verfahrens zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, kombiniert mit elektrolytischer Anregung in-situ und anschließender Nachbehandlung gemäß P01 und P02, P08, P10, P11 und P12, **gekennzeichnet durch** folgende Komponenten der Anordnung:

- Piezoelektrischer Generator 5 zur Erzeugung von Ultraschallschwingungen, die über den angekoppelten stabförmigen Emitter 6 in das Kavitationsmedium 7 geleitet werden und in diesem Kavitationen auslösen.
- Ausbildung des Targets 8 als einseitig geöffnetes metallisches Rohr, welches den Emitter fast vollständig und in geringem Abstand umfasst, ohne diesen zu berühren und dessen Stirn- und Mantelflächen durch zahlreiche Öffnungen durchbrochen sind, deren Fläche etwa (10-20)% der gesamten Oberfläche des Targets ausmacht.
- Das Gehäuse der Reaktionskammer 9 bestehend aus Isolatormaterial ist zugleich Bestandteil der thermischen Isolation 24, welche die gesamte Anlage einhüllt und von einer metallischen Abschirmung 11, vorzugsweise aus Aluminium, umgeben ist.

- Direkt neben der Reaktionskammer ist das Konditionierungsgefäß 12 angeordnet, welches im oberen und unteren Bereich Öffnungen in die Reaktionskammer besitzt, so dass das Kavitationsmedium 7 sowohl die Reaktionskammer 9, wie auch das Konditionierungsgefäß 12 gleichmäßig füllt, zwischen diesen zirkuliert und damit die entstehende Wärme aus der Reaktionskammer in das Konditionierungsgefäß transportiert.

- Im Konditionierungsgefäß 12 befindet sich ein Wärmetauscher 13, der die Kühlung der Anlage und den Wärmetransport zum Verbraucher ermöglicht.

- Im oberen Teil der Anordnung befindet sich das Reservoir für Kavitationsmedium 14, aus welchem mittels einer Dosiervorrichtung 15 der Flüssigkeitspegel 16 des Kavitationsmediums beim Betrieb auf einem konstanten Niveau gehalten wird und die Flüssigkeit-Gas-Trennung räumlich so fixiert, dass das Konditionierungsgefäß vollständig in der Flüssigkeit eintaucht, während das Target 8 im Bereich seiner Stirnfläche sich bereits im Gasraum befindet.

- Die äußere Stirnfläche des Targets 8 befindet sich in unmittelbarem Kontakt zum Gasentladungsraum 18 und vom Gasraum getrennt durch die Schicht 19 des Dielektrikums befindet sich die Gegenelektrode 20.

- Zwischen dem Emitter 6 und dem rohrförmigen Target 8 befindet sich eine schalltransparente semipermeable Folie 25 zur Trennung von Anodengas 27 und Kathodengas 26, die separat in den Rekombinator 17 bzw. in den Gasraum 18 geleitet werden.

- Gegenelektrode 20, Dielektrikum 19, Gasraum 18 und äußere Stirnfläche des Targets 8 bilden eine Kammer, in der die DBD-Entladung zur Nachbehandlung gemäß P11 stattfindet.

- Von dieser Kammer besteht eine Verbindung in die Kammer des Rekombinators 17, durch welche Gas aus dem DBD-Entladungsraum durch ein metallisches Schutzgitter einströmt.

- Der Rekombinator 17 ist gefüllt mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Pellets, die mit Katalysatormaterial zur Rekombination von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser gemäß P12 beschichtet sind, wobei das rekombinierte Wasser durch ein Rost am Boden des Rekombinators 17 zurück in das Kavitationsmedium 7 tropft und somit im Prozess rezykliert wird.

- Der Gasraum in der Anordnung ist aus dem Rekombinator 17 mit einem Ventil 21 ausgestattet, welches als Schutzventil gegen Überdruck sowie zur kontrollierten Druckreduzierung in der Anlage dient.

- Der Rekombinator 17 ist weiterhin verbunden mit einem Manometer 22 zur Kontrolle des Gasdrucks in der Anlage.

- Im unteren Bereich der Kavitationskammer ist ein Ring aus Isolatormaterial 23 eingefügt, der die äußere Wand des Targets 8 nicht berührt, aber den Querschnitt für den Durchtritt von Kavitationsmedium zwischen Gehäuse 9 und Target 8 nach oben stark reduziert.

- Zufüllstutzen für Kavitationsmedium in das Reservoir 14 sowie Bodenablass am Kondensierbehälter 12 sind vorgesehen.

16. Anordnung gemäß P15, zur Wärmeerzeugung aus der exothermen, metallgittergestützten, elektromagnetischen Kondensation von Wasserstoffatomen mittels Kavitation, kombiniert mit elektrolytischer Anregung in-situ und nachfolgender Nachbehandlung, welche in vielfältiger Weise die erfindungsmäßigen Aspekte des hier beschriebenen Verfahrens gemäß P01 bis P14 nutzt, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:

- Eine in der Amplitude regelbare, tastbare, periodische Impulsspannung  $U_{Kav}$  löst gemäß P01, P02 und P13 Schwingungen des piezoelektrischen Generators 5 aus.

- Der stabförmige Emitter 6 nimmt die Schwingungen des piezoelektrischen Generators 5 auf und leitet Druckschwankungen in das gemäß P09 konditionierte Kavitationsmedium 7, zur Auslösung von Bläschenkavitation.

