

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
29. Februar 2024 (29.02.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2024/041702 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
H01M 8/04029 (2016.01) H01M 8/04119 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2023/100613

(22) Internationales Anmeldedatum:  
21. August 2023 (21.08.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2022 121 215.7  
23. August 2022 (23.08.2022) DE

(71) Anmelder: MTU AERO ENGINES AG [DE/DE]; Intellectual Property - ARI, Dachauer Str. 665, 80995 München (DE).

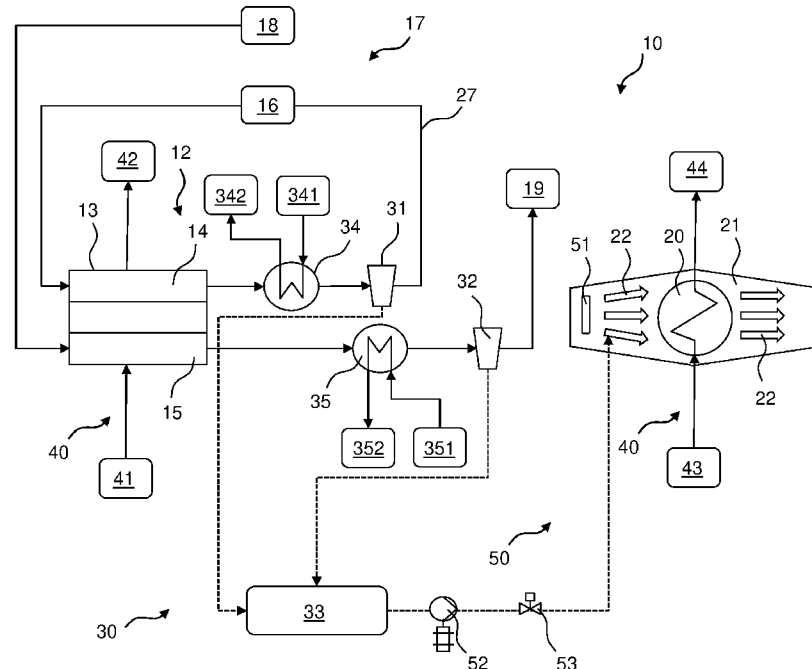
(72) Erfinder: LELLEK, Stephan; c/o MTU Aero Engines AG, Dachauer Str. 665, 80995 München (DE), LAW, Barnaby; c/o MTU Aero Engines AG, Dachauer Str. 665, 80995 München (DE).

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

(54) Title: AIRCRAFT FUEL CELL PROPULSION UNIT

(54) Bezeichnung: FLUGZEUG-BRENNSTOFFZELLEN-ANTRIEB

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to an aircraft fuel cell propulsion unit (10) comprising a fuel cell system (12) that includes at least one anode (14), at least one cathode (15) and a process gas device (17) for supplying fuel and ambient air to the anode (14) and the cathode (15) and evacuating spent process gases, further comprising a ram air duct (21) through which compressed ram air (22) flows, and a heat exchanger (20) which is located in the ram air duct (21) and is designed to give off heat generated by the fuel cell system (12) to the environment.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb (10) mit einem Brennstoffzellen-System (12), welches wenigstens eine Anode (14) und wenigstens eine Kathode (15) sowie eine Prozessgaseinrichtung (17) zum Versorgen der

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

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Anode (14) und der Kathode (15) mit Brennstoff und Umgebungsluft sowie zum Abführen verbrauchter Prozessgase aufweist, einem mit Staudruckluft (22) durchströmten Stauluftkanal (21) und einem in dem Stauluftkanal (21) angeordneten Wärmetauscher (20), der eingerichtet ist, von dem Brennstoffzellen-System (12) erzeugte Wärme an die Umgebung abzugeben.

**Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb**

Die Erfindung betrifft einen Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb mit einem Brennstoffzellen-System, welches wenigstens eine Anode und wenigstens eine Kathode sowie eine

- 5 Prozessgaseinrichtung zum Versorgen der Anode und der Kathode mit Brennstoff und Umgebungsluft sowie zum Abführen verbrauchter Prozessgase aufweist. Zudem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs.

