

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 172/2018
(22) Anmeldetag: 13.06.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2019

(51) Int. Cl.: **C10L 3/08** (2006.01)
H02K 44/08 (2006.01)
H02N 3/00 (2006.01)
H05H 1/02 (2006.01)
F23R 3/28 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 3467842 A
US 3720850 A
US 4516043 A
US 2012153772 A1
DE 102013105503 A1

(71) Patentanmelder:
GS Gruber-Schmidt GmbH
1180 Wien (AT)

(72) Erfinder:
Gruber-Schmidt Johann Dipl.Ing. Dr.
1180 Wien (AT)

(74) Vertreter:
Gruber-Schmidt Johann Dipl.Ing. Dr.
1180 Wien (AT)

(54) **Erzeugung von Dimethylether aus Kohlendioxid und Wasserstoff mit Hilfe eines thermoionischen und magnetohydrodynamischen Generators**

(57) Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erzeugung von elektrischer Energie und Thermischer Energie umfasst eine Brennkammer (9) zur Erzeugung eines heißen Abgases (10) aus Kohlenmonoxid und Wasserdampf durch Verbrennung von Restgasen (1) mit Sauerstoff gewonnen mit Hilfe einer Druckwechseladsorption (6), die Abkühlung des heißen Abgases mit Hilfe von Wärmetauscher (11,13,15), die Kondensation von Wasserdampf (17) und die Kondensation von Kohlendioxid (20), umfassend einen Verdichter(34), einen thermoionischen Generator (39), einem magnetohydrodynamischen Generator (42), einen Wärmetauscher (45) für Wärmeprozesse, einen Kondensator (32) für die Verflüssigung von Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber, einen Tank (31), eine Pumpe(30) mit Regelarmatur, einen Tank (26) für Helium und Argon mit einem Verdichter (27) und einer Regelarmatur (28). Die Erfindung umfasst auch einen Wärmetauscher als Rekuperator (48) und einen Plasmagenerator (54) zur Erzeugung von Wärme, um das Gas- und Dampfgemisch aufzuheizen. Die so gewonnene elektrische Energie wird dazu genutzt um aus Wasser mit Hilfe von Elektrolyse Wasserstoff zu erzeugen, um so zusammen mit Kohlendioxid und Wasserstoff (91) Dimethylether(108) zu erzeugen.

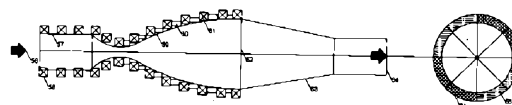


Abbildung 6

Zusammenfassung

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erzeugung von elektrischer Energie und Thermischer Energie umfassend eine Brennkammer (9) zur Erzeugung eines heißen Abgases (10) aus Kohlenmonoxid und Wasserdampf durch Verbrennung von Restgasen (1) mit Sauerstoff gewonnen mit Hilfe einer Druckwechseladsorption (6), die Abkühlung des heißen Abgases mit Hilfe von Wärmetauscher (11,13,15), die Kondensation von Wasserdampf (17) und die Kondensation von Kohlendioxid (20), umfassend einen Verdichter(34), einen thermoionischen Generator (39), einem magnethydrodynamischen Generator(42), einen Wärmetauscher (45) für Wärmeprozesse, einen Kondensator (32) für die Verflüssigung von Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber, einen Tank (31), eine Pumpe(30) mit Regelarmatur, einen Tank (26) für Helium und Argon mit einem Verdichter (27) und einer Regelarmatur (28). Die Erfindung umfasst auch einen Wärmetauscher als Rekuperator (48) und einen Plasmagenerator (54) zur Erzeugung von Wärme, um das Gas- und Dampfgemisch aufzuheizen. Die so gewonnene elektrische Energie wird dazu genutzt um aus Wasser mit Hilfe von Elektrolyse Wasserstoff zu erzeugen, um so zusammen mit Kohlendioxid und Wasserstoff (91) Dimethylether(108) zu erzeugen.

Erzeugung von Dimethylether aus Kohlendioxid und Wasserstoff mit Hilfe eines thermoionischen und magnethydrodynamischen Generators

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erzeugung von elektrischer Energie und Thermischer Energie umfassend eine Brennkammer (9) zur Erzeugung eines heißen Abgases (10) aus Kohlenmonoxid und Wasserdampf durch Verbrennung von Restgasen (1) mit Sauerstoff gewonnen mit Hilfe einer Druckwechseladsorption (6) aus gesaugter Luft (5), die Abkühlung des heißen Abgases mit Hilfe von Wärmetauscher (11,13,15), die Kondensation von Wasserdampf (17) mit Speicherung in einem Tank(18) und die Kondensation von Kohlendioxid (20) mit der Speicherung in einem Tank(21), umfassend einen Verdichter(34), einen thermoionischen Generator (39), einem magnethydrodynamischen Generator(42), einen Wärmetauscher (45) für die Gewinnung von Abwärme für die Verwertung in anderen Wärmeprozessen, einen Kondensator (32) für die Verflüssigung von Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber, einen Tank (31), eine Pumpe(30) mit Regelarmatur für das flüssige Metall, einen Tank (26) für Helium und Argon mit einem Verdichter (27) und einer Regelarmatur (28) zum Nachspeisen von Leckage im Kreislauf. Die Erfindung umfasst auch einen Wärmetauscher als Rekuperator (48) und einen Plasmagenerator (54) an Stelle einer Brennkammer (9) zur Erzeugung von Wärme, um das Gas- und Dampfgemisch aufzuheizen. Die so gewonnene elektrische Energie wird dazu genutzt um aus Wasser mit Hilfe von Elektrolyse Wasserstoff zu erzeugen, um so zusammen mit Kohlendioxid und Wasserstoff (91) Dimethylether (108) zu erzeugen.

Die Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme ist eine seit Menschengedenken wichtiger Eckpfeiler der wirtschaftlichen Entwicklung. Bis zur Entdeckung der elektrischen Eigenschaften von Ampere, dem Induktionsgesetz von Faraday, war Wärme aus den Rohstoffen wie Holz, Gas und Kohle Motor der wirtschaftlichen Entwicklung. Mit der Entdeckung der Elektrizität wurden die fossilen Brennstoffe in der Wertigkeit verbessert, denn zur Erzeugung der Wärme kam nun die Erzeugung elektrischer Energie hinzu. Selbst die Entdeckung der radioaktiven Elemente ausgehend von den Untersuchungen der Pechblende, haben den Anteil der fossilen Brennstoffe um die radioaktiven Erze erweitert, aber an der Verwertung zu Strom und Wärme über mechanische Maschinen wie Dampfturbinen und Gasturbinen hat sich nichts geändert. Der Ausnutzungsgrad des Brennstoffes war und blieb gering. Aus heutiger Sicht kommen noch die umweltrelevanten Gesichtspunkte hinzu, wie Emissionen und Verschmutzung der Umwelt und die hochgradig strahlenden Abfälle, die kaum recycelt werden können, bzw. werden.

Betrachtet man die heute verfügbaren Treibstoffe, so stellt man fest, dass diese in dem energetischen Dichte limitiert sind. In der folgenden Tabelle werden einige Treibstoffe miteinander verglichen:

Type	Hu (kWh/kg)	Hu(kWh/Nm ³)	ρ (kg/m ³)
Schwachgas		1,5	1,0
Syngas		4,0	1,0
Biogas		5,0	1,0
Erdgas		10,0	0,9

Kohle	10,0		1,4
Diesel	10,0		840
DME	8,3		700
DBE	11,4		800

Tabelle 1: Heizwerte (Hu) (kJ/kg; kJ/m³) von flüssigen, gasförmigen und festen Treibstoffen

Aus dem Vergleich erkennt man, dass die flüssigen Treibstoffe ein Maximum an Heizwert in der Größenordnung von 10 bis 11,5 kWh/kg erreichen. Doch diese Heizwerte sind gering, und führen immer wieder zu der Frage, gibt es eine Alternative zu den Brennstoffen, um Wärme und in der Folge aus der Wärme Strom zu erzeugen.

Folgt man dem Gedanken der Nachhaltigkeit und Wiederverwendbarkeit (Erneuerbaren) Energie, so stellt man fest, dass mit dem Recycling von Gasen und flüssigen Stoffen, eine Begrenzung in der Verfügbarkeit und der Energiedichte.

Damit kann man in sehr einfacher Weise folgende Schlussfolgerungen ableiten: wir benötigen höhere elektrische Wirkungsgrade in der Energieumwandlung (siehe Tabelle 2) und wir benötigen höhere Energiedichten bei dem Einsatz von bekannten Brennstoffen und bei möglichen neuen Brennstoffen, um die Anlagen klein, kompakt und sehr effizient bauen zu können. Die Anlagen haben somit eine höhere Leistungsdichte aufzuweisen:

Type	$\eta(\text{ele})$	$\eta(\text{thermal})$	P(ele)
Biomasse	22%	70%	5 MW
Biogas	36%	43%	0.5MW
Dampfkraft	25%	60%	5 – 400 MW
Gaskraft	25%	60%	5 – 400 MW
Combined Cycle	50%	35%	400 – 1200 MW
SOFC	60%	30%	0.5 – 5 MW

Tabelle 2: Spezifische Leistungen der Anlagen bezogen auf die gleichen Anlagenflächen (m²)

Dimethylether (DME) kann man auch aus Kohlendioxid und Wasserstoff herstellen. Sammelt man Kohlendioxid (CO₂) in flüssiger Form, dann kann man zusammen mit Wasserstoff Methanol herstellen und Methanol zu Dimethylether (DME) reduzieren. In der Oxidation von Dimethylether mit Sauerstoff zu Wasserdampf und Kohlendioxid gewinnt man Wasser und Kohlendioxid zurück. Das so gewonnene Kohlendioxid kann man wieder der Dimethyletherherstellung rückführen. Der einfachste Weg zur Erzeugung von Wasserstoff ist die Elektrolyse von Wasser zu Sauerstoff und Wasserstoff. Die Elektrolyse benötigt 4.1 bis 5.0 kWh/Nm³ zur Erzeugung von 1 Nm³ Wasserstoff. Damit leitet sich eine weitere Anforderung ab, mit kompakten, einfachen und sehr effizienten Anlagen günstig und effizient Strom zu erzeugen, den wir für die Elektrolyse nutzen können.

Um kompakt und einfach bauen zu können, gehen wir von einem geschlossenen Kreisprozess mit sehr hohen Temperaturen aus, was einen guten Carnotschen Wirkungsgrad führt und eine weitere Forderung sind große Mengen an thermischer Energie, die einen sehr hohen Anteil an Exergie aufweist. Unter Exergie versteht man jenen Anteil der thermischen Energie dessen Enthalpie in eine andere Energieform umgewandelt werden kann. Warmwasser mit 95°C hat einen sehr geringen Anteil an Exergie und einen sehr hohen Anteil an Anergie und kann daher nur mehr sehr bedingt zu anderer Energie in Form von mechanischer Arbeit oder elektrischer Leistung umgewandelt werden.

Für einen guten Wirkungsgrad ist ein Temperaturniveau in der Größenordnung von 1800°C anzustreben. Um kompakt und einfach bauen zu können, suchen wir eine direkte Umwandlung der thermischen Energie in elektrische Energie. Die bisherigen Verfahren gehen immer von einer indirekten Umwandlung der thermischen Energie mittels eigenen Kreisläufen aus, wie dem Wasserdampfkreislauf aus, der nur geringe elektrische Wirkungsgrade und hohe thermische Wirkungsgrade aufweist. Dieses Verhältnis muss umgedreht werden, wir suchen daher elektrische Wirkungsgrade von 70% und thermische Wirkungsgrade von 20% bei einem Verlust von 10%.

Für die dezentrale Anwendung in regionalen Energieerzeugung ist zudem zu berücksichtigen, dass die Anlagen mobil und für den kleinen Leistungsbereich geeignet sind. Damit ergibt sich die anzustrebende Eigenschaft der Modularität und Mobilität.

Die Aufgabe die nun zu lösen ist umfasst die Erzeugung von Strom und Wärme aus einem Brennstoff mit hoher Energiedichte, die Umwandlung der exergiereichen Wärme direkt in elektrische Energie, die Nutzung der exergiereichen Abwärme als Prozesswärme, eine modulare, kompakte, einfache und mobile Bauform der Anlage und deren Anlagenkomponenten, die über einen weiten Bereich skalierbar sind. Die elektrische Energie wird benötigt um Dimethylether aus Kohlendioxid und Wasserstoff herzustellen. Zudem ist die Aufgabe gestellt das Recycling von Kohlendioxid zu unterstützen, und keine Umweltrelevanten Auswirkungen in Form von Asche Abfall, oder Abgasemissionen oder hochgradig strahlenden Reststoffen zu erhalten, Zero Emission ist eine wesentliche Eigenschaft.

Die in dem Patent **US 2 510 397** beschriebene Vorrichtung beschreibt einen thermoelektrischen Generator. Der Nachteil von thermoelektrischen Generatoren sind die niedrigen Temperaturen, die die Materialien des thermoelektrischen Generators aus konstruktiven Gründen ertragen werden kann. Zudem ist zu beobachten, dass die Wirkungsgrade von thermoelektrischen Generatoren sehr gering.

Das in dem Patent **US 2004/0178353 A1** beschriebene Verfahren erzeugt Positronen durch Beschuss eines Targets mit einem Elektronenstrahl. Der Nachteil dieses Verfahrens ist die notwendige hohe Energie der beschleunigten Elektronen von 10 MeV und durch die Interaktion mit dem Target werden nicht nur Positronen, sondern auch Elektronen und Gammastrahlen, sowie Röntgenstrahlen erzeugt. Das Patent beschreibt die Erzeugung von Positronen für messtechnische Zwecke, wo hohe kinetische Energie der Positronen notwendig ist.

In der folgenden Tabelle werden die Energiedichten von fossilen und nuklearen chemischen Reaktionen dargestellt:

Reaktionen	Brennstoffe	J/kg	Umsetzung/Dichte
C+O ₂	Restgase, Restfluid	1,35 10 ⁷	1,25 10 ⁻¹⁰
H ₂ + O ₂	Restgase, Restfluid	1,35 10 ⁷	1,25 10 ⁻¹⁰
Wasserstoff	H ₂	2,18 10 ⁸	2,40 10 ⁻⁹

Kernspaltung	U^{235}	$8,20 \cdot 10^{13}$	$9,10 \cdot 10^{-4}$
Fusion A	pB^{11}	$7,32 \cdot 10^{13}$	$8,10 \cdot 10^{-4}$
Fusion (Annihilation)	(e^+, e^-)	$9,00 \cdot 10^{16}$	1,0
	(p^+, p)	$1,80 \cdot 10^{17}$	100

Tabelle 3: Darstellung der chemischen Reaktionen von Brennstoffe und der mit den chemischen Reaktionen verbundenen Energiedichten.

Die in der Tabelle 3 angeführte Fusion von Protonen mit dem Isotop B^{11} wird nicht weiterverfolgt, denn die hier aufgelistete Fusion ist als neutronenlose Fusion bekannt, bedingt aber hoher energetische Inhalte der Protonen ($> 600 \text{ MeV}$) die nur durch aufwendige Teilchenbeschleuniger zu erreichen sind, um dann im Reaktor mit dem Isotop B^{11} zu verschmelzen. Ein weiterer Nachteil ist der hohe Anteil an Bremsstrahlung, die den Wirkungsgrad der chemischen Fusion deutlich reduziert.

In diesem Punkt ist darauf hinzuweisen, dass auch die Erzeugung von Protonen aus Wasserstoff und mit Hilfe einer Glühkathode hohe Energiemengen benötigt, einerseits durch die Erzeugung von Wasserstoff aus Wasser und die Erzeugung von Protonen aus Wasserstoff. Ein Nachteil ist jedoch, dass die für die Fusion benötigten Antiprotonen nicht so einfach erzeugt werden können. Der Vorteil bei der Fusion von Proton mit einem Antiproton ist der große Wirkungsquerschnitt, sodass es schon bei geringen Dichten zur Fusion kommen kann.

Erfindungsgemäß wird die Wärme aus der Verbrennung von Restgasen und flüssigen Reststoffen in einer Brennkammer (9) unter hohem Druck von 50 bar durchführt. Dabei eignet sich der hohe Druck in der Brennkammer und den Wärmetauschern für die Übertragung der Abwärme in einer kompakten und einfachen Bauweise. Zudem kann man bei einem Druck von 50 bar Wasserdampf bei einer Temperatur von $T=263^\circ\text{C}$ kondensieren (17), und Kohlendioxid bei einer Temperatur von $T=14^\circ\text{C}$ verflüssigen (20). Erfindungsgemäß wird diese Eigenschaft ausgenutzt.