- Infolge des geringen Abstands zwischen Emitter 6 und Target 8 findet ein großer Teil der Kavitationsergebnisse an den Bläschenkeimen dicht an der inneren Oberfläche oder direkt an den Oberflächenbläschen auf dem Target 8 statt, wodurch in dieser Anordnung ein günstiges Verhältnis zwischen Oberflächen- zu Volumenkavitation gemäß Punkt 024 erreicht wird.

- Das Grundmaterial des Targets 8 ist aus einem der in Punkt 033 oder P05 genannten Metalle oder Legierungen gefertigt, insbesondere solche mit hohem Elastizitätskoeffizienten und guter elektrischer Leitfähigkeit, so dass Schwingungen des Targetkörpers und durch Kavitation induzierte Ströme wenig gedämpft werden, gemäß den Punkten 028, 029 und 031.

- Der Targetkörper ist an seinem oberen Ende punktuell in der Wand des Gehäuses 9 verankert und besitzt eine Röhrenform, was der Ausbildung von schwach gedämpften Schwingungen des Targetkörpers bei Schallanregung dient, die gemäß P01 und P08 den metallgittergestützten Prozess unterstützen.

- Die Oberfläche des Targets 8 ist mit einer Metalloxidschicht gemäß Punkt 034 und P06 beschichtet, die Eigenschaften eines Katalysators zur Unterstützung der Bildung von H-Radikalen besitzt.

- Die innere Oberfläche und die äußere Stirnseite des Targets 8 sind darüber hinaus gemäß P07 strukturiert.

- Kreisförmigen Öffnungen im Metallkörper des röhrenförmigen Targets 8 stellen eine Verbindung zwischen dem Kavitationsmedium 7 im Raum zwischen Emitter 6 und Target 8 und dem dem Raum zwischen Target 8 und Gehäusewand 9 her und dienen zusätzlich der Auslösung oberflächennaher Kavitationsergebnisse an der ringförmigen Öffnung im Metallkörper.

- Infolge der Schallabsorption im Kavitationsmedium sowie der Wärmefreisetzung durch die exother-

men, metallgitterunterstützten Prozesse, gemäß den Punkten 024 bis 026 und P01, kommt es zur Erwärmung des Kavitationsmediums 7 und zu einem thermisch bedingten Auftrieb, der das Kavitationsmedium 7 im röhrenförmigen Target 8 durch Öffnungen im oberen Bereich in das Konditionierungsgefäß 12 übertreten lässt. Kälteres Kavitationsmedium strömt im unteren Bereich aus dem Konditionierungsgefäß 12 zurück in die Reaktionskammer 9, wo es durch eine ringförmige Sperre aus Isolatormaterial 23 vorzugsweise in den inneren Raumbereich zwischen Emitter 6 und Target 8 gelenkt wird und in diesem hochsteigt.

- Dieser schwerkraftgetriebene Kreislauf sorgt gemäß P01, Teilkomplex 2 für den Wärmetransport aus dem Kavitationsraum in das Konditionierungsgefäß 12, welches zugleich ein Wärmespeicher ist, aus dem mittels Wärmetauscher 13 Wärme zur Nutzung oder Kühlung abgezogen werden kann.

- Das Kavitationsmedium 7 besteht aus wasserstoffhaltigen Verbindungen gemäß Punkt 032, dem Elektrolyten mit Promotor-Elementen gemäß P09 zugesetzt sind und diesen Eigenschaften eines Kavitations- und Elektrolysemediums gemäß P01, P02 und P04 verleihen.

- Bei Anlegen einer negativen impulsförmigen oder konstanten Spannung  $U_{Ely}$  an das Target 8 kommt es zum stationären bzw. gepulsten elektrolytischen Stromfluss zwischen Target 8 und dem geerdeten Emitter 6. An der Oberfläche der Kathode kommt es zur Bildung neuer Oberflächenbläschenkeime, von H-Radikalen und rekombinierten  $H_2$  Molekülen.

- Damit werden die in P02, P04 bis P09 beschriebenen Vorteile des Verfahrens der elektrochemischen Anregung in-situ realisiert.

- Die im Kavitationsraum gebildeten Gasbläschen werden gemäß P10 durch eine schalltransparente Folie 25 in Kathodengas 26 und Anodengas 27 getrennt

- Das Kathodengas verlässt den Kavitationsraum durch Öffnungen in der Stirnfläche des Targets 8 und gelangt in den Gasentladungsraum 18, wo die Nachreaktion gemäß P11 stattfindet.

- Zwischen der durch die Isolatorschicht 19 verdeckten Gegenelektrode 20 sowie der äußeren strukturierten Stirnfläche des Targets 8, bildet sich bei Anlegen einer periodischen Hochfrequenz-Impulsspannung  $U_{DBD}$  die filamentäre DBD-Entladung gemäß P11 aus.

- Die Isolatorschicht 19 zwischen Gegenelektrode 20 und Elektrode 8 wird gemäß Punkt 37 und P05 aus feldverstärkenden dielektrischen Materialien gebildet.