- Um Flugzeuge umweltfreundlicher gestalten zu können, werden Anstrengungen betrieben, Brennstoffzellen als Energiewandler für Flugantriebe nutzen zu können. Bei Antriebssystemen mit Brennstoffzellen werden im Betrieb typischerweise große Mengen an Abwärme auf niedrigem Temperaturniveau erzeugt, weshalb ein Flüssigkeitskühlsystem für die Brennstoffzellen benötigt wird, welches die Abwärme an die Umgebung abführen kann, um einen sicheren, stabilen Betrieb der Brennstoffzellen zu ermöglichen. Eine zentrale Komponente zur Wärmeabfuhr aus diesem Flüssigkeitskühlsystem an die Umgebung ist ein großer (Haupt-) Wärmetauscher. Dieser ist typischerweise in bzw. an einem Stauluftkanal eines Triebwerks in der freien Anströmung bzw. hinter einem Propeller angeordnet. Um eine ausreichende Kühlwirkung erzielen zu können, muss ein solcher Hauptwärmetauscher große Dimensionen aufweisen, lässt sich daher nur unzufriedenstellend in das Flugzeug integrieren und kann große aerodynamische Zusatzwiderstände (Drag) am Flugzeug schaffen.
- 10  
15  
20

- Hiervon ausgehend ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen verbesserten Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb vorzuschlagen, mit welchem insbesondere aerodynamische Eigenschaften des Antriebs verbessert werden können und/ oder ein Wartungsaufwand reduziert werden kann. Ferner soll ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs zur Verfügung gestellt werden. Dies wird erfindungsgemäß durch die Lehre der unabhängigen Ansprüche erreicht. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.
- 25

- 30 Zur Lösung der Aufgabe wird ein Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb mit einem Brennstoffzellen-System vorgeschlagen, wobei das Brennstoffzellen-System wenigstens eine Anode und wenigstens eine Kathode sowie eine Prozessgaseinrichtung zum Versorgen der

- Anode und der Kathode mit Brennstoff und Umgebungsluft sowie zum Abführen verbrauchter Prozessgase aufweist. Zudem weist der Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb einen mit Staudruckluft durchströmten Stauluftkanal und einen in dem Stauluftkanal angeordneten Wärmetauscher auf, der eingerichtet ist, von der wenigstens einen Brennstoffzelle erzeugte
- 5 Wärme an die Umgebung abzugeben, wobei stromaufwärts des Wärmetauschers eine Zuführeinrichtung angeordnet ist, die dazu eingerichtet ist, Wasser in die Stauluftströmung einzubringen. Dabei wird das Wasser wenigstens teilweise mittels einer Rückgewinnungseinrichtung aus dem Prozessgas des Brennstoffzellen-Systems bereitgestellt.
- 10 Durch die chemische Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff in dem Brennstoffzellen-System im Betrieb entsteht hochreines, deionisiertes Wasser. Mittels der Rückgewinnungseinrichtung kann ein insbesondere flüssiger Wasseranteil von dem Prozessgas getrennt werden und in einen Wasserspeicher der Rückgewinnungseinrichtung geführt und/oder der Stauluftströmung zugeführt werden. Somit kann der Betrieb des Brennstoffzellen-Systems genutzt werden, um
- 15 eine Bereitstellung von hochreinem Wasser, welches insbesondere spezifische Betriebsanforderungen erfüllt, zu ermöglichen. Bei Verwendung des so erzeugten bzw. rückgewonnenen, deionisierten Wassers, kann eine Verschmutzung und/ oder eine Belagbildung auf bzw. in dem Wärmetauscher verringert oder sogar vermieden werden. Hierdurch kann ein Beschädigungsrisiko und/ oder ein Wartungsaufwand für den Wärmetauscher reduziert werden.
- 20 Durch die mittels des vorgeschlagenen Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs ermöglichte Integration einer Wasserversorgung für einen verbesserten Wärmeübergang im bzw. am Wärmetauscher, kann auf eine externe Bereitstellung von Wasser verzichtet werden, wodurch sich Kosteneinsparungen ergeben können.
- 25 Durch die Zuführung bzw. Injektion von flüssigem, deionisiertem Wasser in den Stauluftkanal am Eintritt des Wärmetauschers kann ein Wärmeübergang am bzw. im Hauptwärmetauscher erhöht werden. Experimentelle Untersuchungen zeigen ein Potential von bis zu 50% Leistungssteigerung in Bezug auf eine übertragene Abwärmemenge pro Fläche. Da die insgesamt abzuführende Wärmemenge am Flugzeug bzw. Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb
- 30 unverändert bleibt, ergibt sich dadurch ein Potential zur Reduktion einer Baugröße des Hauptwärmetauschers, wodurch sich beispielsweise eine Verringerung einer Anströmfläche, eines Volumens und eines Gewichts des (Haupt-) Wärmetauschers ergeben kann. Hierdurch

kann dieser verbessert in den Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb integrierbar sein, wodurch ein Drag bzw. Strömungsverluste am Flugzeug reduziert werden können. Insgesamt kann sich hierdurch eine Verbesserung der Gesamteffizienz des Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs bzw. des Flugzeugs ergeben.