Die Erfindung umfasst aber auch den für den hohen Druck geeignete Form der Brennkammer (9), denn eine turbulente Flamme bei der Verbrennung von Restgasen (1) und Restfluiden (1) mit Hilfe von Sauerstoff (6) nicht stabil. Daher wird erfindungsgemäß das Prinzip der Oberflächenverbrennung ausgenutzt. Die Brennkammer wird mit keramischen Kugeln gefüllt, die für eine Temperatur von 2000°C beständig sind. Kommen nun das Gasgemisch aus Restgasen und Sauerstoff mit der heißen Oberfläche in Kontakt, dann finden an der Oberfläche chemisch Oxidationsprozessen statt, sodass eine Verbrennung stattfindet. Diese Oxidation finden in den Zwischenräumen der keramischen Schüttung statt, die durch die Porosität beschrieben wird. Da die Wärme nicht nur an das Dampfgemisch aus Kohlendioxid und Wasserdampf (10) abgegeben und so eine Temperatur von 1800°C (10) erreicht, zudem wird die Wärme in den Kugeln gespeichert, und so der Wirkungsgrad in der Umsetzung verbessert und man erreicht so einen sehr guten Umsetzung in der Oxidation oder einen sehr geringen Anteil an unverbrannten Gasanteilen.

Erfindungsgemäß konzentrieren wir uns neben der Verbrennung von Restgasen und Restfluiden mit Hilfe von Sauerstoff auch auf die Möglichkeit der Ausnutzung von Wärme bei den chemischen Reaktionen aus der Fusion von Elektronen und Positronen. Betrachtet man folgende nukleare chemische Reaktionen, die die Fusion von Elektronen und Positronen, dann kann man zusammenfassen:



Um diese chemische nukleare Reaktion umsetzen zu können, benötigen wir eine Positronenquelle. Im Folgenden wird die Leistung der Positronenquelle genauer definiert.

$N_{e^+} = N/\text{sec}$ (Anzahl der Positronen, die pro Sekunde ausgestrahlt werden)

$N_{e^-} = N/\text{sec}$ (Anzahl der Elektronen, die im Plasma verfügbar sind)



Für die thermische Energie ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$Q = 2N \cdot 0.511 \text{ MeV} \quad 1 \text{ eV} = 1.62 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$Q = 2N \cdot 0.511 \cdot 1.62 \cdot 10^{-19} \text{ W}$$

$$Q = 2N \cdot 0.511 \cdot 1.62 \cdot 10^{-19} \text{ kW} = N \cdot 1.65 \cdot 10^{-16} \text{ kW}$$

$$N = Q \cdot 0.603 \cdot 10^{16} \text{ kW}$$

Die Auswertung ergibt folgende einfache Tabelle:

Q (kW)	Np(1/sec)- e ⁺
50	3.0195E+17
100	6.039E+17
250	1.5098E+18
500	3.0195E+18
1000	6.039E+18
2500	1.5098E+19
5000	3.0195E+19

Tabelle 4: Anzahl der benötigten Positronen um entsprechende thermische Energie Q(kW) zu erzeugen

Damit ist die kritische Teilchenzahl N/sec definiert, die benötigt werden, um die entsprechende thermische Energie zu erzeugen. Erfindungsgemäß wird eine Strahlungsquelle verwendet, die zumindest die kritische Strahlungsintensität abgibt, und es so ermöglicht thermische Energie zu erzeugen.

Erfindungsgemäß soll die Erzeugung von Positronen über den bekannten β^+ Zerfall erfolgen. Folgende stabile Isotope erzeugen Positronen: (K^{40} , N^{13} , O^{15} , Al^{26} , F^{18} , J^{124} , C^{11} , ...) sind bekannt und können verwendet werden. Als Beispiel sei hier für die Erzeugung von Positronen angeführt:

Die Intensität der e^+ Quelle beträgt in der Regel 10^9 N/sec. Das ist geringer als die benötigte kritische Teilchendichte, um eine entsprechende thermische Energie zu erzeugen. Daher müssen die Isotopen angereichert werden. Bei den Isotopen unterscheidet man jene Isotope die direkt Positronen abstrahlen, und jene Isotope, die Gammastrahlen emittieren. Der Prozess der Erzeugung von Positronen erfolgt über ein Target aus Platin oder Tungsten, das mit Gamma Quanten aus dem Isotop beschossen wird. Dabei kommt es zur Paarbildung von Elektronen und Positronen, wobei die Elektronen und Positronen durch unterschiedliche Potenzialfelder getrennt werden.

Alternativ zu den stationären Positronenquellen kann man die Positronen auch durch einen Beschuss eines Targets aus Tungsten mit Elektronen erzeugen. Dabei erzeugt 1 Elektron mit einer Energie von 10 MeV rund das 22500-fache an Positronen. Damit kann die Teilchendichte des Elektronenstrahles definiert werden:

Die Auswertung ergibt folgende einfache Tabelle:

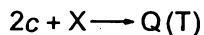
Q (kW)	Np(1/sec)- e ⁻
50	1.342E+13

100	2.684E+13
250	6.71E+13
500	1.342E+14
1000	2.684E+14
2500	6.71E+14
5000	1.342E+15

Tabelle 5: Auswertung der Teilchendichte des Elektronenstrahles aus der Kathode, der auf das Target trifft.

Die dabei erzeugten Positronen und Elektronen werden durch elektrostatische Felder getrennt und über einen Moderator dem Plasma zugeführt. Der Moderator hat die Aufgabe die Energie der Positronen von 1 bis 10 MeV auf < 0.5 MeV zu reduzieren, damit diese für die Fusion mit den im Plasma vorhandenen Elektronen zur Verfügung stehen.

Ein Ergebnis der chemischen Reaktionen aus der Fusion von Elektron und Positron sind niedrig energetische Gammalichtblitze. Unter niedrigerenergetischer Strahlung versteht man die aus der Fusion von Elektron und Positron entstehende Gammastrahlung in Form von 2 Gammaquanten, deren Energie kleiner als $E < 0.51$ [MeV] ist. Diese Strahlung kann nun in Neutronen oder direkt in elektrische Energie durch die Paarbildung $[e^+, e^-]$ umgewandelt werden. Die ausgestrahlten Gamma Quanten sind keine gerichtete Strahlung, obwohl die Gamma Quanten im Winkel von 180° bezogen auf die Mitte der Geschwindigkeitsvektoren von Elektron und Positron, sondern erfolgen diffus in Abhängigkeit von der aktuellen Geschwindigkeit und Lage der fusionierenden Elektronen mit Positronen. Um die Energie der Gammaquanten zu nutzen stellt sich die Frage nach der Umwandlung der γ Quanten durch die Wechselwirkung mit der Materie zu thermischer Energie, indem niedrigerenergetische Neutronen (auch als thermische Neutronen bezeichnet) emittiert werden

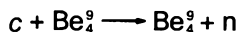


Um aus der Wechselwirkung von Gamma Quanten mit Materie thermische Energie zu erzeugen, benötigt man Niedrigenergie Quanten mit einer Energie $E < 0.511$ [MeV] die folgende Eigenschaften aufweisen:

Gamma	Lambda(°A)	Lambda(cm)	F(Hz)	E(eV)
	$< 0,1$	$< 10^{-9}$	$> 3 \cdot 10^{19}$	$> 10^5$

Tabelle 6: Eigenschaften von Gammaquanten im Niedrigenergiebereich

Als eine mögliche Wechselwirkung der Gammaquanten mit Materie ergibt sich folgende chemische Reaktionen

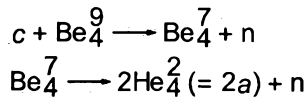


$\gamma + \text{Be}$	Q(MeV)	n(MeV)	N(1/sec)
	-1,67	$< 0,6$	$0,9 \cdot 10^6$

Tabelle 7: Eigenschaften der chemischen Reaktion von Gamma Quanten und Beryllium(Be)

Die Wechselwirkung von Gamma Quanten mit dem stabilen Isotop von Beryllium(4,9) erzeugt Neutronen mit geringer thermischer Energie. Diese thermische Neutronenstrahlung bezeichnet auch als langsame Neutronen sind jene Neutronen, die zu thermischer Energie umgewandelt werden können. Erfindungsgemäß werden diese Neutronen in ein Plasma geleitet, das sich dadurch aufheizt. Das Berylliumisotop(4,9) ist ein Feststoff, der auf einem Block aus Bornitrit aufgebracht wird. Bornitrit hat die Eigenschaft der sehr guten Wärmeleitung und hat eine sehr gute dielektrische Eigenschaft. Erfindungsgemäß wird der Block aus Bornitrit gekühlt, denn der Positronen Emitter in Form eines Isotopes strahlt auch dann Positronen ab, wenn es kein Plasma gibt und der Reaktor im Stillstand befindet.

Diese Gamma Quanten können in der Folge von Isotopen absorbiert werden, das Isotop dadurch angeregt werden und ein Neutron emittiert werden. Als Beispiel für diese Absorption der Gamma Quanten und der Emission von niedrig energetischen Neutronen sind folgende chemische Gleichungen anführt:



Die Gammaquanten sind niedrige Energiestrahlung $< 0.511 \text{ MeV}$ und kann daher erfindungsgemäß mit dem Berylliumisotop (4,9) zu einer Neutronenstrahlung und einem instabilen Berylliumisotop (4,7) umgewandelt werden, das dann in zwei geladene Jonen ($\text{He} (2,4)$) zerfällt. (Alphastrahlung). Die Neutronenstrahlung dient dazu das Gas – und Dampfgemisch zu erhitzen.

Erfindungsgemäß besteht der thermische Plasmareaktor aus einem oder mehreren Strahlrohren, die um das Plasmarohr angebracht sind. Zwischen dem Strahlrohr und dem Plasmarohr befindet sich ein Moderator. Im Strahlrohr befindet sich ein Ultrahochvakuum mit einem Druck von 10^{-7} bis 10^{-12} mbar wodurch die Lebensdauer der Positronen deutlich verbessert werden kann.

Das Plasmarohr dient dazu, um induktiv das Fluid aus einem Gas und Dampfgemisch in einen Plasmazustand über zu führen. Im angeregten Plasmazustand werden die Elektronen mit den eingestrahlten Positronen fusioniert. Um meine gute Anregung des Plasma zu erreichen werden Helium oder Argon verwendet, zudem die Metalle Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber, die eine sehr hohe Ionendichte im Plasma ermöglichen. Damit erspart man sich erfindungsgemäß die Verwendung eines Seed, das die Aufgabe hat, die Jonen bei hoher Temperatur zur Verfügung zu stellen.

Die Erfindung umfasst auch die Vorrichtung in Form einer Kombination eines thermoionischen Generators (39) und eines magnethydrodynamischen Generators (42), mit der die thermische Energie direkt in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Der Vorteil dieser Erfindung liegt in den geringem Druckniveau von 1 bis 3 bar des im Kreislauf umlaufenden Gas und Dampfgemisches. Der Druck wird hauptsächlich durch die Lavalldüse im magnethydrodynamischen Generator bestimmt.

Die Vorrichtung in Form einer Kombination eines thermoionischen Generators (39) und eines magnethydrodynamischen Generators (42) zur Erzeugung von elektrischer Energie aus Wärme, umfasst die Kombination des thermoelektrischen Effektes, indem von einer Kathode bei hohen Temperaturen Elektronen emittiert werden. Dabei wird erfindungsgemäß die Abfolge so angeordnet, dass zuerst der thermoionische Generator und dann der magnethydrodynamische Generator angeordnet sind, was dem Temperaturverlauf im Fluid entspricht.

MHD – Prinzip: Bewegte Ladungen q mit der Geschwindigkeit v , bestehend aus der Summe der Gasgeschwindigkeit v_g und der Partikelgeschwindigkeit v_p in einem elektrischen Feld E und Magnetfeld B

$$F = m \frac{dv}{dt} = qE + q(v \# B) \quad v = v_g + v_p$$

Durch das Magnetfeld B wird zudem auf die bewegte Ladung ein Druck $p \sim B^2 / 2 \mu$ mit der magnetischen Leitdicke μ erzeugt. Das Magnetfeld B hat die Funktion die Induktion einer EMK zwischen den $u 90^\circ$ versetzten Elektroden zu ermöglichen, sodass ein Gleichstrom und damit elektrische Leistung erzeugt werden kann, aber zudem auch die Funktion das Gas in einem angeregten Plasmazustand zu halten. Dem Magnetfeld kommen zwei Aufgaben zu:

induktive Erzeugung einer EMK und induktive Anregung eines Plasmazustandes im durchströmenden Gas Dampfgemisch.

Der klassische Magnethydrodynamische Generator (42) nutzt das vereinfachte Prinzip der Erzeugung von elektrischer Energie indem Ionen mit hoher Geschwindigkeit ein Magnetfeld schneiden. Dadurch wird ein elektrisches Feld generiert, das senkrecht zum Magnetfeld wirkt. Der magnethydrodynamische Generator besitzt als ein Magnetfeld, und Elektroden die die elektrisch generierte Energie ableiten. Die Geschwindigkeit der Ionen erhält man durch die hohe Eintrittstemperatur des Gases und in der von sogenannten Keimen. Diese Keime werden unter der Wirkung eines Magnetfeldes zu Ionen aufgespalten.

Die hohe Geschwindigkeit des heißen ionisierten Gases wird am einfachsten durch eine Düse erreicht. Am besten eignet sich eine Lavalldüse, die das heiße ionisierte Gas auf bis zur 10 fachen Schallgeschwindigkeit beschleunigt. Das beschleunigte ionisierte Gas wird in der Düse vom Düsenvordruck auf den Düsenenddruck entspannt. Man erkennt somit zwei Parameter die den Wirkungsgrad des MHD Generators unterstützen: die Leitfähigkeit des Gases indirekt an die Temperatur des Gases gekoppelt. Dabei wird zwischen der realen thermodynamischen Temperatur des Gases und der Elektronentemperatur T_e unterschieden. Entscheidend für den Wirkungsgrad des MHD Generators ist die Elektronentemperatur T_e und die Leitfähigkeit σ des ionisierten Gas und Dampfplasmas.

Für die elektrische Leistung des MHD Generators gilt:

$$P_{ele} = IR_L = \left(\frac{U_0}{R_g + R_L} \right)^2 R_L \quad R_g = \frac{d}{A\sigma} \quad U_0 = Bvd$$

Damit ergibt sich die maximale elektrische Leistung des MHD Generators zu

$$P_{ele} = \frac{B^2 v^2 d A \sigma}{4}$$

Mit A der Elektrodenquerschnittsfläche, mit σ der elektrischen Leitfähigkeit, mit d als Abstand der Elektroden, R_L der Widerstand in den Leitungen, und R_g der Widerstand im Plasma ist, U_0 ist das angelegte Gleichspannungspotenzial.

Wie man aus den einfachen Formeln erkennt, ist es daher im Gegensatz zu dem thermoionischen Generator nicht notwendig sehr hohe Gastemperaturen zu haben. Die Erfindung nutzt daher diesen Umstand aus und verwendet ein Gas Dampfgemisch, das eine sehr hohe Leitfähigkeit auch schon bei geringeren Temperaturen besitzt. Erfindungsgemäß wird ein Gas Dampfgemisch aus Kalium Quecksilber und Argon verwendet. Alternativ dazu wird ein Gas Dampfgemisch aus Kalium Quecksilber und Helium verwendet. Die thermodynamischen Eigenschaften von Kalium Quecksilber bestehen unter anderem darin, dass Kalium Quecksilber (KHg) schon bei 270°C von der flüssigen Phase in die dampfförmige Phase wechselt. Im angeregten Plasmazustand verbleiben dann die K^+ , Hg^{2+} Ionen neben den Elektronen verfügbar. Die thermodynamischen Eigenschaften von Natrium Quecksilber bestehen unter anderem darin, dass Natrium Quecksilber (KHg) schon bei 280°C von der flüssigen Phase in die dampfförmige Phase wechselt. Im angeregten Plasmazustand verbleiben dann die Na^+ , Hg^{2+} Ionen neben den Elektronen verfügbar. Damit erreicht man eine sehr hohe Dichte an Ionen und somit eine sehr hohe Leitfähigkeit. Das bedeutet, dass man erfindungsgemäß neben einer sehr hohen Geschwindigkeit v durch eine Lavalldüse auch eine sehr hohe Leitfähigkeit σ erreichen kann.

Das Prinzip des thermoionischen Generators (39) ist seit der Entdeckung von A. Edison (1883) bekannt. Bei dem thermoionischen Prinzip werden von einer beheizten Elektrode, auch Kathode genannt, Elektronen emittiert. Damit die Elektronen sich bewegen können ist eine EMK notwendig, die ein Spannungspotential voraussetzt:

Elektronen - Dichte: 10^9 bis 10^{11} N/cm² (1V/cm und Druck von $p=1$ bis 10^{-3} mbar). In der Erfindung werden Spannungspotenziale von 10 kV und ein Vakuum zwischen der Kathode und Anode verwendet, das man auch als Hochvakuum bei einem Druck von 10^{-7} bis 10^{-12} mbar bezeichnet.

Um die Emission von Elektronen bei der Elektrode zu unterstützen und um das Spannungspotenzial gering zu halten, wird die Kathode beheizt. Heute verwendete Werkstoffe sind Scandiumoxid, Bariumoxid, auf einem Träger aus Nickel oder Tungsten in Verwendung und ermöglichen eine Emissionsdichte an Elektronen von 460 A/cm².

