



(11) **EP 1 711 397 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
23.06.2010 Patentblatt 2010/25

(51) Int Cl.:
B63G 8/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05701561.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2005/050222

(22) Anmeldetag: **19.01.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2005/073076 (11.08.2005 Gazette 2005/32)

(54) **U-BOOT-BRENNSTOFFZELLENEINRICHTUNG, INSBESONDERE FÜR EIN NACHRÜSTBARES BOOTSEGMENT EINES U-BOOTS**

SUBMARINE FUEL CELL DEVICE, ESPECIALLY FOR A RETROFITTABLE SEGMENT OF A SUBMARINE

DISPOSITIF DE CELLULES ELECTROCHIMIQUES DE SOUS-MARIN NOTAMMENT DESTINE A UN SEGMENT DE SOUS-MARIN POUVANT ETRE INSTALLE ULTERIEUREMENT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

- **LERSCH, Josef**
91336 Heroldsbach (DE)
- **QUANTE, Armin**
24340 Eckernförde (DE)
- **KLEINE, Sönke**
24326 Ascheberg (DE)

(30) Priorität: **29.01.2004 DE 102004004624**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.10.2006 Patentblatt 2006/42

(56) Entgegenhaltungen:
DE-C1- 19 852 125 GB-A- 1 141 642

(73) Patentinhaber:

- **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)
- **Howaldtswerke-Deutsche Werft GmbH**
24143 Kiel (DE)

- **SATTLER G: "Fuel cells going on-board"**
JOURNAL OF POWER SOURCES, ELSEVIER SEQUOIA S.A. LAUSANNE, CH, Bd. 86, Nr. 1-2, März 2000 (2000-03), Seiten 61-67, XP004194100 ISSN: 0378-7753
- **1971, THE SOCIETY OF NAVAL ARCHITECTS AND MARINE ENGINEERS , NEW YORK, USA , XP002329578 Seite 620, linke Spalte, Absatz 4**
- **1992, THE SOCIETY OF NAVAL ARCHITECTS AND MARINE ENGINEERS , JERSEY CITY, N.J; USA 209350 , XP002329579 Seite 738, Absatz 5.2**

(72) Erfinder:

- **AHLF, Gerd**
91369 Wiesenthau (DE)
- **EDER, Manfred**
91352 Schlammersdorf (DE)
- **HAMMERSCHMIDT, Albert**
91056 Erlangen (DE)

EP 1 711 397 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung, insbesondere für ein nachrüstbares Bootsegment eines U-Boots

[0002] Die Erfindung bezieht sich auf eine U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung mit H₂-O₂-Brennstoffzellen in modularem Aufbau in einem U-Boot mit zumindest einem elektrischen Propellermotor, einem Batteriesatz, einem Ladegenerator mit Antrieb und einem Stromschienensystem sowie Schalt- und Automatisierungseinrichtungen, wobei die Brennstoffzelleneinrichtung eine Schalttafel aufweist, die vorzugsweise in demselben Segment des U-Bootes wie die Brennstoffzelleneinrichtung angeordnet ist.

[0003] Aus der Zeitschrift NAVAL FORCES SPECIAL ISSUE, SUBCON 2003 AIP PLUG-IN SECTIONS: "A NEW SUBMARINE STANDARD" ist ein U-Boot mit einer vorstehend beschriebenen Brennstoffzelleneinrichtung bekannt.

[0004] Das Dokument "Fuel cells going on-board", JOURNAL OF POWER SOURCES, März 2000, das als nächstliegender Stand der Technik angesehen wird, beschreibt eine Brennstoffzelleneinrichtung zur Nachrüstung eines Unterseebootes.

[0005] Es ist Aufgabe der Erfindung, die in dem vorgenannten Aufsatz auf Seite 35 und 36 beschriebene und in einer Zeichnung im Prinzip dargestellte Brennstoffzelleneinrichtung so auszugestalten, dass sie eine besonders sichere und den Betriebsanforderungen eines U-Boots mit Brennstoffzellen gerecht werdende Ausführung aufweist. Darüber hinaus soll sie auch noch besondere Sicherungsfunktionen für das elektrische Netz eines U-Boots mit einer Brennstoffzelleneinrichtung angeben. Insgesamt soll eine Anordnung angegeben werden, die ein U-Boot bei einer Nachrüstung oder bei einer Neu-ausrüstung mit Brennstoffzellen für eine Zeit von 20 bis 30 Jahren auf dem höchsten technischen Stand der Unterwasserfahrzeuge hält.

[0006] Die Aufgabe wird im wesentlichen dadurch gelöst, dass die Schalttafel durch zumindest eine Brennstoffzellen-(BZ)Steuertafel ergänzt wird, die eine Einrichtungs-Systemsteuerung, eine Sicherheitsautomatik und Elektroniken für BZ-Module aufweist.

[0007] Durch die erfindungsgemäße Ergänzung der bekannten, auch mehrteiligen, Schalttafeln durch Elektronikkomponenten am gleichen Ort, also in den gleichen Schränken, wird eine besonders kompakte und den Sicherheitsanforderungen eines U-Boots Rechnung tragende Ausführung der Brennstoffzelleneinrichtung erreicht. Am Ort der Brennstoffzelleneinrichtung im U-Boot entsteht also eine Hilfszentrale für die Brennstoffzelleneinrichtung, die die Brennstoffzelleneinrichtung gegenüber dem Boot unabhängig funktionsfähig sein lässt und auch die BZ-Energieversorgung des Bootes unabhängig von dem Funktionieren des Bootsleitstandes sicher arbeitsfähig hält. Aufgabengemäß enthält die Brennstoffzelleneinrichtung auch alle Komponenten, die zur Anpassung an das Bordstromversorgungssystem sowie

seine Hauptstromschiene notwendig sind. Dabei soll ein Sicherheitsstandard erreicht werden, der den Sicherheitsstandard der üblichen Batteriesätze erreicht. Insbesondere soll den besonderen Sicherheitsanforderungen in der Brennstoffzelleneinrichtung Rechnung getragen werden. Dazu dient die spezielle Sicherheitsautomatik, die alle wichtigen Komponenten der Brennstoffzelleneinrichtung überwacht, ggf. schaltet sowie eine Einrichtungs-Systemsteuerung, die das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten überwacht und ggf. schaltet sowie die Modulelektroniken, die die einzelnen Brennstoffzellenmodule je für sich überwachen und steuern.

[0008] In Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung eine BZ-Hilfsschalttafel aufweist, die die Verbindung zu typspezifischen speziellen schiffstechnischen Komponenten des jeweiligen U-Boot-Typs übernimmt. So wird die Brennstoffzelleneinrichtung besonders für eine Nachrüstung von vorhandenen Diesel-U-Booten geeignet, von denen ja viele unterschiedliche Typen existieren. Die BZ-Hilfsschalttafel dient also sozusagen als Adapter zu den jeweiligen U-Booten, deren Bordnetze in unterschiedlichster Ausführung vorliegen. Für eine Nachrüstung von vorhandenen U-Booten ist diese Adapterfunktion von besonderem Vorteil, da sich so eine klare technische Trennung zwischen dem alten U-Boot-Energieversorgungsteil und dem neuen Energieversorgungsteil durch die Brennstoffzelleneinrichtung ergibt. Die Brennstoffzelleneinrichtung weist so einen für vorhandene und neue U-Boote unveränderten Kern in Form der Brennstoffzellenmodule auf, die über eine Brennstoffzelleneinrichtungs-Steuertafel bedient werden, wobei die BZ-Hilfsschalttafel die Adaption an die unterschiedlichen Typen vornimmt.

[0009] Falls die U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung mit H₂-O₂-Brennstoffzellen in modularem Aufbau in neue U-Boot-Typen eingebaut wird, z.B. in die Typen 212 oder 214, kann die BZ-Hilfsschalttafel entfallen, hier wird die Hilfsschalttafel in die Hauptschalttafel des Bootes mit integriert. Dies ist bei Neubauten möglich.