5

Ein Brennstoffzellen-System weist wenigstens eine Brennstoffzelle, insbesondere eine Vielzahl von Brennstoffzellen, auf, welche beispielsweise in Form von Brennstoffzellenstapeln angeordnet sind. Eine solche Brennstoffzellenanordnung, welche entsprechend wenigstens eine Brennstoffzelle aufweist, wird im Rahmen der Beschreibung der Erfindung vereinfacht auch als  
10 „eine Brennstoffzelle“ bezeichnet. Entsprechend weist die Vielzahl von Brennstoffzellen üblicherweise auch eine Vielzahl von Anoden auf, die zum Erzeugen von elektrischer Energie mit einem Brennstoff, wie insbesondere Wasserstoff versorgt werden, und eine Vielzahl von Kathoden, welche zusammenwirkend mit den Anoden zum Erzeugen von elektrischer Energie mit Umgebungsluft versorgt werden, um den darin enthaltenen Luftsauerstoff der  
15 Brennstoffzelle als Oxidationsmittel zuzuführen.

Eine Prozessgaseinrichtung ist zum Führen von Prozessgas eingerichtet und versorgt die Brennstoffzelle bzw. das Brennstoffzellen-System mit für die Erzeugung von elektrischer Energie notwendigen Reaktanten über das Prozessgas und führt verbrauchtes Prozessgas bzw.  
20 Reaktionsgas von der Brennstoffzelle ab. Hierzu ist die Prozessgaseinrichtung zum Versorgen der Anode mit Brennstoff und zum Versorgen der Kathode mit Oxidationsmittel sowie zum Abführen bzw. Zirkulieren insbesondere wenigstens teilweise verbrauchter Prozessgase eingerichtet. Die Prozessgaseinrichtung kann so einen offenen Gaskreislauf ausbilden.

25 Beim Betrieb einer Brennstoffzelle wird der Anode ein Reduktionsmittel wie beispielsweise Wasserstoff und der Kathode ein Oxidationsmittel, wie beispielsweise Umgebungsluft zugeführt. An der Anode wird der Wasserstoff katalytisch unter Abgabe von Elektronen zu Wasserstoffionen oxidiert. Diese gelangen durch den üblicherweise in Form einer Membran vorliegenden Elektrolyten in den Kathodenbereich, wo sie mit dem der Kathode zugeführten  
30 Sauerstoff sowie den über einen äußeren Stromkreis zur Kathode geleiteten Elektronen zu Wasser reagieren.

Um einen stabilen Betrieb des Brennstoffzellen-Systems zu ermöglichen, kann dieses mittels eines Kühlsystems bzw. eines Kühlmittelkreislaufs gekühlt werden. Dieser Kühlmittelkreislauf kann mit dem (Haupt-) Wärmetauscher verbunden sein, wobei der Wärmetauscher eingerichtet ist, von der wenigstens einen Brennstoffzelle erzeugte, und insbesondere mittels des

- 5 Kühlmittelkreislauf zu dem Wärmetauscher transportierte, Wärme, aufzunehmen und/ oder an die Umgebung abzugeben. Hierzu kann der Wärmetauscher wenigstens eine mit dem Kühlmittelkreislauf verbundene Kühlfläche aufweisen, welche im Betrieb von einer Fan- und/ oder der Stauluftströmung überströmt wird. Dabei nimmt die Kühlfläche des Wärmetauschers Wärme von dem Kühlmittelkreislauf auf und führt sie insbesondere konvektiv vom
- 10 Wärmetauscher ab. Der Wärmetauscher kann im Rahmen der Erfindung auch mehrere räumlich nebeneinander und/ oder verteilt angeordnete Wärmetauschereinrichtungen aufweisen, welche insbesondere (jeweils) mehrere Kühlflächen aufweisen können. Als Kühlfläche wird in diesem Zusammenhang jede am Wärmetauscher angeordnete (Ober-)Fläche bezeichnet, welche sich durch die abzuführende Wärmeenergie erwärmt und von welcher mit einer diese
- 15 überstreichenden Stauluftströmung Wärme abgeführt werden kann.