Die Grundlagen der Emission bei der Kathode ist das Spannungspotenzial der Kathode V_c und der Anode V_a zwischen Kathode und Anode und das Spannungspotenzial ϕ_c , ϕ_a in der Kathode und Anode, damit Elektronen emittiert ε und gesammelt werden können:

$$V_c > \phi_c \quad V_a > \phi_a \quad V_0 = V_c - V_a = \phi_c - \phi_a = \frac{1}{e}(f_a - f_c)$$

Stromdichten in der Kathode und Anode

$$j_c = A_c T_c^2 e^{-\frac{\phi_c}{kT_c}} \quad j_a = A_a T_a^2 e^{-\frac{\phi_a}{kT_a}}$$

(k ist die Boltzmann Konstante in eV, A ist eine empirische Konstante, die aus Versuchen gewonnen wird).

Wärme die der Kathode zugeführt werden muss ergibt sich zu:

$$Q = j_c(V_c + \frac{2kT_c}{e}) - j_a(V_a + \frac{2kT_a}{e}) + A_v f(T_c^4 - T_a^4) \quad e = 1.602 \cdot 10^{-19} \frac{1}{C}$$

Die elektrische Leistung W des thermoionischen Generators (39)

$$W = V_0(j_c - j_a)$$

Thermischer Wirkungsgrad des thermoionischen Generators (39)

$$h = \frac{V_0(j_c - j_a)}{j_c(V_c + \frac{2kT_c}{e}) - j_a(V_a + \frac{2kT_a}{e})} \quad V_0 = V_c - V_a$$

Parameter des thermoionischen Generators (39) – Symbole zur Vereinfachung der Gleichungen:

$$b_c = \frac{V_c}{kT_c} \quad b_a = \frac{V_a}{kT_a} \quad j = \frac{T_c}{T_a}$$

Der Carnot Wirkungsgrad des thermoionischen Generator (39)

$$h_{\max} = (1 - j) \frac{b}{b + 2} \quad h_c = 1 - \frac{T_a}{T_c} = 1 - j$$

Um einen ersten groben elektrischen Wirkungsgrad einer praktischen Anwendung berechnen zu können werden beispielhaft folgende Kenndaten zusammengefasst:

Kathode:

Temperatur der Kathode = 2000°K

Strahlungsemissionsfaktor der Kathode = 0.25 (so gering wie möglich angestrebt)

Fläche der Kathode: 10 cm²

Nennstrom der Kathode = I_n

Stromdichte $j = I_n/A = 46$ A/cm²

Anode:

Temperatur der Anode = 500°K

Strahlungsemissionsfaktor der Anode = 0.5 (so gering wie möglich angestrebt)

Fläche der Anode: 10 cm²

Nennstrom der Anode = I_n

Stromdichte $j = I_n/A = 46 \text{ A/cm}^2$

Der Wirkungsgrad ergibt sich damit zu $\sim 30\%$ ($k = 8.67 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$ = Boltzmann Konstante). Das ist im Vergleich zu den thermoelektrischen Generatoren oder den solaren Generatoren schon sehr gut, deren Wirkungsgrad bei $\sim 10\%$ liegt.

Der Aufbau eines thermoionischen Generators (39) besteht aus folgenden Komponenten: beheizte Kathode, eine gekühlte Anode, ein Vakuum oder Plasma zwischen der Kathode und Anode. Als Material für die Kathode kommen in Frage: Scandiumoxid, Bariumoxid, Tungsten. Bewährt hat sich ein Schichtaufbau, auf einer Tungsten- oder Nickelelektrode werden die Schichten Bariumoxid und Scandiumoxid aufgetragen. Damit kann die Austrittsarbeit von thermisch induzierten Elektronen erheblich auf $\sim 1.1 \text{ eV}$ reduziert werden und so eine Nennstromdichte von zumindest $\sim 460 \text{ A/cm}^2$ ermöglichen (bei einer Temperatur von 1050°C).

T[°C]	J[A/cm ²]
500	0.5
600	2
700	13
750	32
850	115
935	280
1050	460

Tabelle 8: Messdatenverlauf zeigt den Verlauf der Stromdichte als Funktion der Temperatur und die Sättigung. Zudem kann man aus den Messdaten erkennen, dass das Prinzip des thermoionischen Generators erst ab einer Temperatur von $\sim 750^\circ\text{C}$ technisch relevant wird. Bei der Steigerung der Temperatur auf $2000^\circ\text{K} \sim 1700^\circ\text{C}$ kann man mit der Kathode keine Steigerung der Emission mehr erreichen, man hat den Sättigungsgrad schon bei 1050°C erreicht. Das hat keinen nachteiligen Einfluss, im Gegenteil, dadurch stehen ab einer Temperatur von 1050°C bis 1700°C (2000°K) die thermische Energie als nutzbare Leistung zur Verfügung.

Bei einer reinen Kathode und Anoden Bauweise sammelt sich vor der Kathode im Abstand von 3 bis 5 mm eine Elektronenwolke an, die die Emission der Elektronen von der Kathode behindert und als Bremsstrahlung bekannt ist. Daher wird zudem ein Gate, also eine Gitterelektrode verwendet, die den Spannungsabfall von der Kathode zur Anode verstärkt und so das Bilden einer Elektronenwolke verhindert. Über dieses Gate wird nur $\sim 1\%$ der elektrischen Leistung abgesaugt, da die Elektronen durch das Potenzial beschleunigt werden und in Richtung der Anode bewegt werden. Die Auswirkung des zusätzlichen Gates auf den Wirkungsgrad des thermoionischen Generators kann wie folgt erfasst werden:

Erfindungsgemäß wird das aufgeheizte Gas Dampfgemisch nach dem Plasmareaktor (54) oder den Wärmetauschern (11,13,15) dem thermoionischen Generator (39) und dann dem magnethydrodynamischen Generator (42) zugeführt. Das nach dem magnethydrodynamischen Generator abgekühlte Gas Dampfgemisch wird über einen Wärmetauscher (45,48) weiter auf 350°C abgekühlt und dann dem Verdichter (34) zugeführt,

der das kalte Gas Dampfgemisch dem Plasmareaktor (54) oder den Wärmetauschern (11,13,15) zuführt.

Erfindungsgemäß kann auch ein Rekuperator (48) verwendet werden, der die Nutzung des thermischen Wärmepotenziales nach dem magnethydrodynamischen Generator (42) ermöglicht und so den Wirkungsgrad des Kreislaufes verbessert.

Man erkennt nun aber folgende Eigenschaft dieses Kreislaufes. Durch die hohe Temperatur im Rücklauf des Gas Dampfgemisches ist dieser Kreislauf nur in sehr wenigen thermischen Prozessvarianten anwendbar, setzt dieser Kreislauf hohe Eintritts- und Austrittstemperaturen voraus.

Um also hohe elektrische Wirkungsgrade ohne die Verbrennung von Restgasen (1) in einer Brennkammer (9) zu erzeugen, wird erfindungsgemäß auch eine andere Form der Wärmeerzeugung genutzt. Diese liegt in der Ausnutzung der Existenz und Erzeugbarkeit von Positronen und Antiprotonen und deren Möglichkeit der Fusionierung. Damit kann man wie schon am Anfang dargelegt jene notwendige thermische Energie in Form von niedrig energetischer Strahlung ($< 0.5 \text{ MeV}$) als eine Folge der Fusion von Positronen und Elektronen [e^+, e^-], die für das Aufheizen des Gas und Dampfgemisches benötigt wird, erzeugen.

Diese Form der thermischen Energieerzeugung hat den Vorteil, dass man von der Eintrittstemperatur des Gas- und Dampfgemisches nicht abhängig ist und zudem keine Brennkammer (9) und Restgase (1) benötigt. Zudem kann man die Austrittstemperatur des Gas- und Dampfgemisches bis zu 75% modulieren.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist die Skalierbarkeit dieses Kreislaufes mit seinen Anlagenkomponenten von Leistungen im Bereich von 50 kW bis 5000kW und höher. Die besondere Eigenschaft dieses Kreislaufes ist die kompakte und einfache Bauweise, die für regionale und dezentrale Anwendungen besonders wichtig ist.

Abbildungen

Abbildung 1

Die Abbildung 1 zeigt einen einfachen Kreislauf für die Abwärmenutzung der Wärme eines Abgases aus einer Brennkammer (9). Brennstoff in Form eines Restgases oder Restfluides wird in dem Tank 2 gelagert, mittels einer Pumpe (3) und einer Regelarmatur (4) in die Brennkammer (9) eingebracht. Um die Gase oder Fluide zu verbrennen wird Sauerstoff benötigt. Luft (5) wird angesaugt und mittels einer Druckwechseladsorption (6) angereichert und mittels einer Regelarmatur (8) in die Brennkammer (9) eingebracht. Das heiße Abgas (10) wird über die Wärmetauscher 11,13,15) abgekühlt. Der Druck in der Brennkammer beträgt zumindest 50 bar, sodass über den Wärmetauscher (17) als Kondensator Wasser als Kondensat abgeschieden wird und in dem Tank (18) gespeichert. Das abgekühlte Abgas wird in einen weiteren Kondensator (20) geleitet, und so das flüssige Kohlendioxid im Tank (21) gespeichert. Die restlichen inerten Gase wie Argon, Helium, Stickstoff werden an die Umgebung abgegeben.

Die Abwärme wird in einem Kreislauf mit den Fluiden Helium und Kaliumquecksilber und Natrium Quecksilber zu Strom und Wärme umgewandelt. Der Kreislauf besteht aus einem Verdichter (34) , den Verdampfer (13), den Überhitzer (11), die Verstromung des heißen Abgases (38) in einem gekühlten (40) thermoionischen Generator (39) und in einem gekühlten (43) magnethydrodynamischen Generator (42), einem Wärmetauscher (45) für die Ausnutzung der Wärme aus dem Fluidgemisch. Das Fluidgemisch wird weiter abgekühlt und die Dämpfe Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber werden kondensiert (32) und in dem Tank (31) in flüssiger Phase gespeichert. Das flüssige Metall wird mit der Pumpe (30) angesaugt über die Regelarmatur (29) wird das flüssige Metall zu dem Verdampfer (15) geleitet und der heiße Kaliumquecksilber- und Natriumquecksilberdampf (36) dem Heliumgas zugemischt.

Verluste an Helium oder Argon werden über den Tank (26), der Pumpe (27) und über die Regelarmatur dem Kreislauf zugeführt.

Abbildung 2

Die Abbildung 2 zeigt einen einfachen Kreislauf für die Abwärmenutzung der Wärme eines Abgases aus einer Brennkammer (9). Brennstoff in Form eines Restgases oder Restfluides wird in dem Tank 2 gelagert, mittels einer Pumpe (3) und einer Regelarmatur (4) in die Brennkammer (9) eingebracht. Um die Gase oder Fluide zu verbrennen wird Sauerstoff benötigt. Luft (5) wird angesaugt und mittels einer Druckwechseladsorption (6) angereichert und mittels einer Regelarmatur (8) in die Brennkammer (9) eingebracht. Das heiße Abgas (10) wird über die Wärmetauscher (11,13,15) abgekühlt. Der Druck in der Brennkammer beträgt zumindest 50 bar, sodass über den Wärmetauscher (17) als Kondensator Wasser als Kondensat abgeschieden wird und in dem Tank (18) gespeichert. Das abgekühlte Abgas wird in einen weiteren Kondensator (20) geleitet, und so das flüssige Kohlendioxid im Tank (21) gespeichert. Die restlichen inerten Gase wie Argon, Helium, Stickstoff werden an die Umgebung abgegeben.

Die Abwärme aus dem Abgas(10) der Brennkammer (9) wird in einem Kreislauf mit den Fluiden Helium und Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber zu Strom und Wärme umgewandelt. Der Kreislauf besteht aus einem Verdichter (34) , den Verdampfer (13), den Überhitzer (11), die Verstromung des heißen Abgases mit einem gekühlten(40)

thermoionischen Generator(39) und einem gekühlten (43) magnethydrodynamischen Generator (42), einem Wärmetauscher (45) für die Ausnutzung der Wärme nach dem magnethydrodynamischen Generator. Das Fluidgemisch wird weiter abgekühlt und die Dämpfe Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber werden kondensiert (32) und in dem Tank (31) in flüssiger Phase gespeichert. Das flüssige Metall wird mit der Pumpe (30) angesaugt über die Regelarmatur (29) wird das flüssige Metall zu dem Verdampfer (15) geleitet und das heiße Kaliumquecksilber und Natriumquecksilberdampf (36) dem Heliumgas zugemischt.

Verluste an Helium oder Argon werden über den Tank (26), der Pumpe (27) und über die Regelarmatur dem Kreislauf zugeführt.

Um die Wärmekapazität des Abgases zu erhöhen, wird über die Pumpe (116) und der Regelarmatur (117) das flüssige Kohlendioxid zu dem Wärmetauscher (45) geführt und verdampft und überhitzt und dem Sauerstoff(6), der in die Brennkammer (9) eingebracht wird, beigemischt.

Abbildung 3

Die Abbildung 3 zeigt einen einfachen Kreislauf für die Abwärmenutzung der Wärme eines Abgases aus einer Brennkammer (9). Brennstoff in Form eines Restgases oder Restfluides wird in dem Tank (2) gelagert, mittels einer Pumpe (3) und einer Regelarmatur (4) in die Brennkammer (9) eingebracht. Um die Gase oder Fluide zu verbrennen wird Sauerstoff benötigt. Luft (5) wird angesaugt und mittels einer Druckwechseladsorption (6) angereichert und mittels einer Regelarmatur (8) in die Brennkammer (9) eingebracht. Das heiße Abgas (10) wird über die Wärmetauscher (11,13,15) abgekühlt. Der Druck in der Brennkammer beträgt zumindest 50 bar, sodass über den Wärmetauscher (17) als Kondensator Wasser als Kondensat abgeschieden wird und in dem Tank (18) gespeichert. Das abgekühlte Abgas wird in einen weiteren Kondensator (20) geleitet, und so das flüssige Kohlendioxid im Tank (21) gespeichert. Die restlichen inerten Gase wie Argon, Helium, Stickstoff werden über die Drosselarmatur (23) an die Umgebung abgegeben.

Die Abwärme wird in einem Kreislauf mit den Fluiden Helium und Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber zu Strom und Wärme umgewandelt. Der Kreislauf besteht aus einem Verdichter (34), den Verdampfer (13), den Überhitzer (11), die Verstromung des heißen Abgases mit einem gekühlten(40) thermoionischen Generator(39) und einem gekühlten (43) magnethydrodynamischen Generator (42), einem Wärmetauscher (48) als Rekuperator für die Ausnutzung der Wärme aus dem Fluidgemisch. Das Fluidgemisch wird weiter abgekühlt und die Dämpfe Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber werden kondensiert und in dem Tank (31) in flüssiger Phase gespeichert. Das flüssige Metall wird mit der Pumpe (30) angesaugt über die Regelarmatur (29) wird das flüssige Metall zu dem Verdampfer (15) geleitet und das heiße Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber dampf dem Heliumgas zugemischt.

Verluste an Helium oder Argon werden über den Tank (26), der Pumpe (27) und über die Regelarmatur dem Kreislauf zugeführt.

Abbildung 4

Die Abbildung 4 zeigt einen einfachen Kreislauf für die Abwärmenutzung der Wärme erzeugt in einem Plasmagenerator (54). In dem Plasmagenerator wird das Gas Dampfgemisch aus

Helium und Kalium- und Natriumquecksilberdampf über starke Magnete induktiv in einen Plasmazustand übergeleitet. Diesem Plasma werden Positronen aus dem Strahlrohr (54) über einen Moderator, die aus einer stark emittierenden Strahlungsquelle (52) gewonnen werden, zugeführt, sodass es zu einer Fusion von Elektronen und Positronen kommt und die so gewonnene Strahlungsenergie in Wärme umgewandelt wird und so das angeregte Plasma auf die gewünschte Temperatur aufheizt wird.

Die Abwärme wird in einem Kreislauf mit den Fluiden Helium und Kaliumquecksilber und Natrium Quecksilber zu Strom und Wärme umgewandelt. Der Kreislauf besteht aus einem Verdichter (34), den Verdampfer (13), den Überhitzer (11), die Verstromung des heißen Abgases mit einem gekühlten (40) thermoionischen Generator (39) und einem gekühlten (43) magnethydrodynamischen Generator (42), einem Wärmetauscher (48) als Rekuperator für die Ausnutzung der Wärme aus dem Fluidgemisch. Das Fluidgemisch wird weiter abgekühlt und die Dämpfe Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber werden kondensiert und in dem Tank (31) in flüssiger Phase gespeichert. Das flüssige Metall wird mit der Pumpe (30) angesaugt über die Regelarmatur (29) wird das flüssige Metall zu dem rekuperativen Verdampfer (118) geleitet, der Niedertemperaturwärme ausnutzt und der Kaliumquecksilber- und Natriumquecksilberdampf dem Heliumgas zugemischt werden kann.

Verluste an Helium oder Argon werden über den Tank (26), der Pumpe (27) und über die Regelarmatur dem Kreislauf zugeführt.