- In der filamentären, nichtthermischen DBD-Entladung gemäß P11 finden gleichzeitig die konventionelle exotherme Rekombination von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser und die entsprechende endotherme Zerlegung von Wassermolekülen im Dampf statt. Zusätzlich findet aber auch Wärmeerzeugung durch die exotherme, metallgittergestützte, elektro-



magnetische Kondensation von Wasserstoffatomen statt, ähnlich wie in der Kavitationskammer, insbesondere an der mit Katalysator gemäß P06 beschichteten, gemäß P07 strukturierten äußeren Oberfläche der Stirnseite des Targets 8.

- Das Anodengas 27 sowie der Abstrom aus der Gasentladung gelangen durch ein Metallgitter in den Rekombinator 17, in dem die Nachreaktion gemäß den Punkten 017 und 043 und P12 fortgesetzt und abgeschlossen wird. Durch die Rekombination des Elektrolysegases wird der Druckaufbau im System begrenzt.

- Durch Wärmeleitung wird die im Rekombinator 17 freigesetzte Rekombinationswärme in das Konditionierungsgefäß 12 überführt und trägt zur Wärmebilanz des Verfahrens bei.

- Das entstehende Kondensat wird rezykliert.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

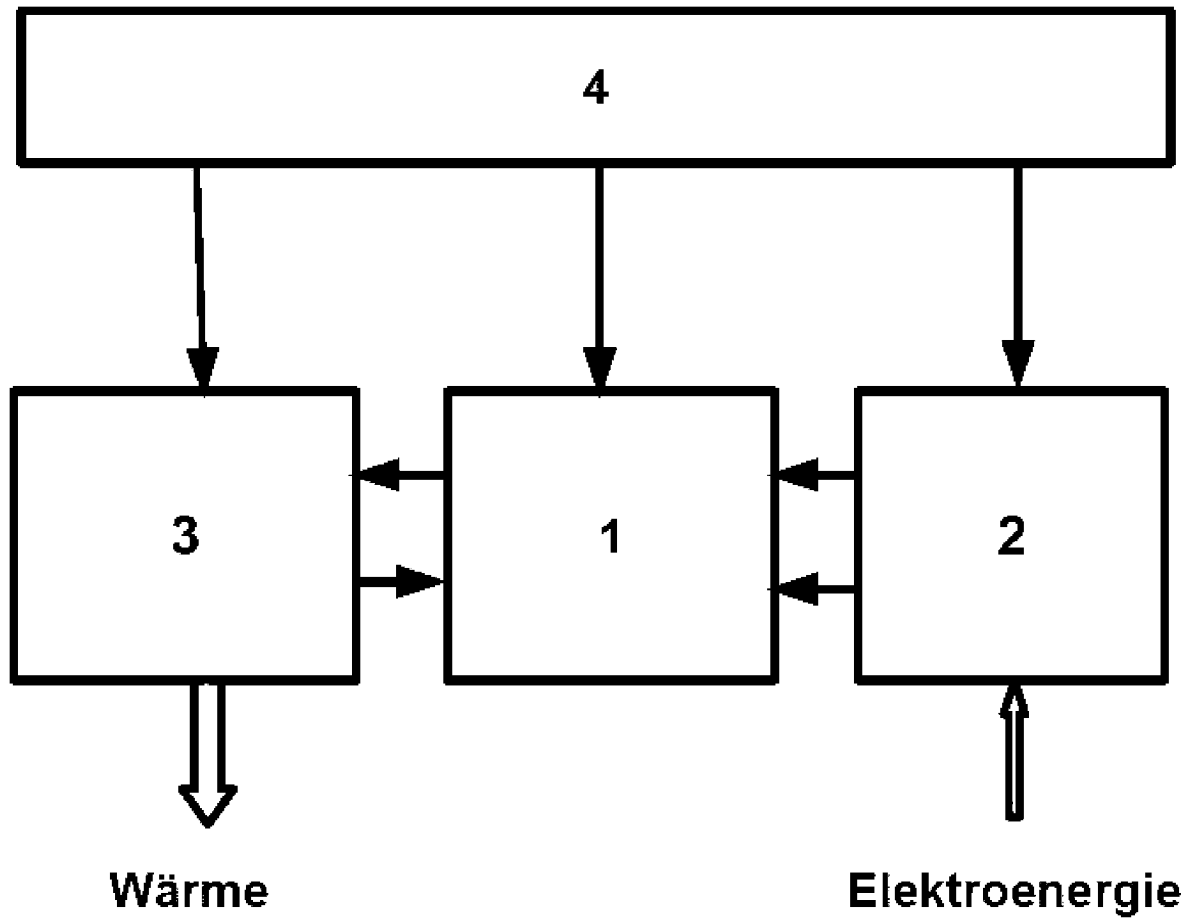


Abbildung 1

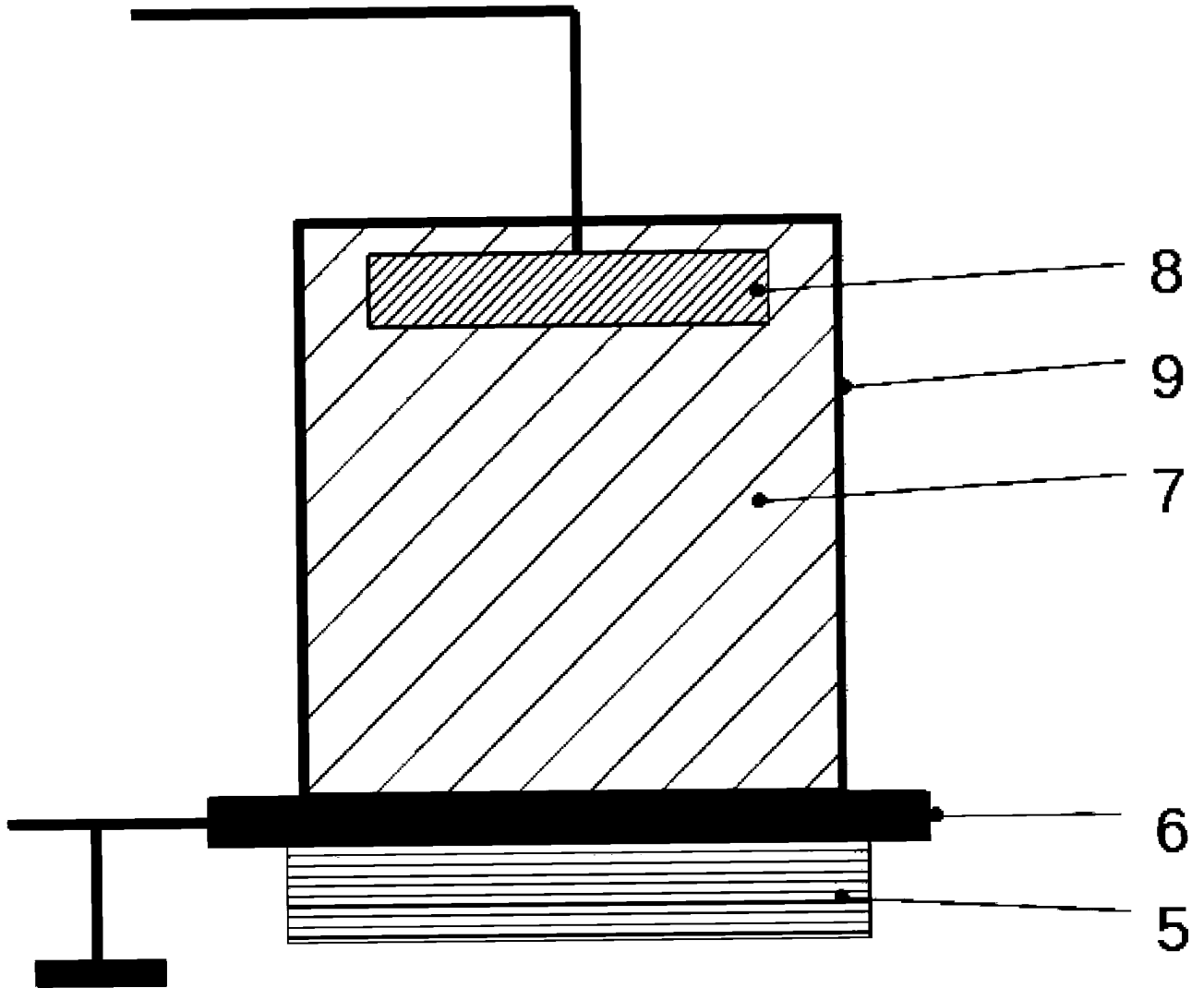


Abbildung 2a

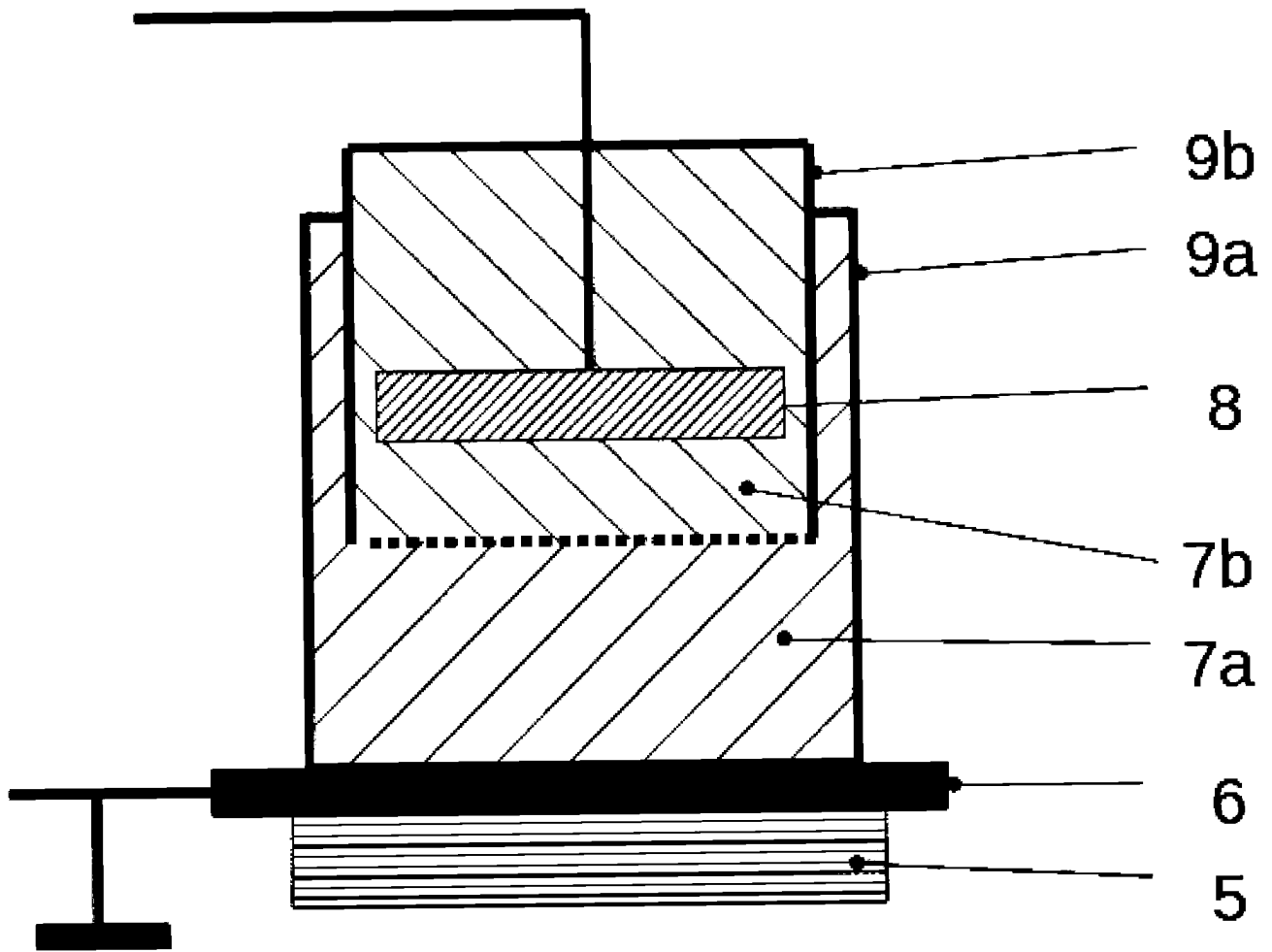


Abbildung 2b