Um den Wärmeübergang in dem Wärmetauscher bzw. an den Kühlflächen zu verbessern, wird mittels der Zuführeinrichtung insbesondere flüssiges Wasser bzw. Wasser in flüssigem Aggregatzustand in die Stauluftströmung eingebracht. Dabei ist die Zuführeinrichtung

- 20 insbesondere ausgebildet, das Wasser in die Stauluftströmung bzw. den Stauluftkanal abzugeben, insbesondere einzuspritzen, einzudüsen und/ oder zu zerstäuben, wodurch das Wasser mit einem vergrößerten Volumen-Oberflächen-Verhältnis und/ oder mit einer über den Querschnitt der Stauluftströmung gleichmäßigen Verteilung in die Strömung eingebracht werden kann. Durch die Zuführung von Wasser kann eine Abkühlung der Stauluftströmung erzielt werden und/ oder
- 25 ein Wärmeübergang zwischen der Stauluftströmung und den Kühlflächen des Wärmetauschers, insbesondere durch eine auf dem Wasser basierende Veränderung der Wärmeleitfähigkeit der Stauluftströmung, verbessert werden. Hierdurch kann ein thermischer Wirkungsgrad bzw. die Leistungsdichte des (Haupt-) Wärmetauschers erhöht werden und somit insbesondere eine Baugröße des Wärmetauschers verringert werden.

30

Bei einer Ausführungsform weist die Rückgewinnungseinrichtung wenigstens einen Wasserabscheider auf. Dabei ist die Rückgewinnungseinrichtung insbesondere mit der

Prozessgaseinrichtung an einer Ausgangsseite des Brennstoffzellen-Systems, insbesondere fluidführend, verbunden, um in dem Reaktionsgas vorliegendes Wasser abscheiden zu können. Mittels dem Wasserabscheider kann ein insbesondere flüssiger Wasseranteil von dem Prozessgas bzw. Reaktionsgas des Brennstoffzellen-Systems getrennt werden und kann beispielsweise in  
5 einen Wasserspeicher der Rückgewinnungseinrichtung geführt, dort gesammelt und/oder der Stauluftströmung bzw. dem Wärmetauscher zugeführt werden. Das mittels dem Wasserabscheider rückgewonnene Wasser kann der Zuführeinrichtung bereitgestellt werden, sodass es in die Stauluftströmung eingebracht werden kann, um dort einen potentiellen Wärmeübergang zwischen Stauluftströmung und Wärmetauscher zu erhöhen. Dadurch, dass das  
10 auf diese Weise rückgewonnene Wasser deionisiert ist, können Verunreinigungen und eine damit verbundene Defektanfälligkeit im Wärmetauscher reduziert werden.

Bei einer Ausführungsform ist das Prozessgas ein anodenseitiges Reaktionsgas und/oder ein kathodenseitiges Reaktionsgas. Dabei kann beispielsweise der Wasserabscheider mit einer  
15 Abgasleitung und/ oder einer Gasrezirkulation der Prozessgaseinrichtung in Fluidverbindung stehen oder ein Gasanschluss des Wasserabscheiders kann mit einem Kathodenauslass oder einem Anodenauslass des Brennstoffzellen-Systems fluidführend verbunden sein, um flüssiges Wasser aus dem jeweiligen Reaktionsgas abscheiden zu können.

20 Da sowohl in dem anodenseitigen Reaktionsgas als auch in dem kathodenseitigen Reaktionsgas Wasser insbesondere im gasförmigen Zustand vorliegen kann, ist in manchen Ausführungsformen ein in einem jeweiligen Wasserabscheider vor- oder nachgelagerter Kondensator vorgesehen, um ein Abscheiden von Wasser aus dem Reaktionsgas zu verbessern. Hierdurch kann ein Wasserspeicher für das rückgewonnene Wasser kleiner dimensioniert  
25 werden als bei einem System ohne Kondensator, wodurch ein Systemgewicht im Flugzeug verringert ist.