Abbildung 5

Die Abbildung 5 zeigt einfache Dimethylether Prozess, in dem Kohlendioxid und Wasserstoff (91) einem Verdichter (92) zugeführt wird, das verdichtete Gas rückgekühlt wird (93), und dann über einen zweiten Verdichter (94) einem Rückkühler (95) zugeführt wird. Das abgekühlte und verdichtete synthetische Gas wird im Kondensator (96) weiter abgekühlt, das flüssige Kohlendioxid im Tank (96) gespeichert, und mit einer Pumpe (99) zur Verfügung gestellt. In dem Wärmetauscher (97) das verbleibende synthetische Gas aufgewärmt und dem Methanolprozeß (102) zugeführt, der Wasserdampf (104) zusammen mit dem Wasserdampf (107) als Kondensat (111) dem Prozess zur Erzeugung von Wasserstoff über Elektrolyse zugeführt. Das Methanol (129) wird dem Dimethyletherprozeß (106) zugeführt, das Methanol (105) recycelt und das Dimethylether (108) als Produkt gewonnen.

Abbildung 6

Die Abbildung 6 zeigt eine mögliche Ausführung eines magnethydrodynamischen Generators mit dem Eintritt des heißen Natriumquecksilberdampf, Helium und Kaliumquecksilberdampf in den induktiven Plasmabereich (57) wo mit starken Magneten ein Plasmazustand übergeführt wird, das Plasma wird dann einer Lavalldüse (59) zugeführt wo mittels Magnete (61) und Elektroden (65) die generierte elektrische Leistung abgegriffen wird, das abgekühlte Plasma (62) am Ende des Generators einem Diffusor (63) zugeführt und dann (64) als abgekühltes dampfförmiges Fluid weiter verwertet werden kann.

Abbildung 7

Die Abbildung 7 zeigt eine mögliche Ausführung eines thermoionischen Generators mit dem Eintritt (66) des heißen Natriumquecksilberdampf, Helium und Kaliumquecksilberdampf in den Diffusor (67) eingeleitet wird, und dann die Anwärme aus dem Gas Dampfgemisch über Wärmeleiter (74), der Kathode mit Bariumoxid und Scandiumoxid (72) zugeführt wird, die in einem Ultrahochvakuum (10^{-7} bis 10^{-12} mbar) Elektronen abstrahlt, die über ein Gate

(71,75) beschleunigt werden und der Anode (73) fließen. Die Anode wird über den Wärmeleiter aus Aluminiumnitrid (69), der als Kühlkörper mit einem Fluid (70) gekühlt wird. Am Ende des Generators wird das heiße Gas Dampfgemisch einem Diffusor (76) zugeführt um dann in dem magnethydrodynamischen Generator (54) weiter zu Strom und Wärme verwertet werden kann.

Abbildung 8

Die Abbildung 8 zeigt eine mögliche Bauform eines Plasmagenerators (54), um das Gas und Dampfgemisch (79) aufzuheizen. Über einen Diffusor (80) das Gas – Dampfgemisch wird induktiv (81) in ein hochangeregtes Plasma umgewandelt. Die Wände des Plasmareaktors sind mit einer Schicht von Bornitrid geschützt auf dessen Innenseite eine Schicht aus Berylliumoxid aufgetragen ist, um die niederenergetische Gammastrahlung in eine niederenergetische Neutronenstrahlung zu verwandeln, die das Plasma aufheizt. Der Plasmagenerator besitzt auch Strahlrohre (89), die den Betastrahler (86) beinhalten, der die Positronen in ein Ultrahochvakuum in Richtung eines Moderators (112) abstrahlt. Das Strahlrohr ist von Magnetspulen (84,85) umgeben, um so den Strahl zu bündeln. Um in dem Strahl Positronen von Elektronen zu trennen, werden positiv geladene Zylinderelektroden verwendet, die die Positronen abstoßen und die Elektronen ableiten. Der Moderator (112) dient dazu die Energie der Positronen zu reduzieren und so als niedrigenergetische Positronen dem Plasma zuzuführen, sodass eine Fusion mit den im Plasma vorhanden Elektronen erfolgen kann. Das so aufgeheizte Plasma wird über einen Diffusor (114) abgeleitet und nimmt den gas und dampfförmigen Zustand im Grundzustand wieder ein.

Zeichen und Symbole

- 1 Restgase und Restfluid
- 2 Behälter für Restgase und Restfluide
- 3 Verdichter
- 4 Regelarmatur
- 5 Luft angesaugt für die Druckwechseladsorption
- 6 Druckwechseladsorption
- 7 Stickstoff abgetrennt von Luft
- 8 Regelarmatur
- 9 Brennkammer
- 10 Abgas aus der Brennkammer bestehend aus Kohlendioxid und Wasserdampf
- 11 Wärmetauscher Abgas / Gas Dampfgemisch
- 12 Abgas aus Kohlendioxid und Wasserdampf
- 13 Wärmetauscher Abgas / Gas Dampfgemisch
- 14 Abgas aus Kohlendioxid und Wasserdampf
- 15 Wärmetauscher Abgas zum Verdampfe von flüssigen Metall
- 16 Abgas aus Kohlendioxid und Wasserdampf
- 17 Kondensator für Wasserdampf
- 18 Wassertank
- 19 Abgas aus Kohlendioxid
- 20 Kondensator für Kohlendioxid
- 21 Kohlendioxidtank
- 22 inerte Gase aus Stickstoff, Helium, Argon, ...
- 23 Druckdrossel
- 24 inerte Gase aus Stickstoff, Helium, Argon, ...
- 25 Argon und Helium
- 26 Tank für Argon und Helium
- 27 Verdichter
- 28 Regelarmatur
- 29 Regelarmatur für flüssiges Metall
- 30 Pumpe
- 31 Tank für Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 32 Kondensator für Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 33 Helium und Argon gas
- 34 Verdichter für Helium und Argon
- 35 flüssiges Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 36 dampfförmiges Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 37 Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 38 Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 39 Thermoionischer Generator
- 40 Kühlung des Thermoionischen Generators
- 41 Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 42 magnethydrodynamischer Generator
- 43 Kühlung des magnethydrodynamischen Generators
- 44 Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 45 Wärmetauscher
- 46 Warmwasser Vorlauf / Rücklauf
- 47 Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 48 Wärmetauscher für Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber

- 49 Vorlauf Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 50 Rücklauf Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 51 Plasmagenerator – Induktionsbereich – Eintritt
- 52 Positronenstrahler
- 53 Magnetspulen für den Induktionsbereich
- 54 Plasmagenerator
- 55 Kühlung Plasmagenerator
- 56 Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 57 Diffusor / Induktionsbereich magnethydrodynamischer Generator
- 58 Magnetspulen
- 59 Lavalldüse des magnethydrodynamischen Generator
- 60 Isolatoren
- 61 Magnetspulen
- 62 Austritt Lavalldüse
- 63 Diffusor
- 64 Austritt magnethydrodynamischer Generator
- 65 Elektroden
- 66 Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 67 Diffusor für thermoionischen Generator
- 68 Einlaufbereich thermoionischer Generator
- 69 Kühlbereich der Anode aus Aluminiumnitrid
- 70 Kühlfluidkanäle
- 71 Gate zwischen Anode und Kathode
- 72 Kathode
- 73 Anode
- 74 Wärmeleitende Lamellen zur Wärmeübertragung an die Kathode
- 75 Gate zwischen Anode und Kathode
- 76 Diffusor
- 77 Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 78 elektrische Anschlüsse Kathode, Anode, Gate
- 79 Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
- 80 Diffusor
- 81 Magnetspulen
- 82 Reaktormantel aus Bornitrid
- 83 Beschichtung aus Berylliumoxid
- 84 Magnetspulen Stirnseite Strahlrohr
- 85 Magnetspulen Strahlrohr
- 86 Positronenquelle
- 87 positiv geladene Elektrode
- 88 positiv geladene Elektrode
- 89 positiv geladene Elektrode
- 90 Magnetspulen
- 91 synthetisches Gas aus Kohlendioxid und Wasserstoff
- 92 Verdichter Stufe 1
- 93 Rückkühler
- 94 Verdichter Stufe 2
- 95 Rückkühler
- 96 Kondensator für Kohlendioxid
- 97 Vorwärmer
- 98 Kohlendioxid Tank

99	Pumpe
100	flüssiges Kohlendioxid
101	synthetisches Gas aus Kohlendioxid und Wasserstoff
102	Methanolanlage
103	Offgas aus methanolanlage
104	Wasserdampf
105	Methanol recycled
106	Dimethyletheranlage
107	Wasserdampf aus Dimethyletheranlage
108	Dimethylether
109	Regelarmatur
110	Offgas
111	Wasser/ Wasserdampf
112	Moderator für gebündelte Positronen
113	Magnetspulen
114	Diffusor
115	Gas Dampfgemisch aus Helium, Argon und Kaliumquecksilber, Natriumquecksilber
116	Pumpe
117	Regelarmatur
118	Rekuperator / Wärmetauscher

Kurzzeichen

KWK	Kraft Wärme Kopplung
PLASMA	Plasma bestehend aus geladenen Partikel, das elektrisch neutral ist aber eine Sehr hohe Dichte an Ionen besitzt
MHD	Magnethydrodynamischer Generator
TJ	Thermoionischer Generator
PSA	Druckwechseladsorption um angereicherten Sauerstoff zu erzeugen
RG, RF	Restgase und Restfluide die zu Kohlendioxid und Wasserdampf verbrannt werden können
Ar,He	Argon und Helium
KHg	Kaliumquecksilber
NaHg	Natriumquecksilber

Ansprüche

1. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme, umfassend einen Behälter(2) mit einem Verdichter(3), einer Regelarmatur(4), einer Brennkammer(9), einer Druckwechseladsorption(6) mit einer Regelarmatur(8), mit Wärmetauscher (11,13,15), mit einem Kondensator für Wasserdampf(17) und einem Wassertank(18), einem Kondensator für Kohlendioxid(20) mit einem Tank(21), einem Verdichter(34), einem thermoionischen Generator(39), einem magnethydrodynamischen Generator(42), einem Wärmetauscher(45), einem Kondensator für dampfförmiges Metall(32) mit einem zugehörigen Tank(31), einer Pumpe (30) mit einer Regelarmatur(29) für flüssiges Metall, einem Tank für Edelgase, mit einem Verdichter(27) mit zugehöriger Regelarmatur(28)

Gekennzeichnet dadurch, dass

- Restgase (1) biogene Gase aus Methan und Kohlenwasserstoffe, Deponiegase aus Methan und Kohlendioxid, Prozessgase aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff, Flaregase aus Methan und Wasserstoff in gasförmigem Zustand verwendet werden, die einen Heizwert von minimal 1,5 kWh/m³, maximal 10 kWh/m³ und bevorzugt 5,0 kWh/m³ haben
- Die Restgase (1) durch einen hydraulischen Kolbenverdichter (3) auf einen Druck von minimal 30 bar, maximal 100 bar, bevorzugt 50 bar verdichtet werden
- Durch eine hydraulisch angetriebene Regelarmatur (4) der Volumenstrom von minimal 100 m³/h, maximal 5000 m³/h, bevorzugt 2000 m³/h geregelt wird
- Die Restgase (1) in einer Brennkammer (9) zusammen mit Sauerstoff aus der Luft (5) oxidiert wird.
- Die Oxidation in einer Brennkammer (9) an der Oberfläche von Kugeln stattfindet
- Die Kugeln in einer Brennkammer aus Keramischen Werkstoff Aluminiumnitrid bestehen, um so eine Temperatur von 2200°C auszuhalten
- Die Kugeln einen Durchmesser von minimal 15 mm, maximal 50 mm, bevorzugt 30 mm haben, um so eine turbulente Strömung der Restgase (1), des Sauerstoffes (8) und des Abgases zu ermöglichen
- Der Druckverlust in einer Brennkammer (9) minimal 0.1 bar, maximal 0.5 bar, bevorzugt, 0.25 bar beträgt
- Das Abgas (10) aus einer Brennkammer (9) aus Kohlendioxid und Wasserdampf besteht, und einen minimalen 5%, maximalen 50%, bevorzugten 15% Anteil an Kohlendioxid hat
- Das Abgas aus einer Brennkammer(9) eine minimale Temperatur von 1000°C, maximal 2000°C, bevorzugt 1800°C hat
- Das Abgas (16) über Wärmetauscher (11,13,15) auf eine Temperatur 300°C abgekühlt wird
- Der Wasserdampf im Abgas (16) im Kondensator (17) kondensiert wird und auf eine Temperatur von 50°C abgekühlt wird
- Das gewonnene Wasser als Kondensat in einem Tank (18) gespeichert wird
- Das Abgas (19) aus Kohlendioxid und inerten Gasen im Kondensator (20) auf eine Temperatur von 10°C abgekühlt wird
- Das flüssige Kohlendioxid aus dem Abgas (19) in einem Tank (21) gespeichert wird
- Die inerten Gase aus dem Abgas (19) über die Regelarmatur (23) an die Umgebung abgeben werden

- Der Anteil der inerten Gase aus dem Abgas (19) einen Anteil von minimal 0.1% , maximal 5% bevorzugt 2% hat
- Die Abwärme aus dem Abgas in Form eines geschlossenen Kreislafes genutzt wird
- Das Fluid in dem geschlossenen Kreislauf aus den Gasen Helium und dem dampfförmigen Metall Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber besteht und einen Anteil an Helium von 20% aufweist, einen Anteil an Kaliumquecksilber von 40%, einen Anteil von Natriumquecksilber von 40% aufweist
- ein hydraulisch angetriebener Kolbenverdichter (34) das Helium auf einen Druck von minimal 1 bar, maximal 5 bar, bevorzugt 3 bar verdichtet
- eine Pumpe (30) das flüssige Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber auf einen Druck von minimal 1 bar, maximal 5 bar, bevorzugt 3 bar verdichtet
- Das dampfförmige Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber in einem Kondensator (32) bei einer Temperatur von 150°C kondensiert wird
- Das flüssige Metall in einem Tank (31) gespeichert wird
- Das in einem Tank (26) Helium gespeichert wird, das über einen hydraulischen Kolbenverdichter (27) mit der zugehörigen Regelarmatur (28) dem Kreislauf zugeführt wird
- ein Gemisch aus Helium, Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber (38) als Fluid im Kreislauf verwendet wird und eine Temperatur von minimal 1200°C, maximal 2000°C, bevorzugt 1700°C hat
- Das Gemisch aus Helium und Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber (38) einen Druck von minimal 1 bar, maximal 5 bar, bevorzugt 3 bar verdichtet wird
- Das Gemisch aus Helium und Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber (38) in einem thermoionischen Generator(39) auf eine Temperatur von minimal 800°C, maximal 1200°C, bevorzugt 1000°C abgekühlt wird
- Der thermoionische Generator (39) die Wärme aus dem Gas und Dampfgemisch (38) dazu benutzt um eine Kathode (72) zu beheizen und so die Emission von Elektronen ermöglicht und eine Temperatur von minimal 1200°C, maximal 1700°C, bevorzugt 1600°C hat
- Die Elektronen der Kathode(72) von einer gekühlten Anode(73) aufgefangen werde, wobei die Temperatur der Anode (73) minimal 200°C, maximal 500°C, bevorzugt 250°C hat
- Zwischen der Kathode(72) und Anode(73) ein Ultrahochvakuum mit einem Druck minimal von 10⁻¹², maximal 10⁻⁵, bevorzugt 10⁻⁷ mbar hat
- Zwischen der Kathode (72) und der Anode(73) ein Gate(71) in Form einer geladenen Gitterelektrode befindet, umso die Elektronenwolke vor der Kathode(72) abzusaugen und die Elektronen zu beschleunigen
- Das Gas und Dampfgemisch (41) nach dem thermoionischen Generator(39) einem magnethydrodynamischen Generator (42) zugeführt wird
- Das Gas und Dampfgemisch (41) über Magnetspulen induktiv in einen angeregten Plasmazustand übergeführt wird
- Der Plasmazustand des Gas- und Dampfgemisches (41) durch die hohe Dichte an Natriumionen und Kaliumionen eine hohe Leitfähigkeit aufweist
- Das Plasma im magnethydrodynamischen Generator (42) über eine Lavalldüse auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt wird
- Die Beschleunigung des Plasma so groß ist, dass der Verdichtungsstoß in der Lavalldüse am Düsenende stattfindet und so eine maximale elektrische Ausbeute ermöglicht

- Das Druckverhältnis vor dem Lavalldüseneingang und am Lavalldüsenausgang überkritisch ist, sodass der Massenstrom durch die Düse und somit dem magnethydrodynamischen Generator (42) konstant ist
- Die Magnetspulen (61) im magnethydrodynamischen Generator (42) eine magnetische Induktivität von minimal 0.5 Tesla, maximal 10 Tesla, bevorzugt 7 Tesla aufweist
- Die Elektroden (65) im magnethydrodynamischen Generator (42) um 90° versetzt zu den Magnetspulen (61) angeordnet sind, um so nach dem Induktionsgesetz die maximale elektrische Ausbeute zu ermöglichen
- Die Temperatur des Gas- und Dampfgemisches am Austritt des magnethydrodynamischen Generators minimal 300°C, maximal 600°C, bevorzugt 400 °C beträgt
- Das Gas und Dampfgemisch in dem Wärmetauscher (45) auf eine Temperatur von minimal 300°C, maximal 400°C, bevorzugt 350°C abgekühlt wird
- Die mit dem Wärmetauscher gewonnene Wärme wird als Prozesswärme verwendet, die eine Vorlauftemperatur von 95°C und eine Rücklauftemperatur von 60°C hat