[0010] Bei einer Ergänzung der Antriebseinrichtung eines vorhandenen Diesel-U-Boots übernimmt die BZ-Hilfsschalttafel die Adaption. Hierfür wird sie als eigenständige Komponente ausgeführt, die vorteilhaft mit in dem Nachrüstungssegment des U-Boots angeordnet ist.

[0011] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung eine BZ-Steuertafel mit Komponenten zum Betrieb, zum Ein/Ausschalten sowie für Test- und Prüfzwecke der Brennstoffzelleneinrichtung enthält. Durch die Ergänzung der Steuertafel über die üblichen Komponenten zum Betrieb, zum Ein- und Ausschalten mit Komponenten für Test- und Prüfzwecke entsteht eine BZ-Steuertafel, die den Anforderungen einer U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung besonders vorteilhaft entspricht. Eine Brennstoffzelleneinrichtung kann nicht wie eine Batterieeinrichtung ständig in betriebsbereitem Zustand gehalten werden. Vor dem Einschalten muss zunächst die ordnungsgemäße Funktion der Brennstoffzelle geprüft und

getestet werden. Hierfür sind Komponenten notwendig, die die Hilfsaggregate in Betrieb setzen und einen Testlauf mit Prüfung der Betriebsbereitschaft und des folgenden Betriebsverhaltens sowie einen Komponententest durchführen. Erst wenn alle Tests und Prüfungen positiv ausfallen, kann die Brennstoffzelleneinrichtung in Betrieb genommen werden, ohne dass eine Fehlfunktion zu befürchten ist. Die Tests und Prüfungen müssen insbesondere nach einer längeren Liegezeit des U-Boots durchgeführt werden, wobei neben der Wasserstoffanlage, der Sauerstoffanlage und der Stickstoffanlage, der Reaktionswasseranlage und dem Kühlsystem insbesondere die Dichtigkeit der Zellen sowie die Funktionsfähigkeit der Geber, Sensoren und Ventile in den BZ-Modulen zu testen und zu prüfen sind.

[0012] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Brennstoffzelleneinrichtung eine BZ-Steuertafel mit folgenden Abmessungen aufweist: (Maße von vorne gesehen)

Breite	von 1100 mm bis 2000 mm
Tiefe	von 500 mm bis 700 mm
Höhe	von 1000 mm bis 2100 mm.

[0013] So ergibt sich eine Steuertafel mit optimierten Abmessungen, die es erlaubt, alle Steuereinrichtungen, die notwendig sind, aufzunehmen, ohne dass Abmessungen derart groß werden, dass die BZ-Steuertafel nicht mehr in dem U-Boot ohne weiteres integrierbar ist, insbesondere nicht in einem nachrüstbaren Bootssegment.

[0014] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die BZ-Hilfsschalttafel Geräte zum Anpassen der Brennstoffzelleneinrichtung an unterschiedliche U-Boot-Ausführungen enthält. Dabei soll die Hilfsschalttafel die folgenden Abmessungen aufweisen: (Maße von vorne gesehen)

Breite	von 500 mm bis 1300 mm
Tiefe	von 500 mm bis 700 mm
Höhe	von 1000 mm bis 2100 mm.

[0015] So ergeben sich auch für die Hilfsschalttafel mit ihren Geräten zur Adaption der Brennstoffzelleneinrichtung an unterschiedliche U-Boot-Ausführungen Maße, die sowohl alle notwendigen Einrichtungen einer Hilfsschalttafel aufnehmen können als auch den an Bord von nachgerüsteten U-Booten zur Verfügung stehenden Platz nicht zu sehr in Anspruch nehmen.

[0016] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Schalttafel zumindest einen Leistungsschalter für mindestens 1000 A sowie ggf. eine Sollsammelstelle aufweist. Der Leistungsschalter in der Schalttafel bietet vorteilhaft die Möglichkeit, die Brennstoffzelleneinrichtung auf das Bordnetz aufzuschalten sowie wieder von dem Bordnetz zu trennen. Bei DC-Net-

zen mit hohen Summenkurzschlussströmen ist ggf. auch eine Sollsammelstelle vorgesehen, die den besonderen Anforderungen des an Bord von U-Booten bestehenden DC-Netzes entspricht.

[0017] Zusammen mit dem Leistungsschalter sorgt sie für eine sichere Trennung der Brennstoffzelleneinrichtung vom U-Boot-Bordnetz, in dem durch Gefechtseinwirkungen ganz erhebliche Kurzschlussströme auftreten können.

[0018] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Schalttafel folgende Abmessungen aufweist: (Maße von vorne gesehen)

Breite	von 500 mm bis 1300 mm
Tiefe	von 500 mm bis 1300 mm
Höhe	von 1000 mm bis 2100 mm.

[0019] Aus den Abmessungen der BZ-Steuertafel, der BZ-Hilfsschalttafel und der Schalttafel ergibt sich ein vorteilhaftes Schaltschranksystem an Bord eines U-Bootes, das größtmäßig ohne weiteres in dem U-Boot, insbesondere in einem nachgerüsteten Brennstoffzelleneinrichtungssegment, unterzubringen ist und dabei die Möglichkeit bietet, alle Schalteinrichtungen, Automatisierungseinrichtungen und ihre Hilfseinrichtungen in kompakter Weise und trotzdem ausreichend zugänglich zusammen zu fassen. So wird den besonderen Platzanforderungen an Bord eines U-Boots in optimaler Weise Rechnung getragen.

[0020] In weiterer Ausbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die BZ-Steuertafel zumindest eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), wie z.B. eine SIMATIC S 7, der Firma Siemens aufweist. So ergibt sich in besonders günstiger Weise an Bord eines modernen U-Boots, das in der Regel mit speicherprogrammierbaren Steuerungen automatisiert ist, ein homogenes Automatisierungsnetz. Dabei ist es möglich, eine durchgehende Software zu verwenden, die den besonderen Sicherheitsanforderungen an Bord eines U-Boots entspricht.

[0021] Es ist dabei vorgesehen, dass vorteilhaft zumindest eine der Schalt- und Steuereinrichtungen, also etwa die BZ-Steuertafel bzw. die BZ-Hilfsschalttafel, ein Steuer- und Überwachungsgerät mit Monitor sowie benötigte Steuerschalter/Taster und Messgeräte aufweist. So ergibt sich im Bereich der Brennstoffzelleneinrichtung eine Bedien- und Beobachtungseinrichtung für die Brennstoffzelleneinrichtung, die vor Ort eine vollständige Überwachung und Bedienung der Brennstoffzelleneinrichtung ermöglicht. Diese kann also visuell durch die verschiedenen Geräte und den Monitor unter Zurhilfenahme des Gehörs und sogar der Eindrücke des geschulten Bedienungspersonals vom Zustand der Brennstoffzelleneinrichtung erfolgen.

[0022] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung ist vorgesehen, dass im Stromschiensystem ein HTS-Strombegrenzer angeordnet ist, der mit einer kryogenen Flüssigkeit ge-

kühlt wird und mit einem Leistungsschalter zusammenwirkt.

[0023] Der HTS-Strombegrenzer ist vorteilhaft mit einem Vorratsbehälter für kryogene Flüssigkeit verbunden, der insbesondere elektrisch gekühlt wird. Durch einen HTS-Strombegrenzer ergibt sich eine besonders vorteilhafte Trennmöglichkeit der empfindlichen Brennstoffzelleneinrichtung bei Kurzschlüssen von dem Bordnetz. HTS-Strombegrenzer sind an sich bekannt, bei dem Einsatz zum Sichern von Brennstoffzelleneinrichtungen an Bord eines U-Bootes ergibt sich jedoch eine besonders hohe Sicherheit in Bezug auf Rückwirkungen aus dem U-Boot-Stromversorgungssystem. Dies gilt vorteilhaft insbesondere im Gefechtsfall, bei dem insbesondere Spannungseinbrüche im Netz verhindert werden sollen, die beim Ansprechen von Leistungsschaltern auftreten. So wird sehr vorteilhaft ein "Aussteigen" empfindlicher elektronischer Geräte verhindert und die Funktionssicherheit der im U-Boot vorhandenen elektronischen Komponenten verbessert.