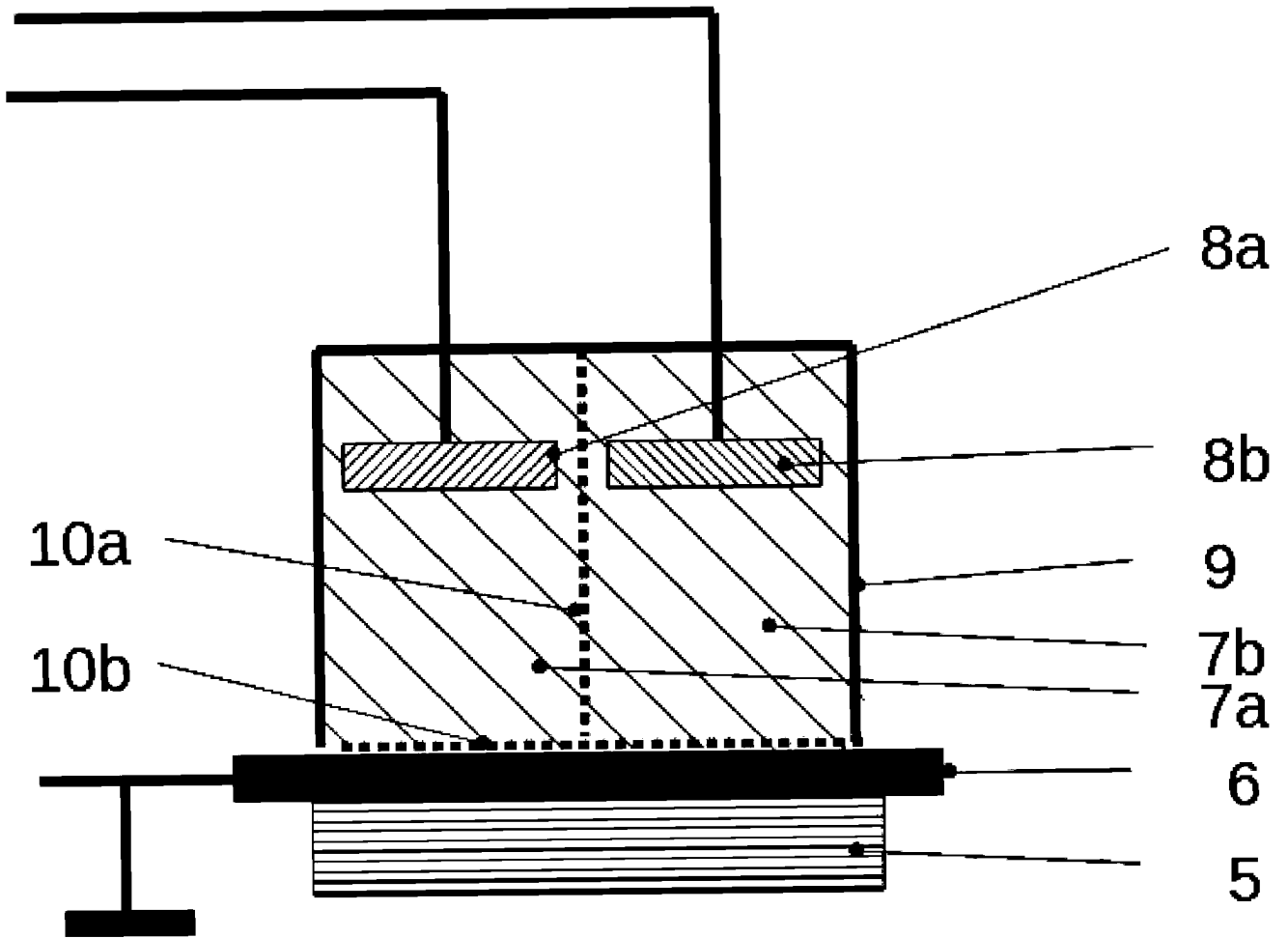


Abbildung 2c

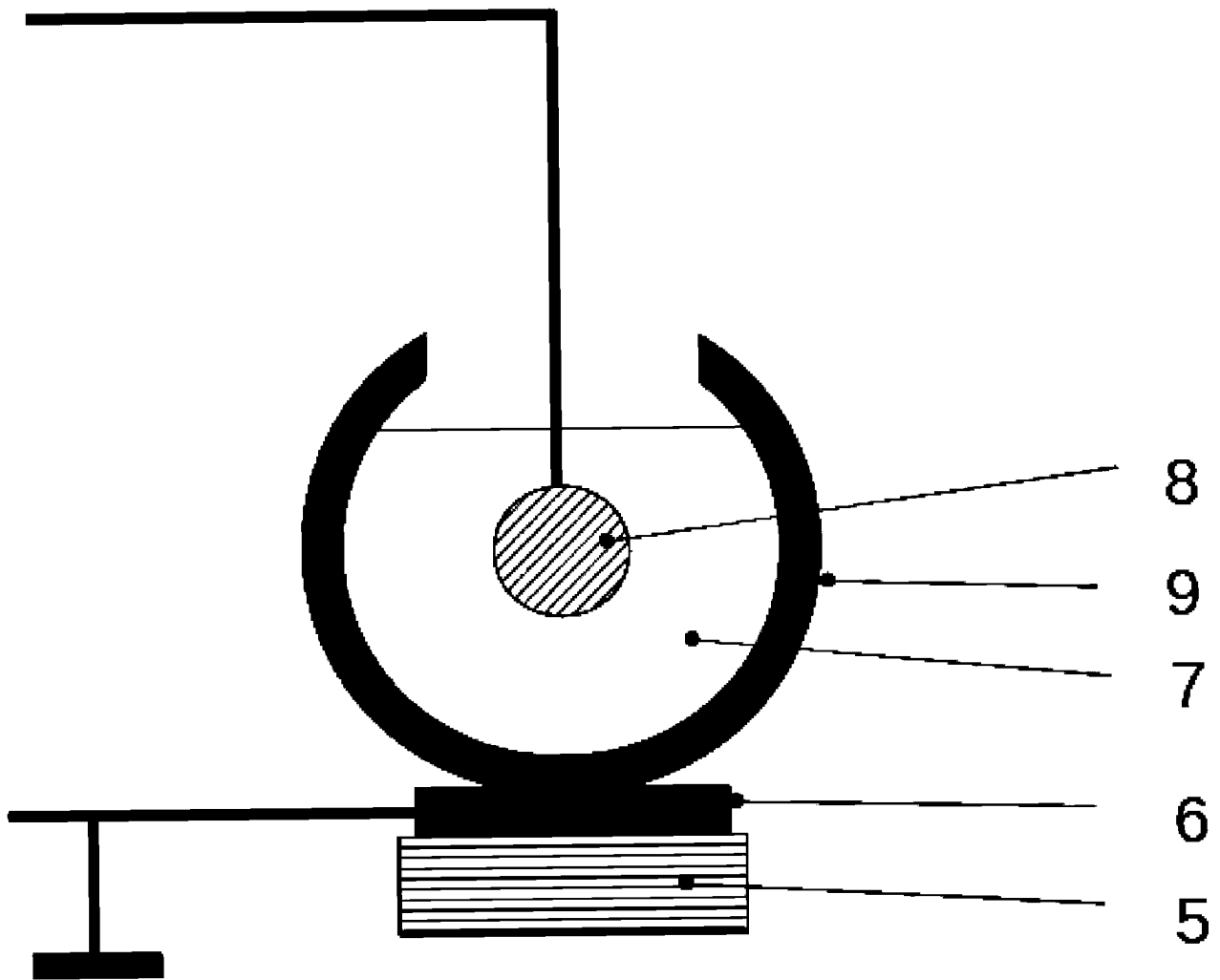


Abbildung 3a

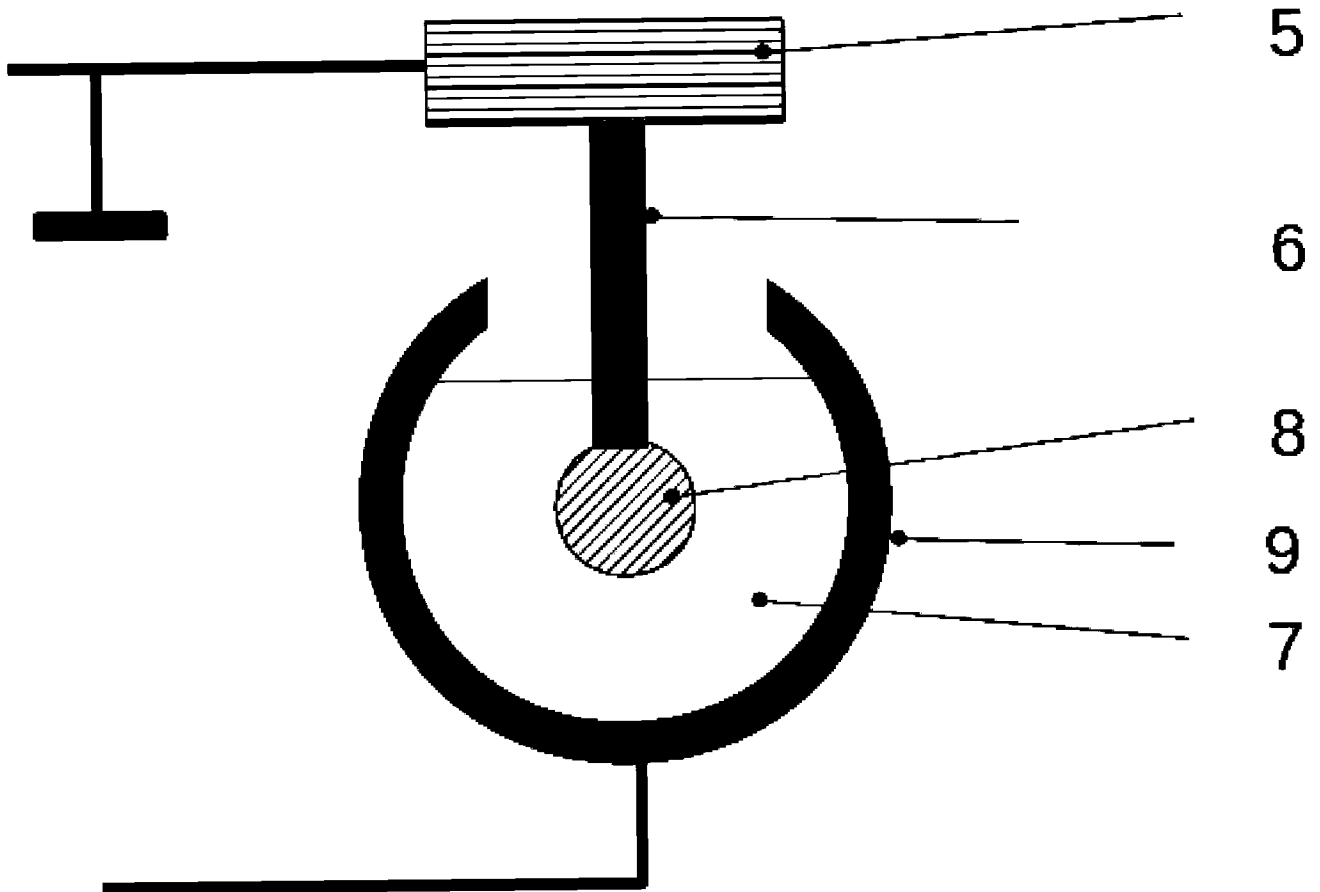


Abbildung 3b

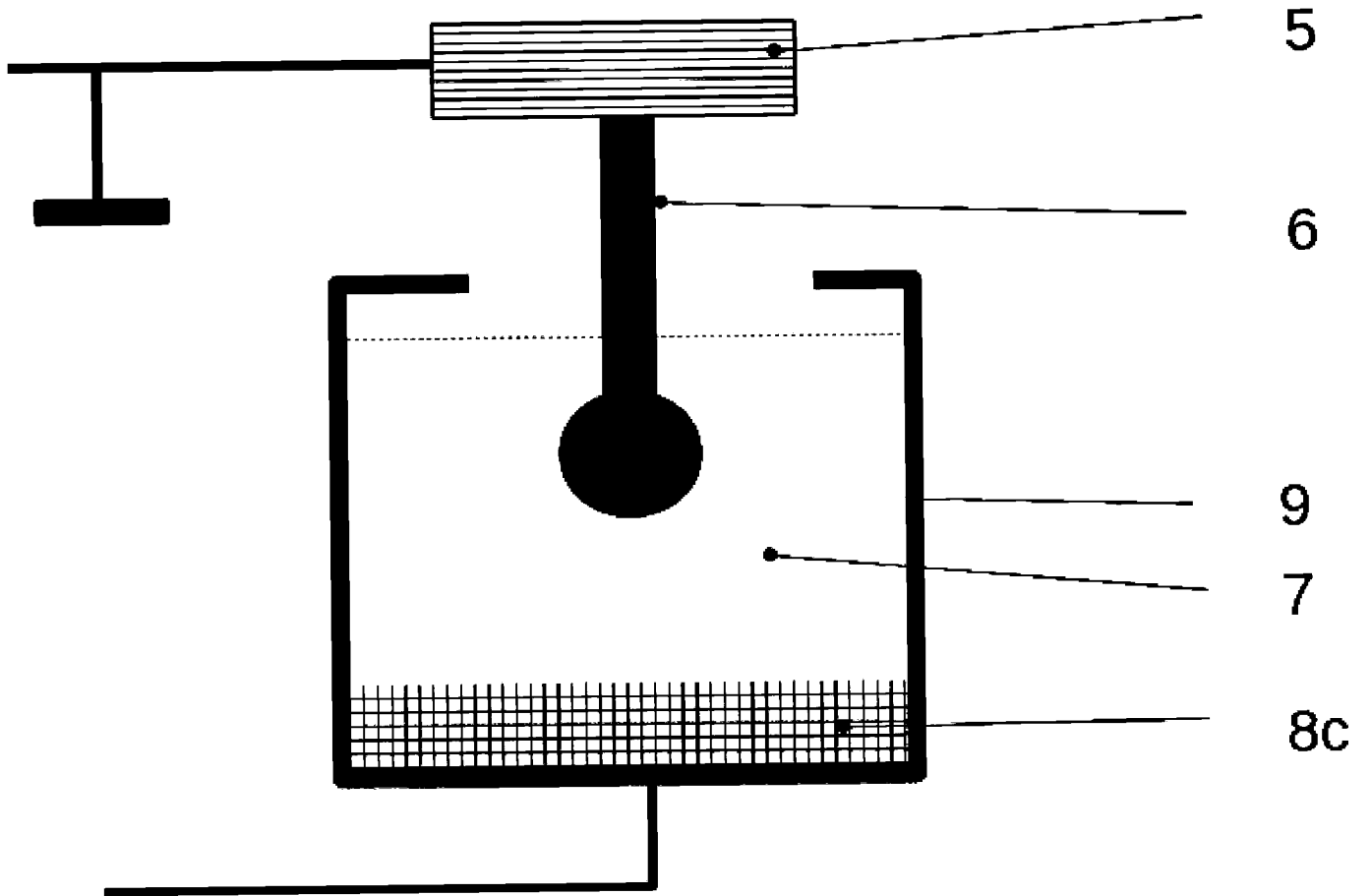


Abbildung 3c



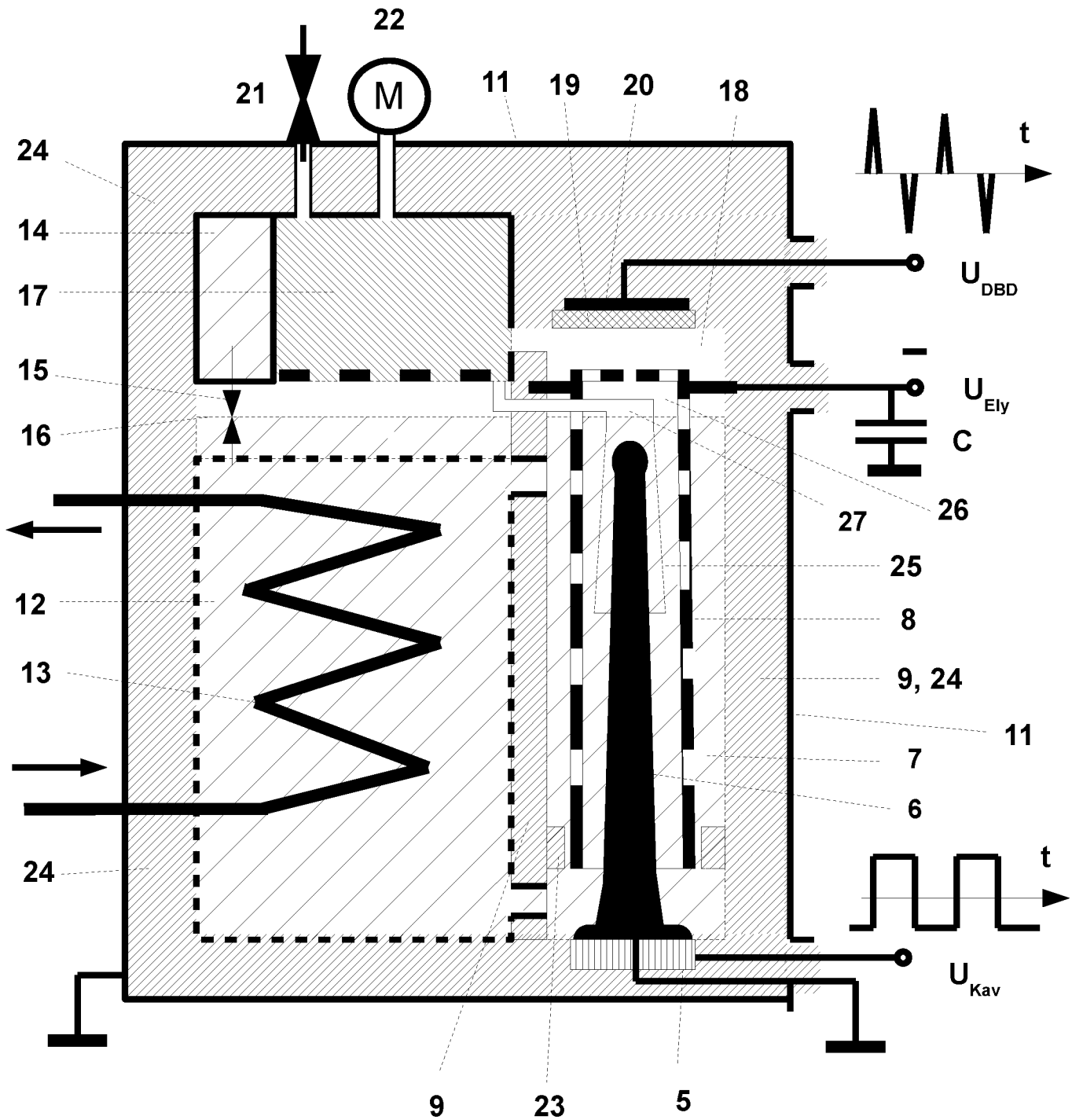


Abbildung 4