2. Das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 1, umfassend eine Pumpe(115), eine Regelarmatur(116),

gekennzeichnet dadurch, dass

- Das Kohlendioxid aus dem Tank (21) über die Pumpe (117) und der zugehörigen Regelarmatur (118) dem Wärmetauscher (45) zugeführt wird
- Das Kohlendioxid über die Pumpe (117) auf einen Druck von minimal 30 bar, maximal 70 bar, bevorzugt 50 bar verdichtet wird
- Das Kohlendioxid mit dem Wärmetauscher (45) auf eine Temperatur von minimal 96°C, maximal 250°C, bevorzugt auf 150°C erwärmt
- Das so erwärmte Kohlendioxid nach dem Wärmetauscher (45) einen dampfförmigen Zustand hat
- Das so erwärmte Kohlendioxid der Brennkammer (9) zugeführt wird

3. Das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 1, umfassend einen Wärmetauscher (48)

Gekennzeichnet dadurch, dass

- Der Wärmetauscher (48) als Rekuperator verwendet wird
 - die Wärme aus dem Abgas nach dem magnethydrodynamischen Generator (42) dazu verwendet wird, um das Gas und Dampfgemisch (36) auf eine Temperatur minimal 250°C, maximal 400°C, bevorzugt 350°C vorzuwärmen
4. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme, umfassend einen Verdichter(34), einen thermoionischen Generator(39), einen magnethydrodynamischen Generator(42), einem Wärmetauscher(118), einem Kondensator für dampfförmiges Metall(32) mit einem zugehörigen Tank(31), einer Pumpe (30) mit einer Regelarmatur(29) für flüssiges Metall, einem Tank für Edelgase, mit einem Verdichter(27) mit zugehöriger Regelarmatur(28), einen Verdampfer (118) für flüssiges Metall(35), einen Plasmagenerator (54)

Gekennzeichnet dadurch, dass

- Das Fluid in dem geschlossenen Kreislauf aus den Gasen Helium und dem dampfförmigen Metall Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber besteht und einen Anteil an Helium von 20% aufweist, einen Anteil an Kaliumquecksilber von 40%, einen Anteil von Natriumquecksilber von 40% aufweist
- ein hydraulisch angetriebener Kolbenverdichter (34) das Helium auf einen Druck von minimal 1 bar, maximal 5 bar, bevorzugt 3 bar verdichtet
- eine Pumpe (30) das flüssige Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber auf einen Druck von minimal 1 bar, maximal 5 bar, bevorzugt 3 bar verdichtet
- Das dampfförmige Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber in einem Kondensator (32) bei einer Temperatur von 150°C kondensiert wird
- Das flüssige Metall in einem Tank (31) gespeichert wird
- Das in einem Tank (26) Helium gespeichert wird, das über einen hydraulischen Kolbenverdichter (27) mit der zugehörigen Regelarmatur (28) dem Kreislauf zugeführt wird
- ein Gemisch aus Helium, Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber (38) als Fluid im Kreislauf verwendet wird und eine Temperatur von minimal 1200°C, maximal 2000°C, bevorzugt 1700°C hat
- Das Gemisch aus Helium und Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber (38) einen Druck von minimal 1 bar, maximal 5 bar, bevorzugt 3 bar verdichtet wird
- Das Gemisch aus Helium und Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber (38) in einem thermoionischen Generator (39) auf eine Temperatur von minimal 800°C, maximal 1200°C, bevorzugt 1000°C abgekühlt wird
- Der thermoionische Generator (39) die Wärme aus dem Gas und Dampfgemisch (38) dazu benutzt um eine Kathode (72) zu beheizen und so die Emission von Elektronen ermöglicht und eine Temperatur von minimal 1200°C, maximal 1700°C, bevorzugt 1600°C hat
- Die Elektronen der Kathode (72) von einer gekühlten Anode (73) aufgefangen werden, wobei die Temperatur der Anode (73) minimal 200°C, maximal 500°C, bevorzugt 250°C hat
- Zwischen der Kathode (72) und Anode (73) ein Ultrahochvakuum mit einem Druck minimal von 10⁻¹², maximal 10⁻⁵, bevorzugt 10⁻⁷ mbar hat
- Zwischen der Kathode (72) und der Anode (73) ein Gate (71) in Form einer geladenen Gitterelektrode befindet, umso die Elektronenwolke vor der Kathode (72) abzusaugen und die Elektronen zu beschleunigen
- Das Gas und Dampfgemisch (41) nach dem thermoionischen Generator (39) einem magnethydrodynamischen Generator (42) zugeführt wird
- Das Gas und Dampfgemisch (41) über Magnetspulen induktiv in einen angeregten Plasmazustand übergeführt wird
- Der Plasmazustand des Gas- und Dampfgemisches (41) durch die hohe Dichte an Natriumionen und Kaliumionen eine hohe Leitfähigkeit aufweist
- Das Plasma im magnethydrodynamischen Generator (42) über eine Lavalldüse auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt wird
- Die Beschleunigung des Plasmas in der Lavalldüse des Generators (42) so groß ist, dass der Verdichtungsstoß in der Lavalldüse am Düsenende stattfindet und so eine maximale elektrische Ausbeute ermöglicht
- Das Druckverhältnis vor dem Lavalldüseneingang und am Lavalldüsenausgang überkritisch ist, sodass der Massenstrom durch die Düse und somit dem magnethydrodynamischen Generator (42) konstant ist

- Die Magnetspulen (61) im magnethydrodynamischen Generator (42) eine magnetische Induktivität von minimal 0.5 Tesla, maximal 10 Tesla, bevorzugt 7 Tesla aufweist
- Die Elektroden (65) im magnethydrodynamischen Generator (42) um 90° versetzt zu den Magnetspulen (61) angeordnet sind, um so nach dem Induktionsgesetz die maximale elektrische Ausbeute zu ermöglichen
- Die Temperatur des Gas- und Dampfgemisches am Austritt des magnethydrodynamischen Generators minimal 300°C, maximal 600°C, bevorzugt 500 °C beträgt
- Das Gas und Dampfgemisch in dem Wärmetauscher (118) auf eine Temperatur von minimal 300°C, maximal 400°C, bevorzugt 350°C abgekühlt wird
- Das flüssige Gemisch aus Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber im Wärmetauscher (118) verdampft wird
- Das Gas- und Dampfgemisch über einen Plasmagenerator (54) erwärmt wird und eine Temperatur minimal 800°C, maximal 2000°C, bevorzugt 1700°C aufweist
- Der Plasmagenerator Wärme auf der Basis der Fusion von Elektronen und Positronen erzeugt,
- Die Anzahl der Positronen eine Teilchendichte minimal von 10^{13} , maximal 10^{20} , bevorzugt 10^{16} aufweist
- Um die Positronen mit Elektronen verschmelzen zu können, das Gas- und Dampfgemisch aus Helium, Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber in einen angeregten Plasmazustand übergeführt werden muss
- Für die Erzeugung des Plasmazustandes magnetische Spulen mit einer magnetischen Induktion von minimal 0,5 Tesla, maximal 10 Tesla, bevorzugt 7,5 Tesla aufweisen
- Die Gammastrahlung die bei der Fusion von Elektronen und Positronen entsteht eine niedrige Energie hat minimal 0.1 MeV, maximal 0.6 MeV bevorzugt 0.51 MeV
- Die Gammastrahlung im Plasmareaktor (54) mit Hilfe von Berylliumoxid ($\text{Be}(4,9)$) als Isotop zu einer thermischen Neutronenstrahlung umgewandelt wird und die Neutronen eine kinetische Energie von 0.1 MeV , maximal 0.6 MeV, bevorzugt 0,5 MeV haben
- Das Plasma im Plasmagenerator auf eine Temperatur minimal auf 800°C, maximal auf 2000°C, bevorzugt 1700°C erhitzt wird
- Als Quelle für die Positronen werden Elektronen aus einer Glühkathode verwendet die mit einer Energie von 10MeV auf ein Target aus Tungsten geschossen werden verwendet wird
- Als Quelle für die benötigten Positronen Isotopenstrahler wie Na^{22} , Co^{60} oder Cd^{133} verwendet werden, die eine Teilchendichte von minimal 10^{15} , maximal 10^{20} , bevorzugt 10^{16} N/sec aufweisen.