[0024] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der HTS-Strombegrenzer mit einem Vorratsbehälter verbunden ist, dessen Verdampfungswärme zum Aufheizen des flüssigen Sauerstoffs genutzt wird, der zum Betrieb der Brennstoffzelleneinrichtung benötigt wird. So ergibt sich ein besonders geringer Energieverbrauch des HTS-Systems, da keine elektrische Energie zur Kühlung der kryogenen Flüssigkeit zur Verfügung gestellt werden muss. So kann das Bordnetz entlastet werden. Gleichzeitig ergibt sich ein vorteilhafter Energieverbund zwischen der Brennstoffzelleneinrichtung mit ihren Versorgungsaggregaten und dem Sicherheits-Schaltssystem.

[0025] Vorteilhaft ist die Brennstoffzelleneinrichtung, der HTS-Strombegrenzer und sein Vorratsbehälter mit kryogener Flüssigkeit im Bereich der Schalttafel und der BZ-Hilfsschalttafel angeordnet. Hier steht an einer der wenigen Stellen eines U-Boots Platz zur Verfügung und es ergeben sich kurze Leitungslängen. So wird die Sicherheit des Energieversorgungssystems des U-Boots erhöht und dem begrenzten Platz im U-Boot entsprochen.

[0026] Die vorstehende Anordnung ist besonders vorteilhaft, wenn die Brennstoffzelleneinrichtung zur Nachrüstung eines U-Boots, d.h. in einem in das vorhandene U-Boot eingefügten neuen Segment, verwendet wird. Es versteht sich, dass in diesem Segment auch die Pumpen für Gas und Wasser sowie eine Startereinheit zusammen mit allen übrigen Hilfseinrichtungen und Komponenten angeordnet werden. Durch das Nachrüstungssegment ergibt sich für vorhandene U-Boote eine ganz erheblich verlängerte geräuscharme Tauchfahrt. Diese Verlängerung ist, unter anderem aus Platzgründen, nicht durch eine Vergrößerung der Akku-Blöcke erreichbar.

[0027] Die Erfindung wird anhand von Zeichnungen näher erläutert, aus denen, ebenso wie aus den Unteransprüchen, weitere erfindungswesentliche Angaben entnehmbar sind.

[0028] Es zeigen:

FIGUR 1 eine schematische Übersicht über eine Brennstoff- Zelleneinrichtungs-Steuertafel mit ihren Verbindungen zu den Brennstoffzellenmodulen und der Hilfsschalttafel für Nachrüstungen;

FIGUR 2 die einzelnen Einrichtungen der Brennstoffzellen- Einrichtung für Nachrüstungen in schematischer Form;

FIGUR 3 eine Ansicht von vorn der Steuertafel der Brennstoffzelleneinrichtung;

FIGUR 4 ein Brennstoffzellenmodul und

FIGUR 5 eine Prinzipdarstellung eines HTS-Strombegrenzers.

[0029] In FIGUR 1 bezeichnet 1 ein erstes Brennstoffzellenmodul sowie 2 ein zweites Brennstoffzellenmodul. Die Brennstoffzellenmodule für eine nachrüstbare Brennstoffzelleneinrichtung haben in der Regel eine Leistung von 120 bis 140 kW. Diese Leistung kann je nach Anforderung auch durch das Hinzufügen oder Wegnehmen von weiteren Stacks im Brennstoffzellenmodul erhöht oder erniedrigt werden.

[0030] Die Brennstoffzellenmodule 1, 2 sind durch Prozesssignalkabel 3, 4 mit der Brennstoffzelleneinrichtungssteuertafel 5 verbunden. Durch die Verwendung von zwei Prozesssignalkabelsätzen, je einer zu einem Brennstoffzellenmodul, ergibt sich eine besonders hohe Verfügbarkeit, da der Ausfall eines Brennstoffzellenmoduls keine Rückwirkungen auf die Funktion des anderen Brennstoffzellenmoduls hat. Die Prozesssignale aus den Brennstoffzellenmodulen 1, 2 werden in der Brennstoffzellenmodulelektronikeinheit 6 verarbeitet, die mit der Brennstoffzellenanlagensteuerung 7 in Verbindung steht. Die Brennstoffzellenanlagensteuerung 7 steht wiederum mit der Brennstoffzellensicherheitsautomatik 8 in Verbindung, die einen sicheren Betrieb der Brennstoffzelleneinrichtung ermöglicht.

[0031] Die Brennstoffzelleneinrichtungs-Steuertafel 5 weist weiterhin eine Bedienstation 9 auf, mit der die einzelnen Funktionen, insbesondere für Test- und Prüfzwecke, eingestellt werden können. Die Brennstoffzelleneinrichtungssteuertafel 5 ist mit einer Brennstoffzellenhilfsschalttafel 11 verbunden, die die Adaption der Brennstoffzelleneinrichtung an die verschiedenen U-Boot-Typen vornimmt. Die Brennstoffzellensteuertafel ist mit dem schiffstechnischen Leitstand 15 über die Hilfsschalttafel 11 verbunden. Dies ist durch die Pfeile 12 und 13 angedeutet. Der schiffstechnische Leitstand und seine Unterstationen sind nur angedeutet dargestellt, da sie keine unmittelbare Funktion in Bezug auf die Brennstoffzelleneinrichtung ausüben. Diese ist ja als autonom funktionstüchtige Einheit ausgebildet.

[0032] Die Hilfsaggregate für die Brennstoffzelleneinrichtung, wie Pumpen, eine Startereinrichtung, ein DC-Steller, der Schiffshauptschalter und die unterschiedlichen Steuerungen für die Schiffsbetriebseinrichtungen

sind andeutungsweise bezeichnet. Das gleiche gilt für die Hilfsanlagen (Peripherie der Brennstoffzelleneinrichtung), wie z.B. das Kühlsystem, die Reaktionswasseranlage, die Stickstoffanlage, die Sauerstoffanlage und die Wasserstoffanlage. Alle diese Komponenten werden bootstypabhängig von der Werft bereitgestellt und mit der Brennstoffzellensteuertafel signal- und steuertechnisch verbunden. Sie sind nicht Gegenstand der Erfindung.

[0033] In FIGUR 2 sind die einzelnen Komponenten unabhängig von ihrer Anordnung im Boot mit ihren technischen Schnittstellen noch einmal dargestellt. Für das Bedienen und Beobachten der Brennstoffzelleneinrichtung dient die Brennstoffzellensteuertafel 20, die zwei Modulelektroniken enthält; darüber hinaus die Brennstoffzelleneinrichtungs-Steuerung und die Brennstoffzelleneinrichtungs-Sicherheitsautomatik; des weiteren eine Bedienstation. Die sog. Brennstoffzellenbatterie enthält zwei Brennstoffzellenmodule, ggf. können jedoch auch noch mehr Module in einer Brennstoffzelleneinrichtung vereinigt werden. Die Standardmodule weisen eine Leistung von ca. 120 - 140 kW auf, eine zweite Ausführung von Standardmodulen liegt in der Leistung zwischen 30 und 40 kW. Aus diesen Modulen können die verschiedensten Brennstoffzelleneinrichtungen gebildet werden, z.B. können acht bis zehn Brennstoffzellenmodule von je 30 bis 40 kW eine Brennstoffzelleneinrichtung bilden, aber auch zwei oder ggf. drei 120 kW Module eine Brennstoffzelleneinrichtung.

[0034] Die sog. Brennstoffzellenbatterie, die von den Brennstoffzellenmodulen gebildet wird, enthält für Nachrüstungen in der Regel zwei Brennstoffzellenmodule, die je einen Prozesssignalkabelsatz zur Brennstoffzellensteuertafel aufweisen. Des weiteren weist die Brennstoffzellenbatterie vorteilhaft Medienkupplungen für die einzelnen Medien, wie Wasserstoff, Sauerstoff, Wasser, Stickstoff etc. auf, die mit Dichtungen versehen in die Brennstoffzellenbatterie eingeführt werden. Die Brennstoffzellenbatterie weist darüber hinaus Anschlussadapter für die Leistungskabel auf, die die erzeugte elektrische Leistung auf das Stromschienensystem des U-Boots übertragen. Da die Brennstoffzellenmodule unter Schutzgas gefahren werden müssen, weisen sie auch eine Pumpeneinheit, eine Trocknereinheit und eine Ventileinheit für Schutzgas auf.

[0035] All die vorstehenden Komponenten sind Serienkomponenten für Brennstoffzelleneinrichtungen, wie sie unabhängig von dem Bootstyp verwendet und zusammengestellt werden. Dies erlaubt eine vorteilhafte Serienbildung der sehr kostenaufwendigen Brennstoffzelleneinrichtungen. Die Brennstoffzelleneinrichtung weist die technischen Schnittstellen 23 auf, die die Starkstromschnittstelle, etwa zum DC/DC-Steller, für die MSR (Messen, Steuern, Regeln) von und zur Brennstoffzelleneinrichtung beinhalten sowie eine Datenschnittstelle, etwa für einen Datenbus SINEC-H 1 zum Bootsleitsystem. Die technische Schnittstelle 24 symbolisiert die Verbindung zur Wasserstoffversorgung, zur Sauerstoff-

versorgung, zur Stickstoffversorgung, zur Restgasentsorgung, zur Produktwasserentsorgung und zu den Kühleinrichtungen. Als Input, der über die technische Schnittstelle 26 symbolisiert wird, wird die Umgebungsbedingung, d.h. die Temperatur, die Luftfeuchte, die Schräglage, der Aufstellungsort, die Schockeinwirkung und die Platzverhältnisse sowie die Einhaltung der H_2 - O_2 -Konzentration entsprechend den Vorschriften der Marinen und der Abnahmegesellschaften eingegeben. Als Output, symbolisiert durch den Pfeil 25, ergibt sich eine stark verlängerte Tauchzeit, eine geräuschlose Energieerzeugung, eine emissionsfreie Energieerzeugung mit geringen EMV- und magnetischen Signaturen mit hoher Verfügbarkeit, hoher Zuverlässigkeit und geringen Restgas-mengen.

[0036] Aus FIGUR 3 ist eine typische Ausführung einer Brennstoffzelleneinrichtungs-Steuertafel ersichtlich. Der Monitor 30, auf dem die verschiedensten, je nach Anforderung benötigten, Zustandsschaubilder dargestellt werden können, befindet sich in einem oberen Segment der Steuertafel, besonders vorteilhaft oben rechts. Daneben befindet sich ein Segment mit Messgeräten 31 und Kontrolllampen 32 sowie Tastern, wobei die Taster vorteilhaft gleichzeitig als Kontrolllampen dienen. Die einzelnen Segmente sind mit den für die Steuerung, das Bedienen und Beobachten notwendigen Komponenten ausgefüllt und durch die Segmenttüren an der Vorderseite zugänglich. Kabelzuführungen und der Kühlwassereintritt sowie Austritt befindet sich unter den einzelnen Segment-schränken, wobei der Kühlwassereintritt vorteilhaft von vorn gesehen links unten stattfindet und der Kühlwasseraustritt rechts unten. Die Ausführung der Steuertafel entspricht einer tatsächlich ausgeführten Steuertafel, sie ist jedoch nicht zwingend, sondern kann variiert werden.

[0037] In FIGUR 4 ist ein 120 kW-Brennstoffzellenmodul in seinem Druckbehälter dargestellt. Der Druckbehälter besteht aus nicht rostendem Edelstahl und weist an seiner Stirnseite Starkstromanschlüsse 35 sowie aus der Darstellung nicht ersichtliche vielpolige Steckverbinder für die aus FIGUR 1 ersichtlichen Prozesssignalkabel auf. Des weiteren weist die Stirnseite einen hoch integrierten Medienanschlussblock 36 zur Versorgung des Brennstoffzellenmoduls mit H_2 und O_2 auf.

[0038] Aus FIGUR 5 ist der die Schaltgeräte der Brennstoffzelleneinrichtung ergänzende HTS-Strombegrenzer mit seiner Peripherie in Prinzipdarstellung ersichtlich. Er arbeitet mit einem Leistungsschalter zusammen. Seine einzelnen Komponenten sind in der Darstellung kurz erläutert.

[0039] Die auch schon für sich und in ihren Einzelheiten erfinderische Aufgabenaufteilung zwischen der BZ-Steuertafel und der BZ-Hilfsschalttafel ergibt sich aus der nachfolgenden Auflistung für alle Air Independent Propulsion(AIP)-Anwendungen.

[0040] Die BZ-Steuertafel hat folgende Hauptaufgaben:

- Steuerung und Überwachung der BZ-Module (die in

den BZ-Modulen eingebauten Geber und Ventile erhalten die benötigte Energie über DC/DC-Wandler DC 24V von der BZ-Steuertafel aus, die Hauptenergie für die vorgenannten DC/DC-Wandler kommt aus der BZ-Hilfsschalttafel)

- Steuerung und Überwachung der gesamten BZ-Anlage inkl. der peripheren Ver- und Entsorgungssysteme für H₂, O₂, Kühlwasser, Stickstoff, Deionat, Vakuum etc.; alle Signale zur Ansteuerung von Gebern und Ventilen in der BZ-Anlage (ohne BZ-Module) werden zunächst zur BZ-Hilfsschalttafel geleitet und von dort an die entsprechenden Geber und Ventile weitergeleitet (die benötigte Energie für die Ansteuerung vorgenannter Geber und Ventile kommt aus der BZ-Hilfsschalttafel)
- Bedienung der BZ-Anlage vor Ort durch den in die BZ-Steuertafel eingebauten PC
- Bereitstellung der Signale für das übergeordnete Leitsystem zur Visualisierung der BZ-Anlagenzustände (nicht bei AIP-Nachrüstung)

[0041] In der BZ-Steuertafel sind unter anderem folgende Hardwarekomponenten eingebaut:

- Simatic S7-Automatisierungssysteme für die Steuerung und Überwachung der BZ-Module
- Simatic S7-Automatisierungssysteme für die Steuerung und Überwachung der BZ-Anlage
- Simatic S7-Automatisierungssysteme für die Sicherheitsautomatik der BZ-Anlage
- DC/DC-Wandler zur potential getrennten Versorgung der Geber und Ventile in den BZ-Modulen
- Smart Spannungsmesssysteme zur Messung und Überwachung der Zellspannungen der BZ-Module
- ICOS-PC inkl. Keyboard mit Trackball, für Bedienung und Beobachtung der BZ-Anlage vor Ort
- Optical Link Module zur Weitergabe der Signale an das übergeordnete Leitsystem zur Visualisierung der BZ-Anlagenzustände (nicht AIP-Nachrüstung)

[0042] Die BZ-Hilfsschalttafel hat folgende Hauptaufgaben:

- Versorgung der BZ-Steuertafel
- Elektrische Versorgung der gesamten Geber, Ventile, Pumpen etc., der gesamten BZ-Anlage inkl. der peripheren Ver- und Entsorgungssysteme für H₂, O₂, Kühlwasser, Stickstoff, Deionat, Vakuum etc., mit der benötigten Energie (DC 24V, DC 160 - 330V, 3 AC 60Hz 115V)
- Bedienung (Handsteuerung) der Pumpen und der Vorwärmheizung der BZ-Anlage vor Ort
- Isolationsmessung und -anzeige der BZ-Anlage
- Sammlung und Weiterleitung von Signalen diverser Boots-Systeme, z.B. Fahranlage, Bordnetz, BZ-Anlage etc.