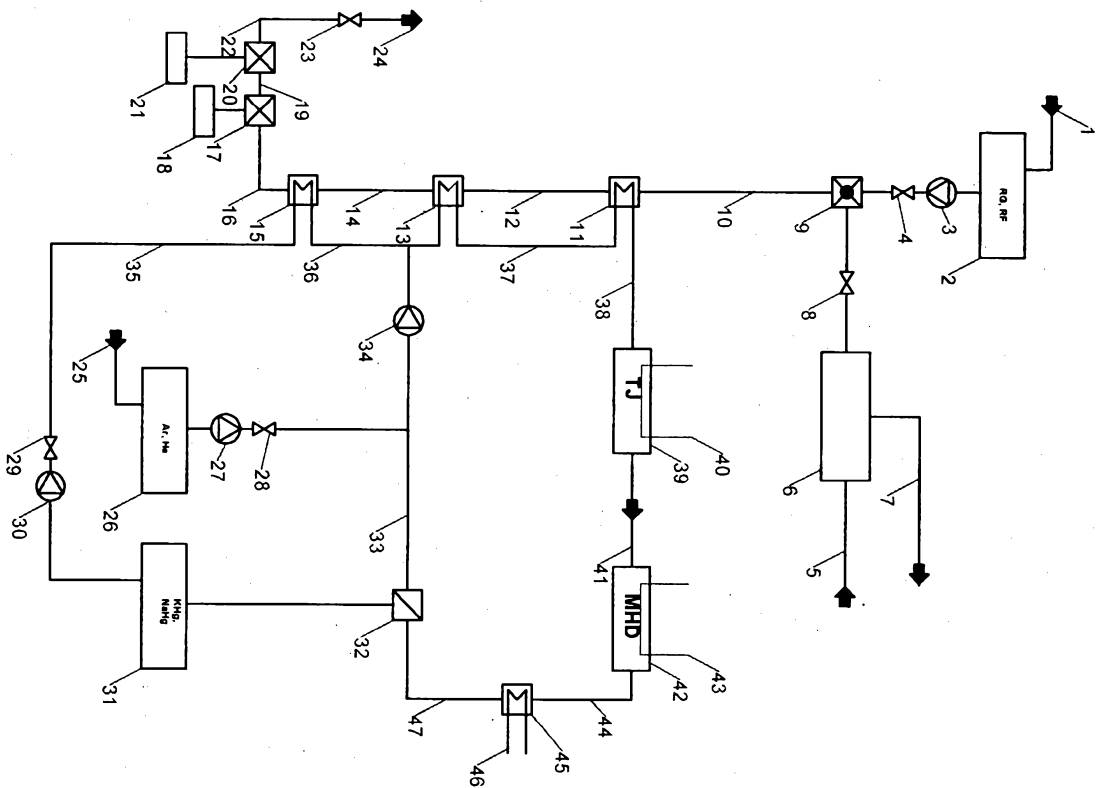


Abbildung 1

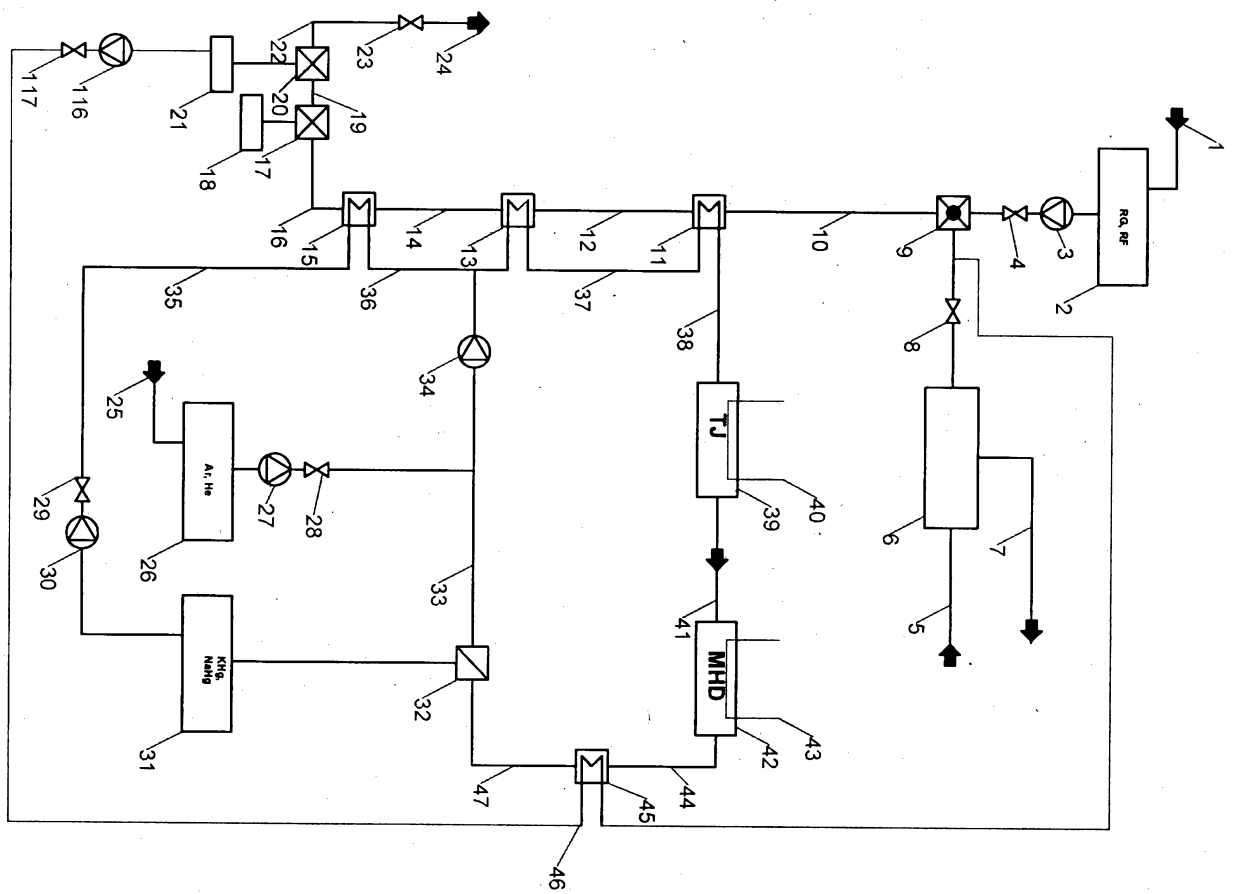


Abbildung 2

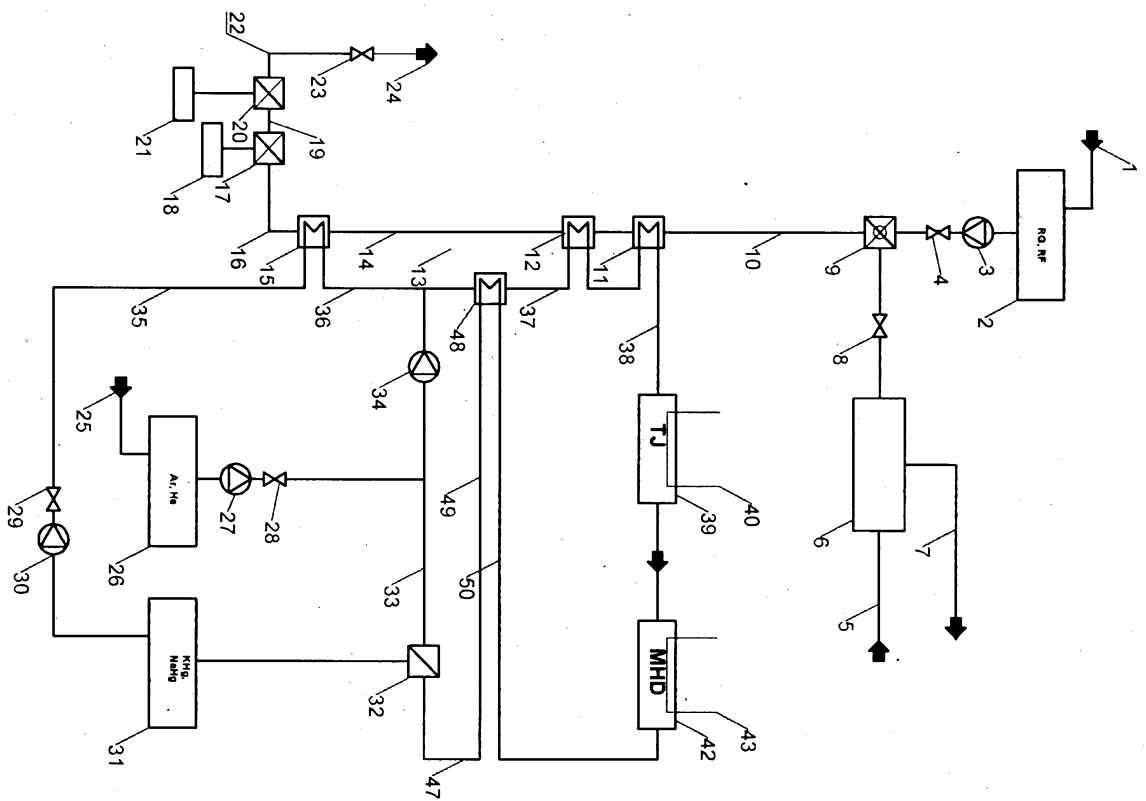


Abbildung 3

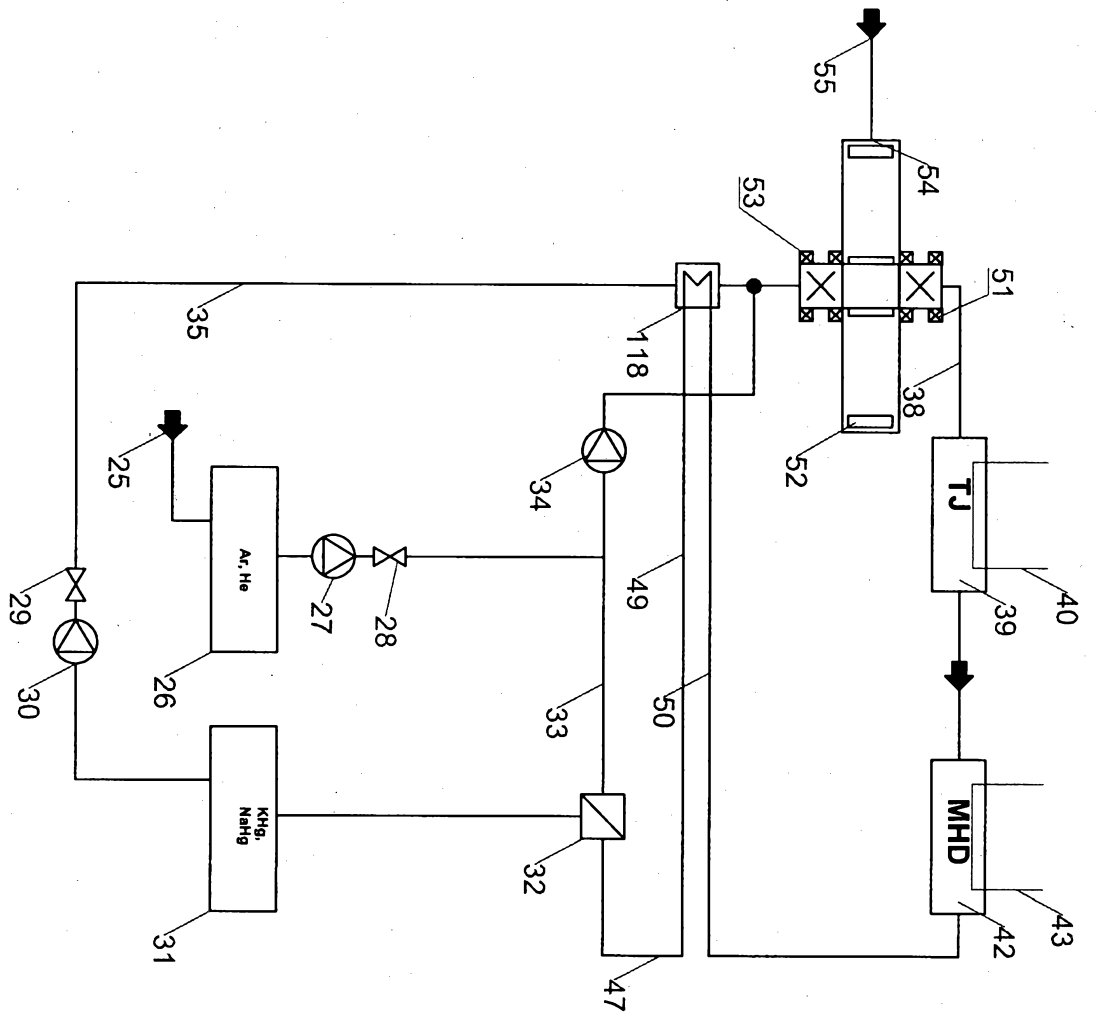


Abbildung 4

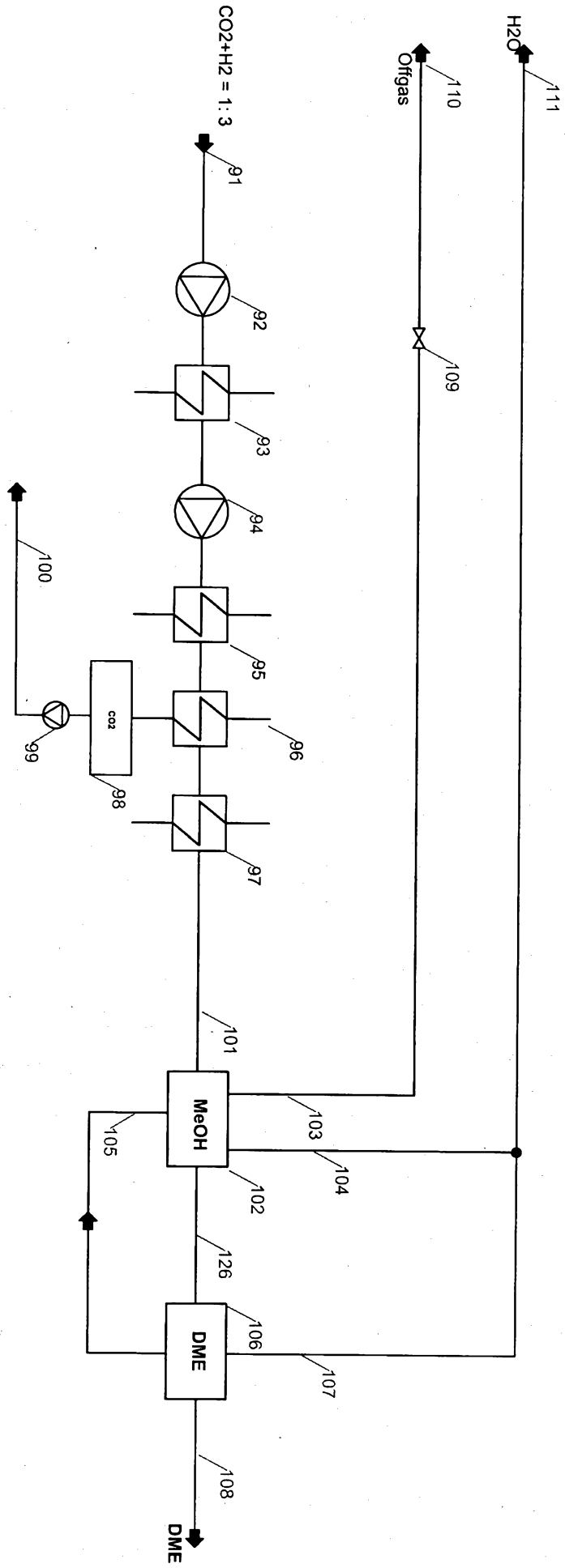


Abbildung 5

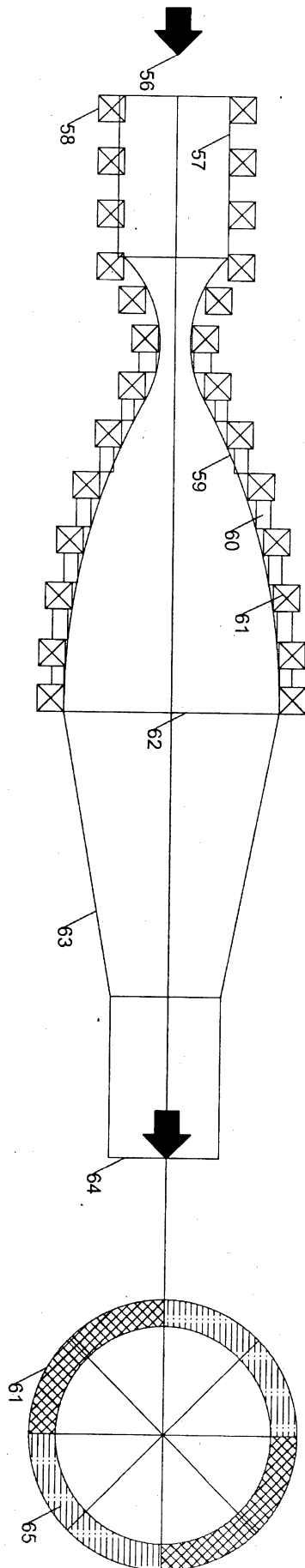


Abbildung 6

003137

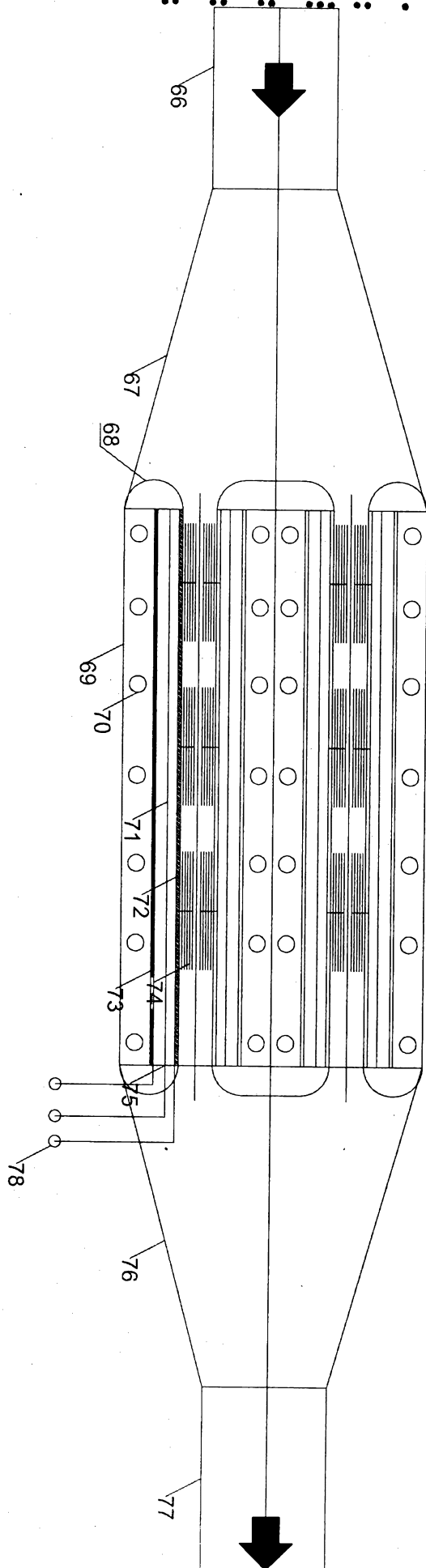


Abbildung 7

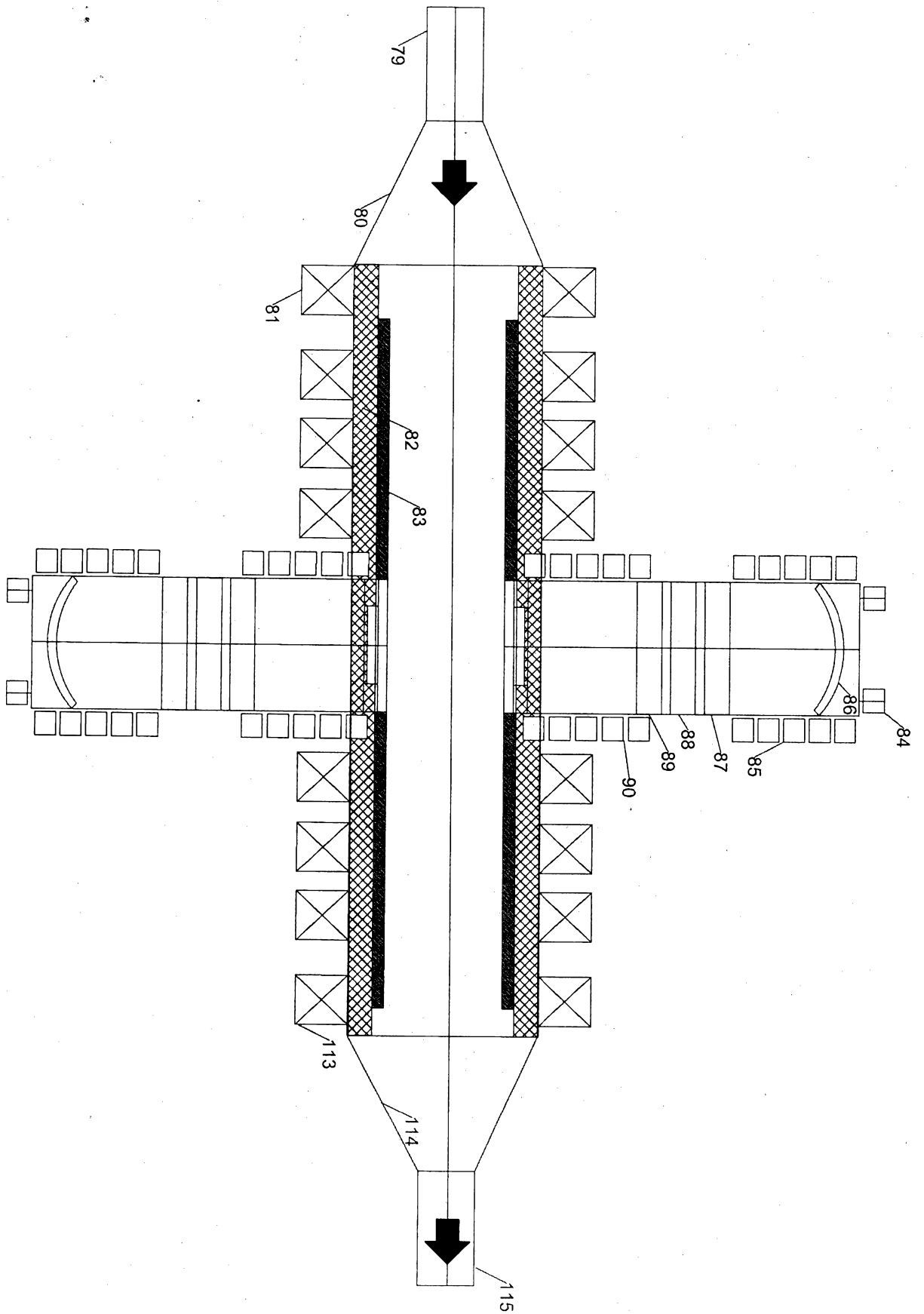


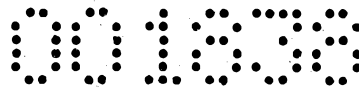
Abbildung 8

Ansprüche

1. Das Verfahren zur Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme, umfassend einen Behälter (2) mit einem Verdichter (3), einer Regelarmatur (4), einer Brennkammer (9), einer Druckwechseladsorption (6) mit einer Regelarmatur (8), mit Wärmetauscher (11,13,15), mit einem Kondensator für Wasserdampf (17) und einem Wassertank (18), einem Kondensator für Kohlendioxid (20) mit einem Tank (21), einem Verdichter (34), einem thermoionischen Generator (39), einem magnethydrodynamischen Generator (42), einem Wärmetauscher (45), einem Kondensator für dampfförmiges Metall (32) mit einem zugehörigen Tank (31), einer Pumpe (30) mit einer Regelarmatur (29) für flüssiges Metall, einem Tank für Edelgase, mit einem Verdichter (27) mit zugehöriger Regelarmatur (28)

Gekennzeichnet dadurch, dass

- Restgase (1) biogene Gase aus Methan und Kohlenwasserstoffe, Deponiegase aus Methan und Kohlendioxid, Prozessgase aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff, Flaregase aus Methan und Wasserstoff in gasförmigem Zustand verwendet werden, die einen Heizwert von minimal 1,5 kWh/m³, maximal 10 kWh/m³ und bevorzugt 5,0 kWh/m³ haben,
- Die Restgase (1) durch einen hydraulischen Kolbenverdichter (3) auf einen Druck von minimal 30 bar, maximal 100 bar, bevorzugt 50 bar verdichtet werden,
- Durch eine hydraulisch angetriebene Regelarmatur (4) der Volumenstrom von minimal 100 m³/h, maximal 5000 m³/h, bevorzugt 2000 m³/h geregelt wird,
- Die Restgase (1) in einer Brennkammer (9) zusammen mit Sauerstoff aus der Luft (5) oxidiert wird,
- Die Oxidation in einer Brennkammer (9) an der Oberfläche von Kugeln stattfindet
- Die Kugeln in einer Brennkammer aus Keramischen Werkstoff Aluminiumnitrid bestehen, um so eine Temperatur von 2200°C auszuhalten,
- Die Kugeln einen Durchmesser von minimal 15 mm, maximal 50 mm, bevorzugt 30 mm haben, um so eine turbulente Strömung der Restgase (1), des Sauerstoffes (8) und des Abgases zu ermöglichen,
- Der Druckverlust in einer Brennkammer (9) minimal 0.1 bar, maximal 0.5 bar, bevorzugt, 0.25 bar beträgt,
- Das Abgas (10) aus einer Brennkammer (9) aus Kohlendioxid und Wasserdampf besteht, und einen minimalen 5%, maximalen 50%, bevorzugten 15% Anteil an Kohlendioxid hat,
- Das Abgas aus einer Brennkammer (9) eine minimale Temperatur von 1000°C, maximal 2000°C, bevorzugt 1800°C hat,
- Das Abgas (16) über Wärmetauscher (11,13,15) auf eine Temperatur 300°C abgekühlt wird,
- Der Wasserdampf im Abgas (16) im Kondensator (17) kondensiert wird und auf eine Temperatur von 50°C abgekühlt wird,
- Das gewonnene Wasser als Kondensat in einem Tank (18) gespeichert wird
- Das Abgas (19) aus Kohlendioxid und inerten Gasen im Kondensator (20) auf eine Temperatur von 10°C abgekühlt wird,
- Das flüssige Kohlendioxid aus dem Abgas (19) in einem Tank (21) gespeichert wird
- Die inerten Gase aus dem Abgas (19) über die Regelarmatur (23) an die Umgebung abgegeben werden,