[0043] In der BZ-Hilfsschalttafel sind unter anderem

folgende Hardwarekomponenten eingebaut:

- Messeinrichtungen zur Isolationsmessung der BZ-Anlage
- DC 330V / DC 24V Stromversorgungsgeräte
- Kondensatoren zur Spannungspufferung
- 3-polige Leistungsschalter zum Ein- und Ausschalten der Pumpen und Verbraucher mit hohem Einschaltstrom in der BZ-Anlage.

Patentansprüche

1. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung mit H₂-O₂-Brennstoffzellen in modularem Aufbau in einem U-Boot mit zumindest einem elektrischen Propellermotor, einem Batteriesatz, einem Ladegenerator mit Antrieb und einem Stromschienensystem sowie Schalt- und Automatisierungseinrichtungen, wobei die Brennstoffzelleneinrichtung eine Schalttafel aufweist, die vorzugsweise in demselben Segment des U-Boots wie die Brennstoffzelleneinrichtung angeordnet ist und wobei die Schalttafel durch zumindest eine Brennstoffzellen(BZ)-Steuertafel ergänzt wird, die eine Brennstoffzelleneinrichtungssystemsteuerung, eine Sicherheitsautomatik und Modulelektroniken aufweist und wobei die Brennstoffzelleneinrichtung eine Hilfsschalttafel aufweist, die die Verbindung zu typspezifischen schiffstechnischen Komponenten des jeweiligen U-Boot-Typs übernimmt, z.B. zu einem DC-Starter, den Pumpen der Brennstoffzelleneinrichtung etc., wobei die Hilfsschalttafel Geräte zum Anpassen der Brennstoffzellen-Betriebseinrichtungen und elektronischen Komponenten der Brennstoffzelleneinrichtung an unterschiedliche U-Boot-Ausführungen enthält.
2. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in die Hilfsschalttafel unter anderem folgende Hardwarekomponenten eingebaut sind:
 - Messeinrichtungen zur Isolationsmessung der BZ-Anlage
 - DC 330V / DC 24V Stromversorgungsgeräte
 - Kondensatoren zur Spannungspufferung
 - 3-polige Leistungsschalter zum Ein- und Ausschalten der Pumpen und Verbraucher mit hohem Einschaltstrom in der BZ-Anlage.
3. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die BZ-Hilfsschalttafel die folgenden Abmessungen aufweist: Breite von 500 mm bis 1300 mm, Tiefe von 500 mm bis 700 mm und Höhe von 100 mm bis 2100 mm.

4. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die BZ-Steuertafel Komponenten zum Betrieb, zum Ein/Ausschalten sowie für Test- und Prüfzwecke der Brennstoffzelleneinrichtung enthält.
5. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die BZ-Steuertafel folgende Abmessungen aufweist: Breite von 1100 mm bis 2000 mm, Tiefe von 500 mm bis 700 mm und Höhe von 1000 mm bis 2100 mm.
6. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schalttafel zumindest einen Leistungsschalter für mindestens 1000 A sowie ggf. eine Sollsammelstelle aufweist.
7. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schalttafel folgende Abmessungen aufweist: Breite von 500 mm bis 1300 mm, Tiefe von 500 mm bis 1300 mm und Höhe von 1000 mm bis 2100 mm.
8. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die BZ-Steuertafel zumindest eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), wie z.B. eine SIMATIC S 7, aufweist.
9. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die BZ-Steuertafel oder/und eine der Schalttafeln ein Steuer- und Überwachungsgerät mit Monitor sowie benötigte Steuerschalter/Taster und Messgeräte aufweist.
10. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Stromschienensystem ein HTS-Strombegrenzer angeordnet ist, der mit einer kryogenen Flüssigkeit gekühlt wird und mit einem Leistungsschalter zusammenwirkt.
11. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der HTS-Strombegrenzer mit einem Vorratsbehälter für kryogene Flüssigkeit verbunden ist, der insbesondere elektrisch gekühlt wird.
12. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der HTS-Strombegrenzer mit einem Vorratsbehälter verbunden ist, dessen Verdampfungswärme zum Aufheizen des flüssigen Sauerstoffes genutzt wird,
- der zum Betrieb der Brennstoffzelleneinrichtung benötigt wird.
13. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach Anspruch 10, 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der HTS-Strombegrenzer und sein Vorratsbehälter mit kryogener Flüssigkeit in demselben Segment wie die Brennstoffzelleneinrichtung mit ihrer Schalttafel, der BZ-Steuertafel und ggf. der Hilfsschalttafel angeordnet sind.
14. U-Boot-Brennstoffzelleneinrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zusammen mit ihren notwendigen Hilfsanlagen, wie Pumpen für Gas und Wasser sowie einer Startereinheit in einem nachrüstbaren Bootsegment angeordnet ist.

20 Claims

- Submarine fuel cell device with H₂-O₂ fuel cells in a modular structure in a submarine with at least one electric propeller motor, a battery set, a charging generator with drive and a power line system as well as switching and automation devices, with the fuel cell device having a switching panel which is preferably arranged in the same segment of the submarine as the fuel cell device and with the switching panel being supplemented by a least one fuel cell (BZ) control panel, featuring a fuel cell device system controller, an automatic safety cutout and module electronics and with the fuel cell device having an auxiliary switching panel which takes over the connection to type-specific technical components of the respective submarine type, e.g. to a DC starter, the pumps of the fuel cell device etc., with the auxiliary switching panel containing devices for adapting the fuel cell devices and electronic components of the fuel cell devices to different designs of submarine.
- Submarine fuel cell device according to claim 1, **characterised in that** some of the hardware components built into the auxiliary switching panel are as follows:
 - Measuring devices for insulation measurement of the BZ system
 - DC 330V / DC 24V power supply devices
 - Capacitors for power buffering
 - 3-pole power switches for switching on and switching off the pumps and loads with high inrush current in the BZ system.
- Submarine fuel cell device according to claim 1 or 2, **characterized in that** the dimensions of the BZ auxiliary switching panel are as follows: Width from 500 mm to 1300 mm, depth from 500 mm to 700 mm

and height from 1000 mm to 2100 mm.

4. Submarine fuel cell device according to claim 1, 2 or 3,
characterized in that the BZ control panel contains components for operating, switching on/switching off and also for the purposes of testing and checking the fuel cell device.
5. Submarine fuel cell device according to claim 1, 2, 3 or 4,
characterized in that the dimensions of the BZ auxiliary control panel are as follows: Width from 1000 mm to 2000 mm, depth from 500 mm to 700 mm and height from 1000 mm to 2100 mm.
6. Submarine fuel cell device according to one or more of the previous claims,
characterised in that the switching panel has at least one power switch for at least 1000 A as well as a fuse point where necessary.
7. Submarine fuel cell device according to one or more of the previous claims,
characterised in that the dimensions of the switching panel are as follows: Width from 500 mm to 1300 mm, depth from 500 mm to 1300 mm and height from 1000 mm to 2100 mm.
8. Submarine fuel cell device according to one or more of the previous claims,
characterised in that the BZ control panel features at least one programmable logic control (PLC), such as a SIMATIC S 7 for example.
9. Submarine fuel cell device according to one or more of the previous claims,
characterised in that at least the BZ control panel and/or one of the switching panels features a control and monitoring device with monitor as well as the necessary control switches/buttons and measurement devices.
10. Submarine fuel cell device according to one or more of the previous claims,
characterised in that an HTS current limiter is arranged in the power line system, which is cooled with a cryogenic liquid and interoperates with a power switch.
11. Submarine fuel cell device according to claim 10,
characterised in that the HTS current limiter is connected to a reservoir for cryogenic liquid, which in particular is cooled electrically.
12. Submarine fuel cell device according to claim 10 or 11,
characterised in that the HTS current limiter is con-

nected to a reservoir of which the evaporation heat is used to heat up the liquid oxygen needed for operating the fuel cell device.