- Der Anteil der inerten Gase aus dem Abgas (19) einen Anteil von minimal 0.1% , maximal 5% bevorzugt 2% hat,
- Die Abwärme aus dem Abgas in Form eines geschlossenen Kreislaufes genutzt wird,
- Das Fluid in dem geschlossenen Kreislauf aus den Gasen Helium und dem dampfförmigen Metall Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber besteht und einen Anteil an Helium von 20% aufweist, einen Anteil an Kaliumquecksilber von 40%, einen Anteil von Natriumquecksilber von 40% aufweist,
- ein hydraulisch angetriebener Kolbenverdichter (34) das Helium auf einen Druck von minimal 1 bar, maximal 5 bar, bevorzugt 3 bar verdichtet,
- eine Pumpe (30) das flüssige Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber auf einen Druck von minimal 1 bar, maximal 5 bar, bevorzugt 3 bar verdichtet,
- Das dampfförmige Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber in einem Kondensator (32) bei einer Temperatur von 150°C kondensiert wird,
- Das flüssige Metall in einem Tank (31) gespeichert wird,
- Das in einem Tank (26) Helium gespeichert wird, das über einen hydraulischen Kolbenverdichter (27) mit der zugehörigen Regelarmatur (28) dem Kreislauf zugeführt wird,
- ein Gemisch aus Helium, Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber (38) als Fluid im Kreislauf verwendet wird und eine Temperatur von minimal 1200°C, maximal 2000°C, bevorzugt 1700°C hat,
- Das Gemisch aus Helium und Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber (38) einen Druck von minimal 1 bar, maximal 5 bar, bevorzugt 3 bar verdichtet wird,
- Das Gemisch aus Helium und Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber (38) in einem thermoionischen Generator (39) auf eine Temperatur von minimal 800°C, maximal 1200°C, bevorzugt 1000°C abgekühlt wird,
- Der thermoionische Generator (39) die Wärme aus dem Gas und Dampfgemisch (38) dazu benutzt um eine Kathode (72) zu beheizen und so die Emission von Elektronen ermöglicht und eine Temperatur von minimal 1200°C, maximal 1700°C, bevorzugt 1600°C hat,
- Die Elektronen der Kathode (72) von einer gekühlten Anode (73) aufgefangen werde, wobei die Temperatur der Anode (73) minimal 200°C, maximal 500°C, bevorzugt 250°C hat,
- Zwischen der Kathode (72) und Anode (73) ein Ultrahochvakuum mit einem Druck minimal von 10-12, maximal 10-5, bevorzugt 10-7 mbar hat,
- Zwischen der Kathode (72) und der Anode (73) ein Gate (71) in Form einer geladenen Gitterelektrode befindet, umso die Elektronenwolke vor der Kathode (72) abzusaugen und die Elektronen zu beschleunigen,
- Das Gas und Dampfgemisch (41) nach dem thermoionischen Generator (39) einem magnethydrodynamischen Generator (42) zugeführt wird,
- Das Gas und Dampfgemisch (41) über Magnetspulen induktiv in einen angeregten Plasmazustand übergeführt wird,
- Der Plasmazustand des Gas- und Dampfgemisches (41) durch die hohe Dichte an Natriumionen und Kaliumionen eine hohe Leitfähigkeit aufweist,
- Das Plasma im magnethydrodynamischen Generator (42) über eine Lavalldüse auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt wird,
- Die Beschleunigung des Plasmas so groß ist, dass der Verdichtungsstoß in der Lavalldüse am Düsenende stattfindet und so eine maximale elektrische Ausbeute ermöglicht,

- Das Druckverhältnis vor dem Lavalldüseneingang und am Lavalldüsenausgang überkritisch ist, sodass der Massenstrom durch die Düse und somit dem magnethydrodynamischen Generator (42) konstant ist,
- Die Magnetspulen (61) im magnethydrodynamischen Generator (42) eine magnetische Flussdichte von minimal 0.5 Tesla, maximal 10 Tesla, bevorzugt 7 Tesla aufweist,
- Die Elektroden (65) im magnethydrodynamischen Generator (42) um 90° versetzt zu den Magnetspulen (61) angeordnet sind, um so nach dem Induktionsgesetz die maximale elektrische Ausbeute zu ermöglichen,
- Die Temperatur des Gas- und Dampfgemisches am Austritt des magnethydrodynamischen Generators minimal 300°C, maximal 600°C, bevorzugt 400 °C beträgt,
- Das Gas und Dampfgemisch in dem Wärmetauscher (45) auf eine Temperatur von minimal 300°C, maximal 400°C, bevorzugt 350°C abgekühlt wird,
- Die mit dem Wärmetauscher gewonnene Wärme wird als Prozesswärme verwendet, die eine Vorlauftemperatur von 95°C und eine Rücklauftemperatur von 60°C hat.

2. Das Verfahren nach Anspruch 1, umfassend eine Pumpe (115), eine Regelarmatur (116),

gekennzeichnet dadurch, dass

- Das Kohlendioxid aus dem Tank (21) über die Pumpe (117) und der zugehörigen Regelarmatur (118) dem Wärmetauscher (45) zugeführt wird
- Das Kohlendioxid über die Pumpe (117) auf einen Druck von minimal 30 bar, maximal 70 bar, bevorzugt 50 bar verdichtet wird,
- Das Kohlendioxid mit dem Wärmetauscher (45) auf eine Temperatur von minimal 96°C, maximal 250°C, bevorzugt auf 150°C erwärmt,
- Das so erwärmte Kohlendioxid nach dem Wärmetauscher (45) einen dampfförmigen Zustand hat,
- Das so erwärmte Kohlendioxid der Brennkammer (9) zugeführt wird.

3. Das Verfahren nach Anspruch 1, umfassend einen Wärmetauscher (48)

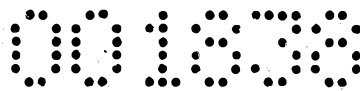
Gekennzeichnet dadurch, dass

- Der Wärmetauscher (48) als Rekuperator verwendet wird,
- die Wärme aus dem Abgas nach dem magnethydrodynamischen Generator (42) dazu verwendet wird, um das Gas und Dampfgemisch (36) auf eine Temperatur minimal 250°C, maximal 400°C, bevorzugt 350°C vorzuwärmen.

4. Das Verfahren zur Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme, umfassend einen Verdichter (34), einen thermoionischen Generator (39), einen magnethydrodynamischen Generator (42), einen Wärmetauscher (118), einen Kondensator für dampfförmiges Metall (32) mit einem zugehörigen Tank (31), einer Pumpe (30) mit einer Regelarmatur (29) für flüssiges Metall, einem Tank für Edelgase, mit einem Verdichter (27) mit zugehöriger Regelarmatur (28), einen Verdampfer (118) für flüssiges Metall (35), einen Plasmagenerator (54)

Gekennzeichnet dadurch, dass

- Das Fluid in dem geschlossenen Kreislauf aus den Gasen Helium und dem dampfförmigen Metall Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber besteht und einen Anteil an Helium von 20% aufweist, einen Anteil an Kaliumquecksilber von 40%, einen Anteil von Natriumquecksilber von 40% aufweist,
- ein hydraulisch angetriebener Kolbenverdichter (34) das Helium auf einen Druck von minimal 1 bar, maximal 5 bar, bevorzugt 3 bar verdichtet,
- eine Pumpe (30) das flüssige Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber auf einen Druck von minimal 1 bar, maximal 5 bar, bevorzugt 3 bar verdichtet,
- Das dampfförmige Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber in einem Kondensator (32) bei einer Temperatur von 150°C kondensiert wird,
- Das flüssige Metall in einem Tank (31) gespeichert wird,
- Das in einem Tank (26) Helium gespeichert wird, das über einen hydraulischen Kolbenverdichter (27) mit der zugehörigen Regelarmatur (28) dem Kreislauf zugeführt wird,
- ein Gemisch aus Helium, Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber (38) als Fluid im Kreislauf verwendet wird und eine Temperatur von minimal 1200°C, maximal 2000°C, bevorzugt 1700°C hat,
- Das Gemisch aus Helium und Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber (38) einen Druck von minimal 1 bar, maximal 5 bar, bevorzugt 3 bar verdichtet wird,
- Das Gemisch aus Helium und Natriumquecksilber und Kaliumquecksilber (38) in einem thermoionischen Generator (39) auf eine Temperatur von minimal 800°C, maximal 1200°C, bevorzugt 1000°C abgekühlt wird,
- Der thermoionische Generator (39) die Wärme aus dem Gas und Dampfgemisch (38) dazu benutzt um eine Kathode (72) zu beheizen und so die Emission von Elektronen ermöglicht und eine Temperatur von minimal 1200°C, maximal 1700°C, bevorzugt 1600°C hat,
- Die Elektronen der Kathode (72) von einer gekühlten Anode (73) aufgefangen werden, wobei die Temperatur der Anode (73) minimal 200°C, maximal 500°C, bevorzugt 250°C hat,
- Zwischen der Kathode (72) und Anode (73) ein Ultrahochvakuum mit einem Druck minimal von 10⁻¹², maximal 10⁻⁵, bevorzugt 10⁻⁷ mbar hat,
- Zwischen der Kathode (72) und der Anode (73) ein Gate (71) in Form einer geladenen Gitterelektrode befindet, umso die Elektronenwolke vor der Kathode (72) abzusaugen und die Elektronen zu beschleunigen,
- Das Gas und Dampfgemisch (41) nach dem thermoionischen Generator (39) einem magnethydrodynamischen Generator (42) zugeführt wird,
- Das Gas und Dampfgemisch (41) über Magnetspulen induktiv in einen angeregten Plasmazustand übergeführt wird,
- Der Plasmazustand des Gas- und Dampfgemisches (41) durch die hohe Dichte an Natriumionen und Kaliumionen eine hohe Leitfähigkeit aufweist,
- Das Plasma im magnethydrodynamischen Generator (42) über eine Lavalldüse auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt wird,
- Die Beschleunigung des Plasmas in der Lavalldüse des Generators (42) so groß ist, dass der Verdichtungsstoß in der Lavalldüse am Düsenende stattfindet und so eine maximale elektrische Ausbeute ermöglicht,
- Das Druckverhältnis vor dem Lavalldüseneingang und am Lavalldüsenausgang überkritisch ist, sodass der Massenstrom durch die Düse und somit dem magnethydrodynamischen Generator (42) konstant ist,



- Die Magnetspulen (61) im magnethydrodynamischen Generator (42) eine magnetische Flussdichte von minimal 0.5 Tesla, maximal 10 Tesla, bevorzugt 7 Tesla aufweist,
- Die Elektroden (65) im magnethydrodynamischen Generator (42) um 90° versetzt zu den Magnetspulen (61) angeordnet sind, um so nach dem Induktionsgesetz die maximale elektrische Ausbeute zu ermöglichen,
- Die Temperatur des Gas- und Dampfgemisches am Austritt des magnethydrodynamischen Generators minimal 300°C, maximal 600°C, bevorzugt 500 °C beträgt,
- Das Gas und Dampfgemisch in dem Wärmetauscher (118) auf eine Temperatur von minimal 300°C, maximal 400°C, bevorzugt 350°C abgekühlt wird,
- Das flüssige Gemisch aus Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber im Wärmetauscher (118) verdampft wird,
- Das Gas- und Dampfgemisch über einen Plasmagenerator (54) erwärmt wird und eine Temperatur minimal 800°C, maximal 2000°C, bevorzugt 1700°C aufweist,
- Der Plasmagenerator Wärme auf der Basis der Fusion von Elektronen und Positronen erzeugt,
- Die Anzahl der Positronen eine Teilchendichte minimal von 10^{13} , maximal 10^{20} , bevorzugt 10^{16} aufweist,
- Um die Positronen mit Elektronen verschmelzen zu können, das Gas- und Dampfgemisch aus Helium, Kaliumquecksilber und Natriumquecksilber in einen angeregten Plasmazustand übergeführt werden muss,
- Für die Erzeugung des Plasmazustandes magnetische Spulen mit einer magnetischen Induktion von minimal 0,5 Tesla, maximal 10 Tesla, bevorzugt 7,5 Tesla aufweisen,
- Die Gammastrahlung die bei der Fusion von Elektronen und Positronen entsteht eine niedrige Energie minimal 0.1 MeV, maximal 0.6 MeV bevorzugt 0.51 MeV hat,
- Die Gammastrahlung im Plasmareaktor (54) mit Hilfe von Berylliumoxid ($\text{Be}(4,9)$) als Isotop zu einer thermischen Neutronenstrahlung umgewandelt wird und die Neutronen eine kinetische Energie von 0.1 MeV , maximal 0.6 MeV, bevorzugt 0,5 MeV haben,
- Das Plasma im Plasmagenerator auf eine Temperatur minimal auf 800°C, maximal auf 2000°C, bevorzugt 1700°C erhitzt wird,
- Als Quelle für die Positronen werden Elektronen aus einer Glühkathode verwendet die mit einer Energie von 10MeV auf ein Target aus Tungsten geschossen werden verwendet wird,
- Als Quelle für die benötigten Positronen Isotopenstrahler wie Na^{22} , Co^{60} oder Cd^{133} verwendet werden, die eine Teilchendichte von minimal 10^{15} , maximal 10^{20} , bevorzugt 10^{16} N/sec aufweisen.