- 5 13. Submarine fuel cell device according to claim 10, 11 or 12, **characterised in that** the HTS current limiter and its reservoir with cryogenic liquid are arranged in the same segment as the fuel cell device with its switching panel, the BZ control panel and if necessary the auxiliary switching panel.
- 10 14. Submarine fuel cell device according to one or more of the previous claims,
characterised in that it is arranged together with its necessary ancillary systems, such as pumps for gas and water as well as a starter unit, in a retrofittable segment of the boat.

20 Revendications

1. Dispositif de piles à combustible de sous-marin, ayant des piles à combustible H₂-O₂ en structure modulaire dans un sous-marin ayant au moins un moteur électrique d'hélice, un jeu de batteries, un générateur de charge avec entraînement et un système de barres de courant, ainsi qu'un système de commutation et d'automatisation, le dispositif de piles à combustible ayant un tableau de distribution, qui est disposé de préférence dans le même segment du sous-marin que le dispositif de piles à combustible, et le tableau de distribution étant complété par au moins un tableau de commande de piles à combustible (BZ), qui a une commande de dispositif de piles à combustible-système, un automatisme de sécurité et des électroniques de module et le dispositif de piles à combustible ayant un tableau de distribution auxiliaire, qui prend en charge la liaison avec des éléments de technique navale spécifique au type respectif du sous-marin, par exemple, avec un démarreur en courant continu, les pompes du dispositif de piles à combustible etc., le tableau de distribution auxiliaire comportant des appareils pour l'adaptation des dispositifs de fonctionnement des piles à combustible et des composants électroniques du dispositif de piles à combustible à des réalisations de sous-marin différentes.
2. Dispositif de piles à combustible de sous-marin suivant la revendication 1,
caractérisé en ce que, dans le tableau de distribution auxiliaire, sont incorporés entre autres les éléments matériels suivantes :
 - dispositif de mesure pour la mesure de l'isolation de l'installation BZ
 - appareil d'alimentation en courant continu 330 V/continu 24 V

- condensateurs d'égalisation de la tension
- disjoncteur tripolaire pour la connexion et la déconnexion des pompes et des consommateurs ayant un grand courant de connexion dans l'installation BZ.
3. Dispositif de piles à combustible suivant la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que le tableau de distribution auxiliaire BZ a les dimensions suivantes : largeur de 500 mm à 1 300 mm, profondeur de 500 mm à 700 mm et hauteur de 100 mm à 2 100 mm.
4. Dispositif de piles à combustible suivant la revendication 1, 2 ou 3,
caractérisé en ce que les éléments du tableau de commande BZ contiennent des composants pour le fonctionnement, pour la connexion/déconnexion ainsi qu'à des fins de tests et de contrôle du dispositif de piles à combustible.
5. Dispositif de piles à combustible suivant la revendication 1, 2, 3 ou 4,
caractérisé en ce que le tableau de commande BZ a les dimensions suivantes : largeur de 1 100 mm à 2 000 mm, profondeur de 500 mm à 700 mm et hauteur de 1 000 mm à 2 100 mm.
6. Dispositif de piles à combustible suivant l'une ou plusieurs des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le tableau de distribution a au moins un disjoncteur pour au moins 1 000 A ainsi que, le cas échéant, un fusible de consigne.
7. Dispositif de piles à combustible suivant l'une ou plusieurs des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le tableau de distribution a les dimensions suivantes : largeur de 500 mm à 1 300 mm, profondeur de 500 mm à 1 300 mm et hauteur de 1 000 mm à 2 100 mm.
8. Dispositif de piles à combustible suivant l'une ou plusieurs des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le tableau de commande BZ a au moins un automate (SPS) à programme enregistré comme, par exemple, un SIMATIC S 7.
9. Dispositif de piles à combustible suivant l'une ou plusieurs des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'au moins le tableau de commande BZ ou/et l'un des tableaux de distribution a un appareil de commande et de contrôle ayant un moniteur ainsi qu'un commutateur de commande/ touche et des appareils de mesure.
10. Dispositif de piles à combustible suivant l'une ou plusieurs des revendications précédentes,
caractérisé en ce que, dans le système de barres
- de courant, est disposé un limiteur de courant HTS, qui est refroidi par un liquide cryogénique et qui coopère avec un disjoncteur.
11. Dispositif de piles à combustible suivant la revendication 10,
caractérisé en ce que le limiteur de courant HTS est relié à un réservoir de liquide cryogénique, qui est refroidi notamment électriquement.
12. Dispositif de piles à combustible suivant la revendication 10 ou 11,
caractérisé en ce que le limiteur de courant HTS est relié à un réservoir dont la chaleur d'évaporation est utilisée pour chauffer l'oxygène liquide dont on a besoin pour le fonctionnement du dispositif de piles à combustible.
13. Dispositif de piles à combustible suivant la revendication 10, 11 ou 12,
caractérisé en ce que le limiteur de courant HTS et son réservoir ayant du liquide cryogénique sont disposés dans le même segment que le dispositif de piles à combustible avec son tableau de distribution, le tableau de commande BZ et, le cas échéant, le tableau de commande auxiliaire.
14. Dispositif de piles à combustible suivant l'une ou plusieurs des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'il est disposé ensemble avec ses installations auxiliaires nécessaires, comme des pompes pour du gaz et de l'eau, ainsi qu'une unité de démarrage dans un segment de bateau de rééquipement.

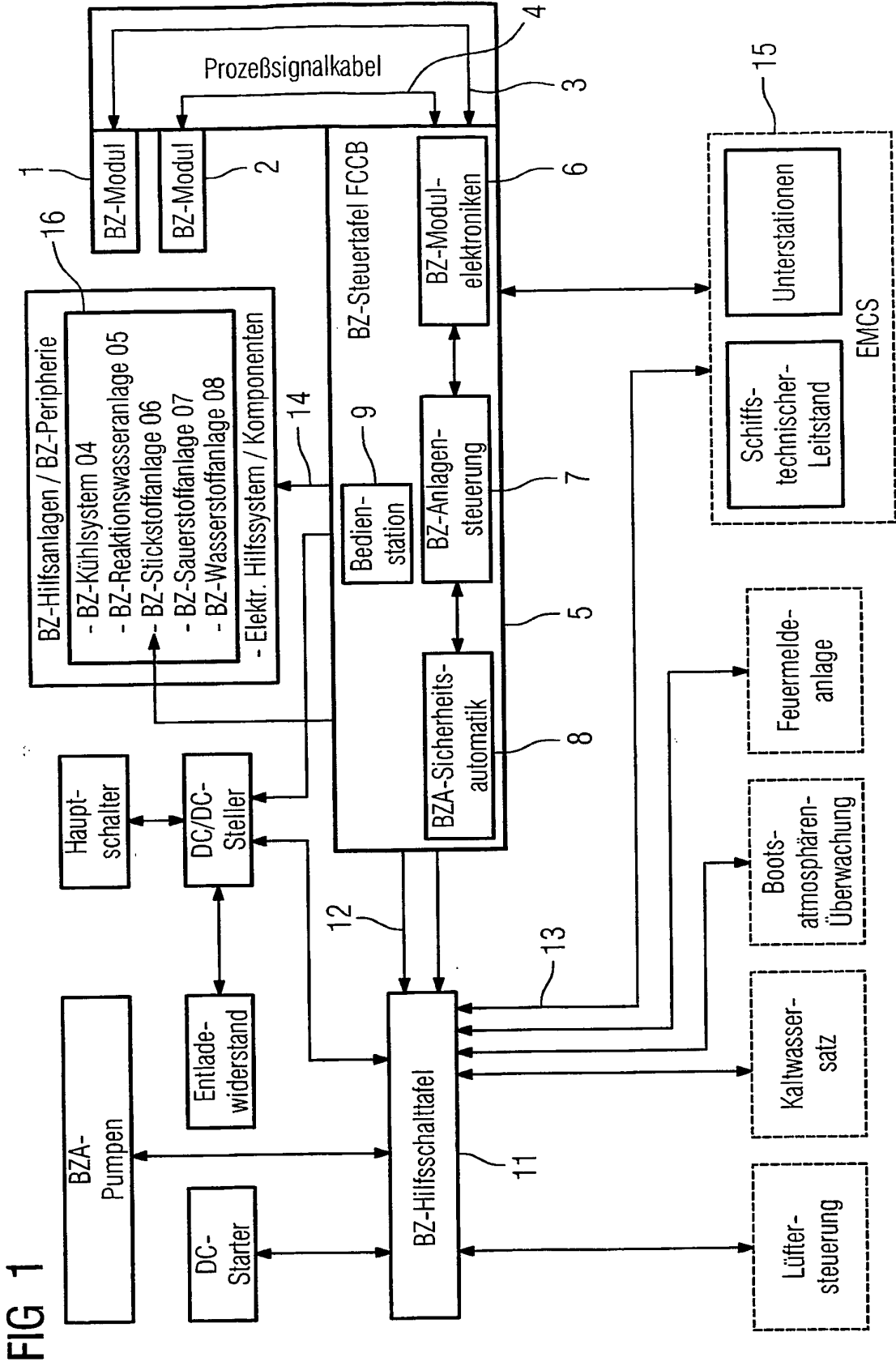


FIG 2

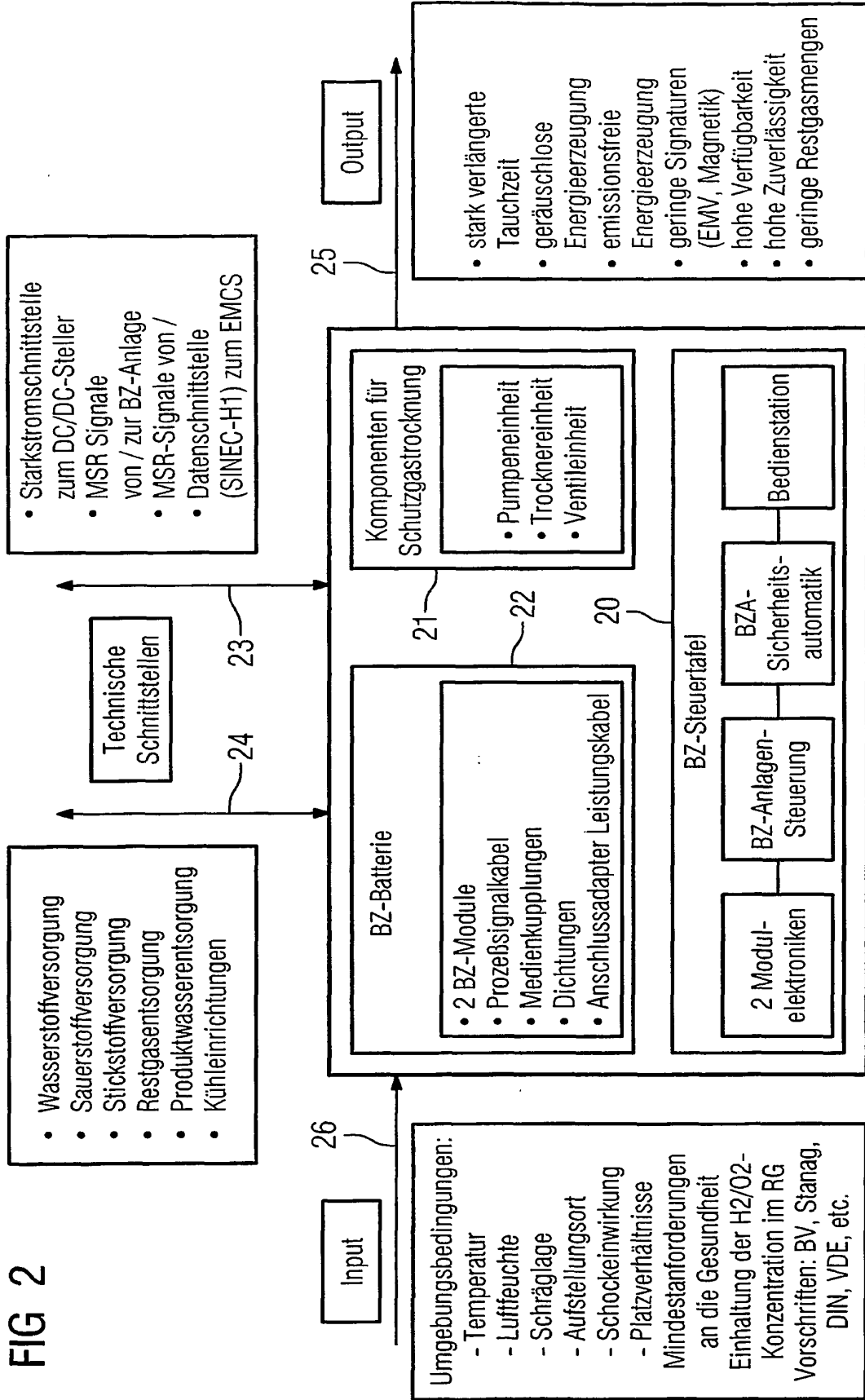
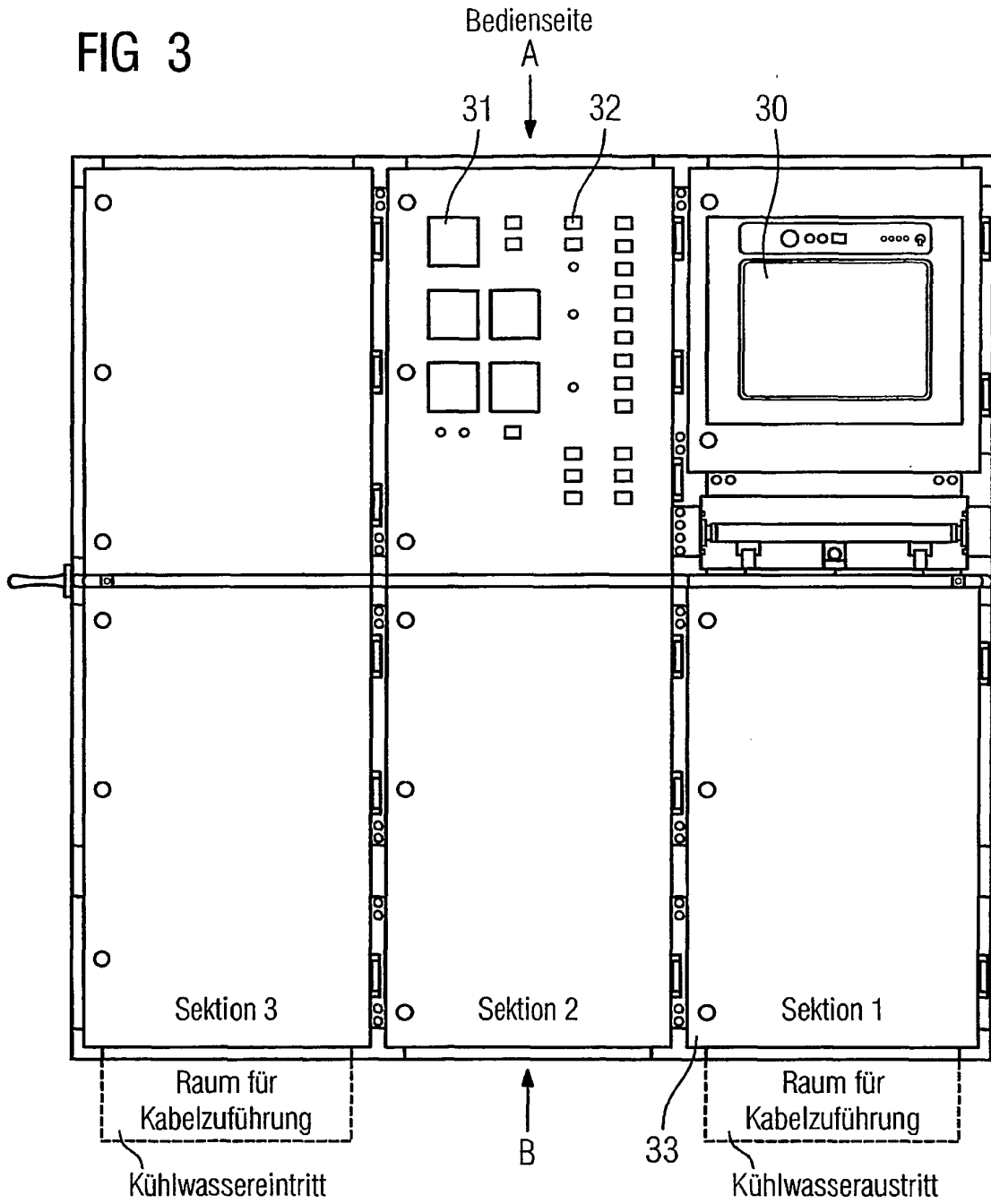