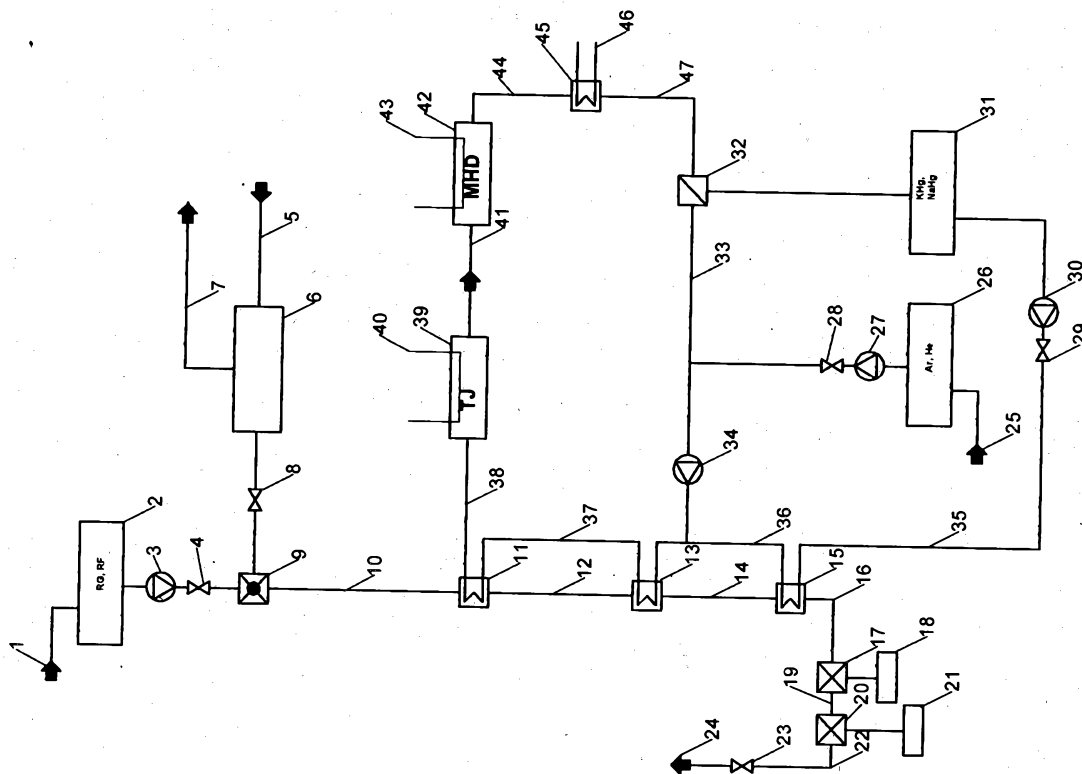


Abbildung 1

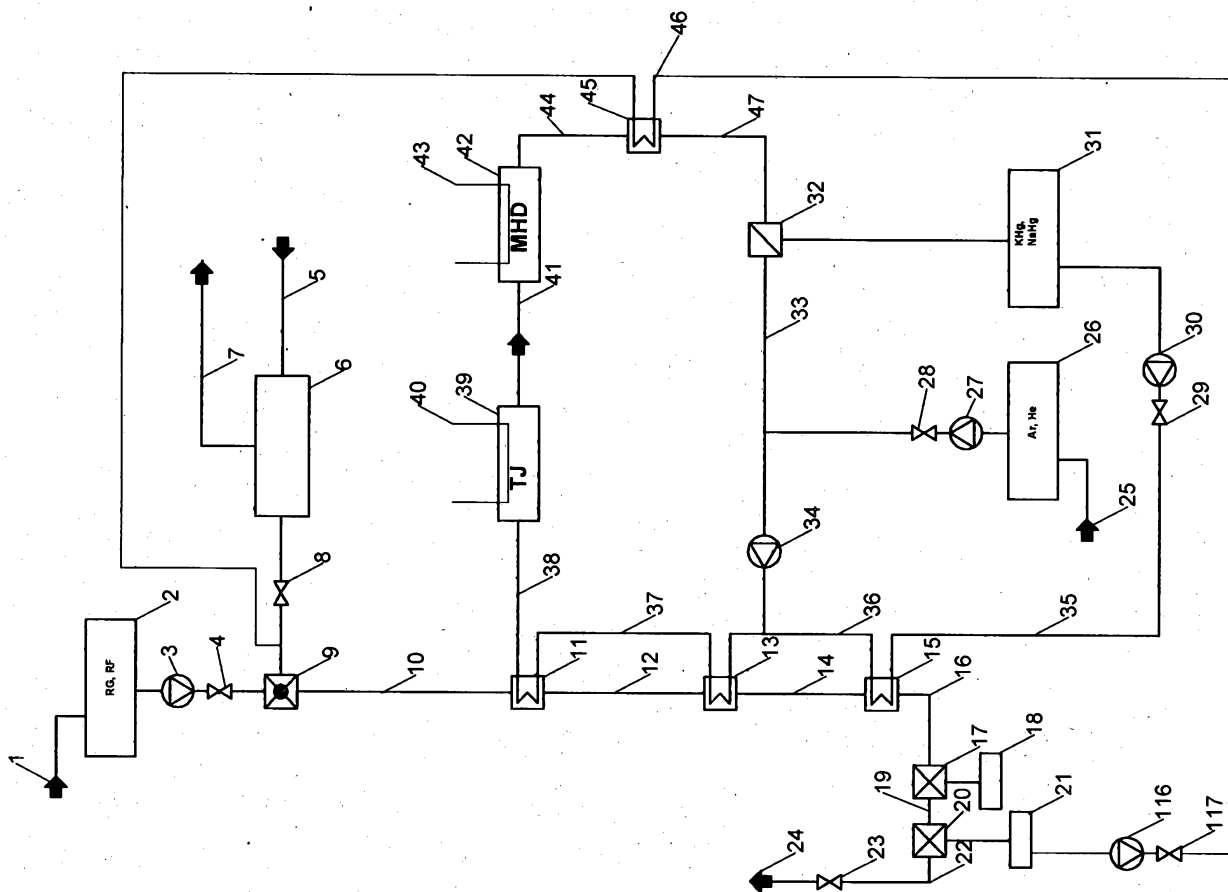


Abbildung 2

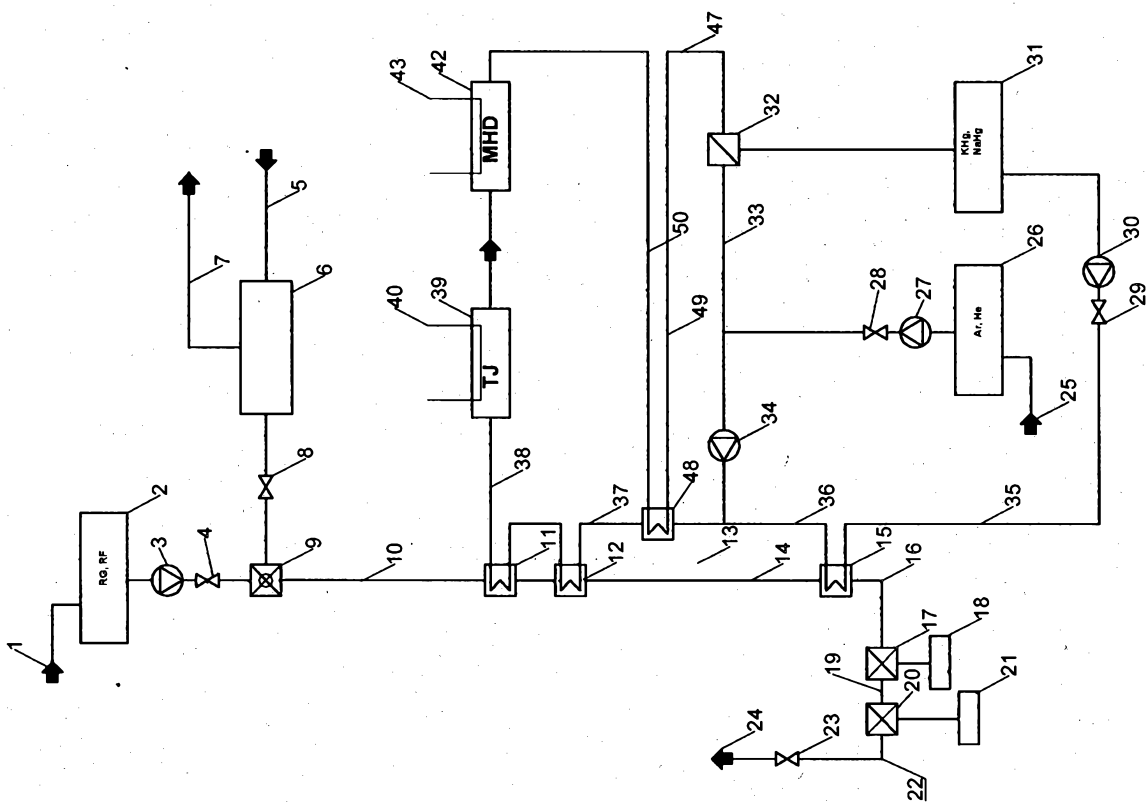


Abbildung 3

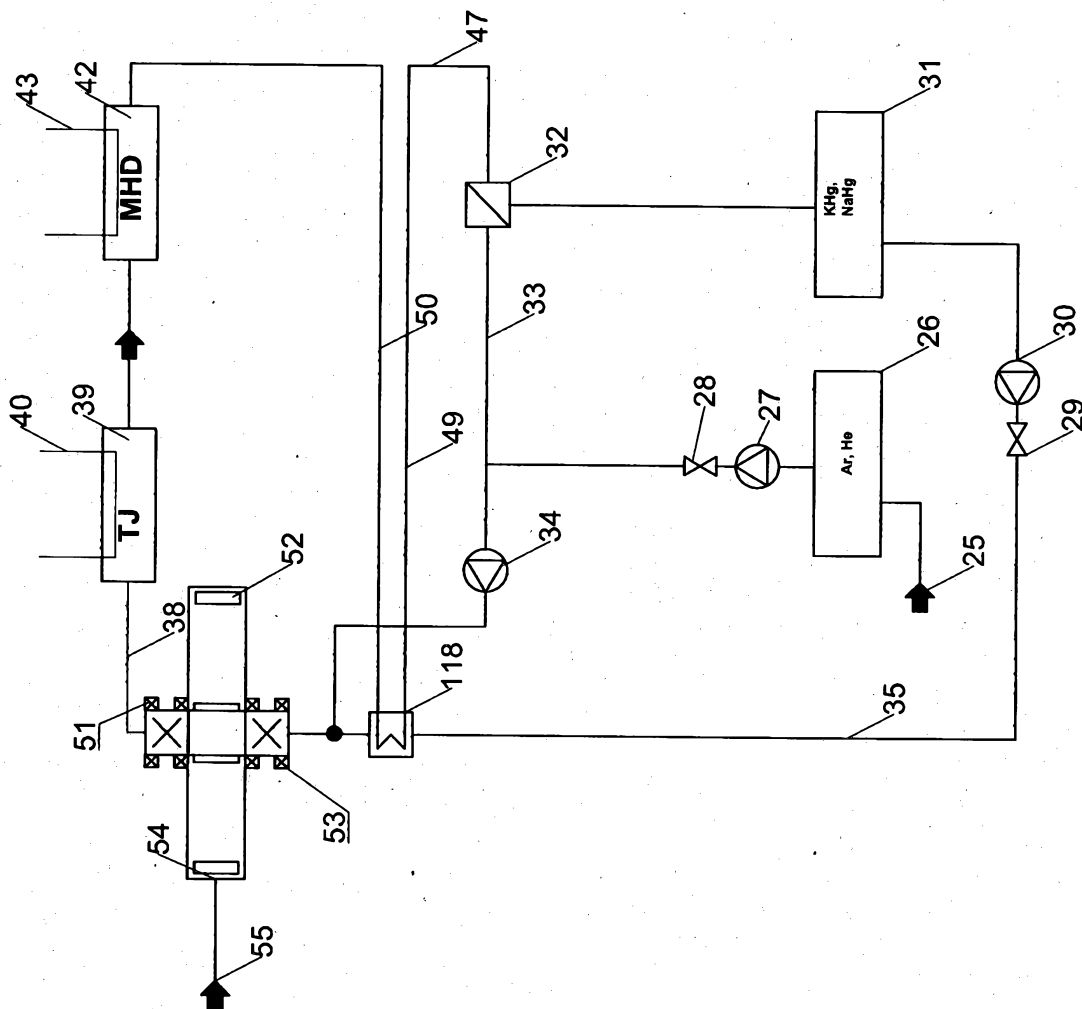


Abbildung 4



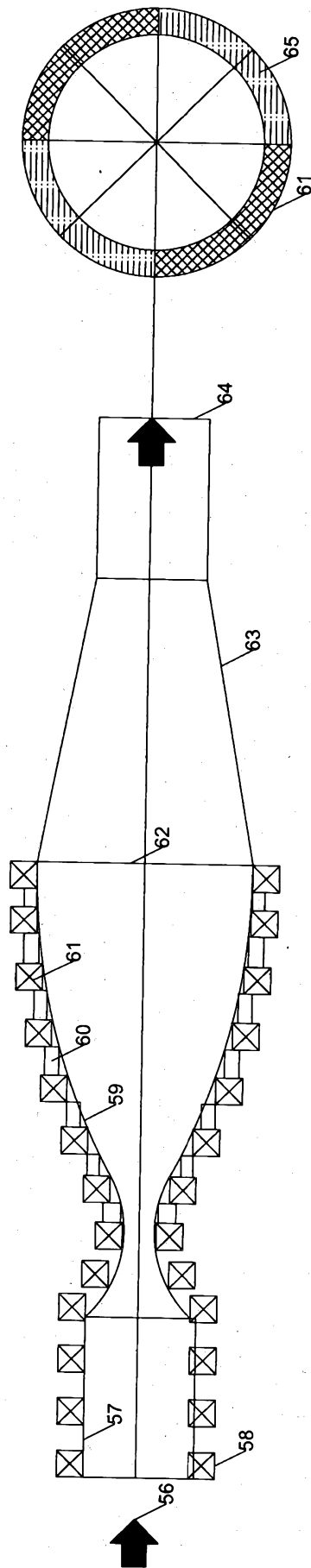


Abbildung 6

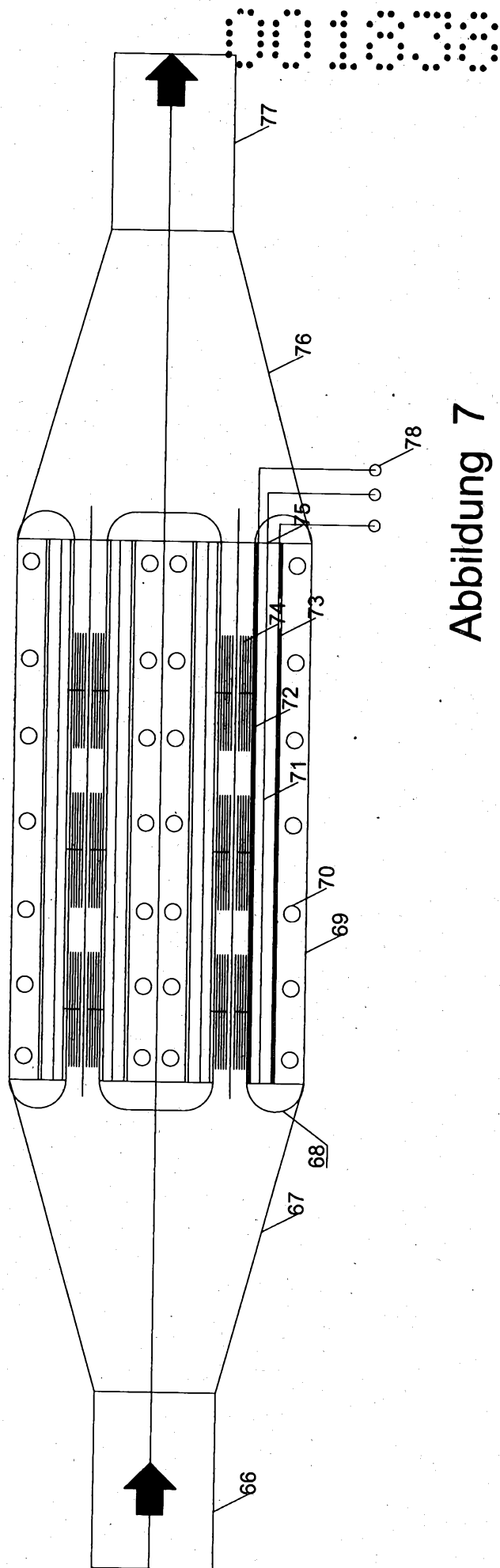


Abbildung 7

001838

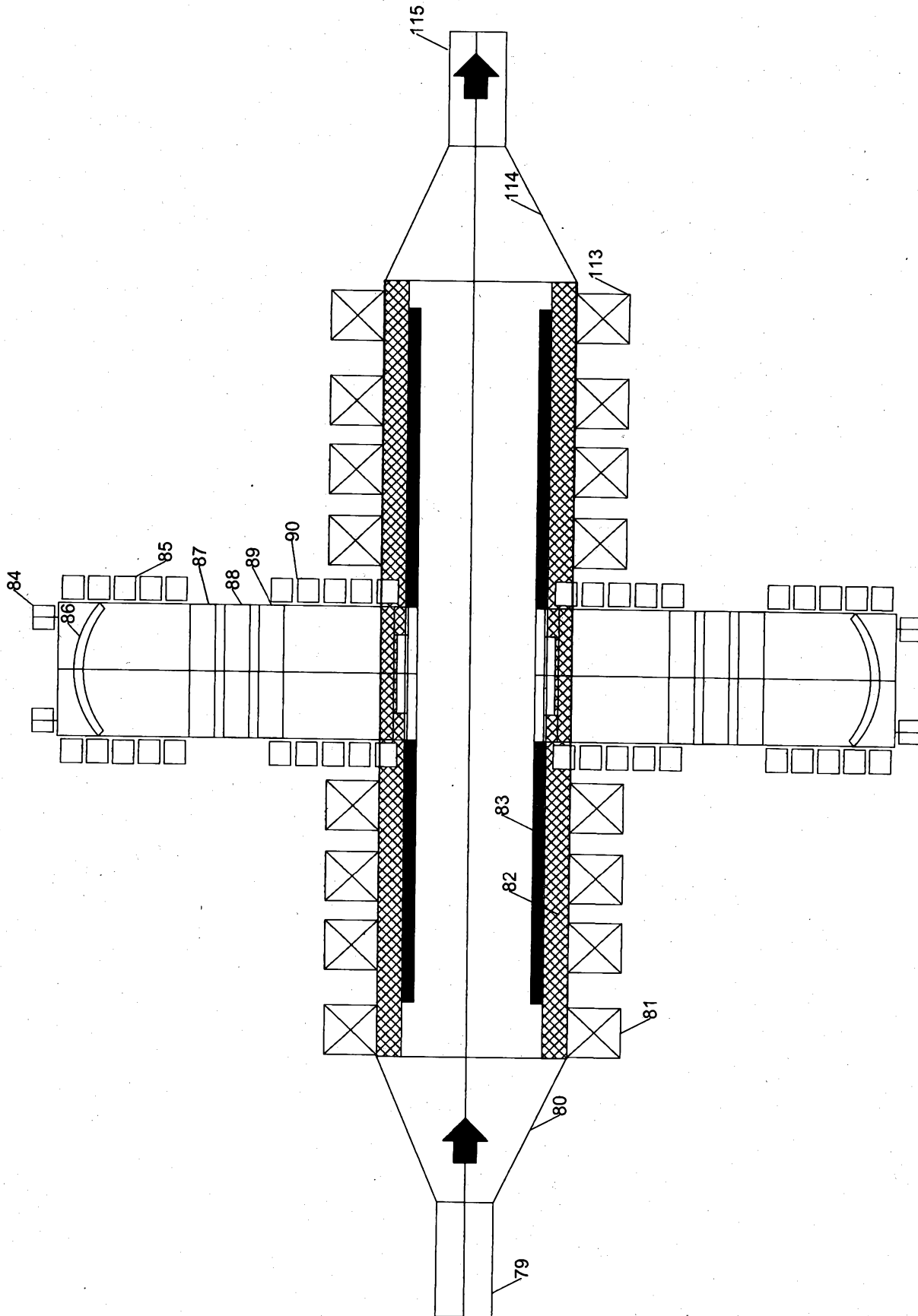


Abbildung 8