FIG 3



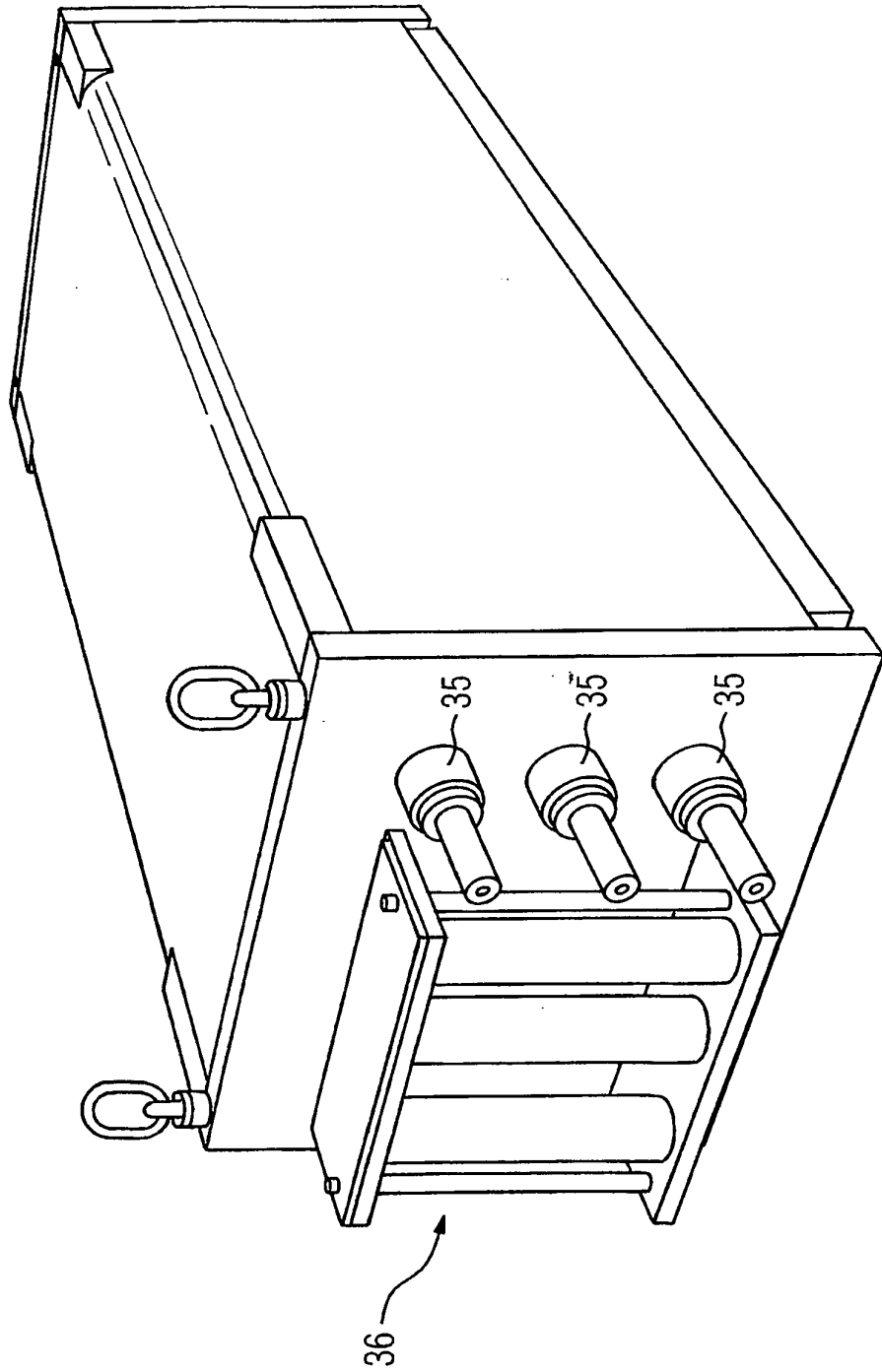
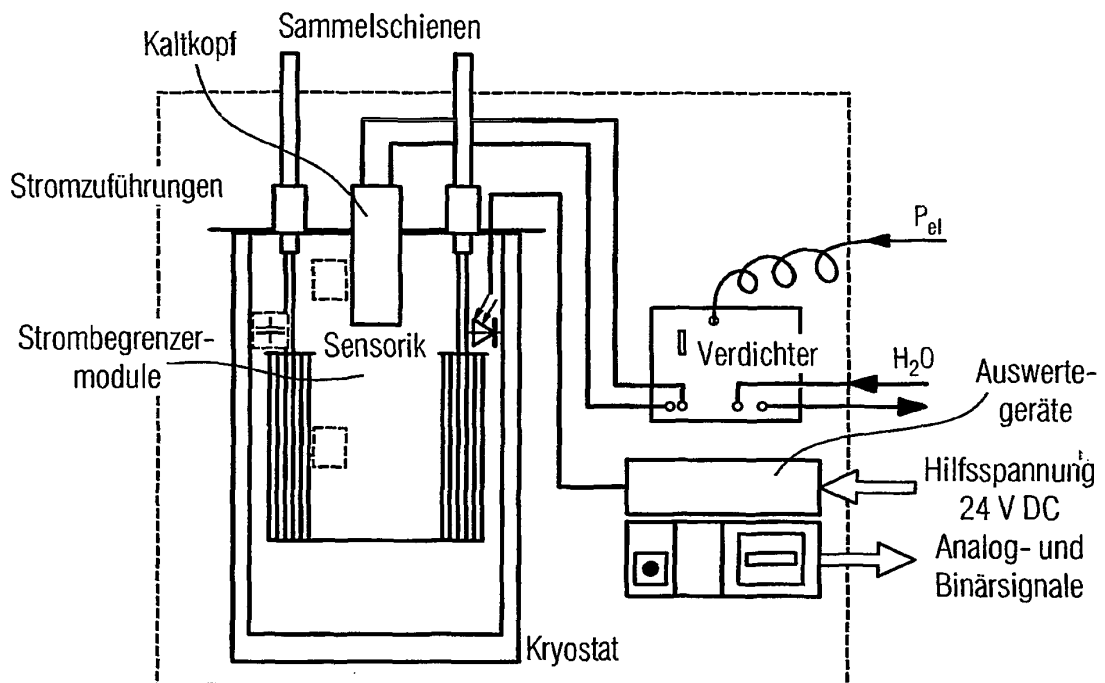


FIG 4

FIG 5



Aufbau HTS-Strombegrenzersystem; Übersicht

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Fuel cells going on-board. *JOURNAL OF POWER SOURCES*, März 2000 [0004]