In manchen Ausführungsformen kann die Rückgewinnungseinrichtung nur anodenseitig vorgesehen sein, in weiteren Ausführungsformen kann die Rückgewinnungseinrichtung nur  
30 kathodenseitig vorgesehen sein und in wieder weiteren Ausführungsformen kann die Rückgewinnungseinrichtung sowohl anodenseitig als auch kathodenseitig vorgesehen sein, um eine Wasserrückgewinnung zu ermöglichen. Durch die so ermöglichte Rückgewinnung von

Wasser kann ein kontinuierlicher Betrieb der Wasserzuführung zu der Stauluftströmung ermöglicht werden, wodurch die Leistungssteigerung des Wärmetauschers auch im Cruise-Flug möglich ist.

- 5 Bei einer Ausführungsform ist die Zuführeinrichtung eingerichtet, das Wasser zerstäubt in die Stauluftströmung einzubringen. Hierbei kann die Zuführeinrichtung eingerichtet sein das Wasser in die Abgasströmung einzuspritzen, einzudüsen und/ oder zu zerstäuben und hierfür insbesondere eine an einer Zuführstelle des Wassers in die Stauluftströmung angeordnete Einspritz-, Düsen- und/ oder Zerstäubungseinrichtung aufweisen. Dabei kann ein
- 10 Zerstäubungsgrad bzw. eine Tröpfchengröße des zuzuführenden Wassers mittels der Zuführeinrichtung einstellbar sein. Ein hoher Zerstäubungsgrad des Wassers bzw. eine kleine Tröpfchengröße des Wassers kann einen Wärmeübergang zwischen der Stauluftströmung und dem Wärmetauscher fördern, da eine Anzahl an Wassertropfen und somit deren zum
- 15 zerstäubte Wasser gleichmäßig in der Stauluftströmung verteilen, um eine Wirkungsverbesserung über den gesamten Querschnitt der Stauluftströmung zu ermöglichen.

- Bei einer Ausführungsform weist die Zuführeinrichtung ein Pulsventil auf. Das Pulsventil kann zwischen einer Pumpe der Zuführeinrichtung und einer Zuführstelle des Wassers in der
- 20 Stauluftströmung angeordnet sein. Die Zuführeinrichtung ist insbesondere fluidführend mit dem Wasserspeicher der Rückgewinnungseinrichtung verbunden und eingerichtet, Wasser zu einer Einspritz-, Düsen- und/ oder Zerstäubungseinrichtung an der Zuführstelle zu transportieren.

- Mittels des Pulsventils kann eine Regelung eines Wasserdurchsatzes an einer an der Zuführstelle
- 25 angeordneten Einspritz-, Düsen- und/ oder Zerstäubungseinrichtung ermöglicht werden oder das Wasser kann mittels des Pulsventils in die Stauluftströmung eingebracht werden. Hierzu ist das Pulsventil beispielsweise als vorgesteuertes 2/2 Wegeventil ausgebildet und/ oder eingerichtet, einen Wassertransport in vorbestimmten zeitlichen Abständen und/ oder Mengen zu ermöglichen, wodurch eine verbesserte Zerstäubung des Wassers über einen weiten
- 30 Betriebsbereich ermöglicht werden kann.

Das Pulsventil kann eingerichtet sein, das Wasser zu pulsen bzw. einen pulsierenden Wasserstrom zu erzeugen und/ oder eine Amplitude und/ oder eine Frequenz des pulsierenden Wasserstroms einzustellen. Hierdurch kann das Wasser der Stauluftströmung beispielsweise schubweise und/ oder mit einem vorbestimmten Druck zugeführt werden, um eine Verteilung des Wassers in der Stauluftströmung zu beeinflussen. Zudem kann das Pulsventil eingerichtet sein, eine Pulsdauer, eine Temperatur (Heizen und/ oder Kühlen) des Wassers und/ oder einen vorbestimmten Betriebsdruck für das Wasser einzustellen bzw. zu variieren, um beispielsweise die Eigenschaften des zuzuführenden Wassers an Betriebsparameter der Stauluftströmung bzw. des Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs anpassen zu können.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Verfahren zum Betreiben eines Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs mit wenigstens einem Brennstoffzellen-System vorgeschlagen. Der Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb ist dabei insbesondere entsprechend der vorausgehenden Beschreibung ausgebildet. Bei dem vorgeschlagenen Verfahren wird der Stauluftkanal mit Staudruckluft durchströmt, das Brennstoffzellen-System betrieben und der Stauluftströmung insbesondere vor oder bei einem Eintreten in den Wärmetauscher mittels der Zuführeinrichtung Wasser zugeführt.

Hierbei kann der Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb eine Steuereinrichtung aufweisen, die eingerichtet ist, die Zuführeinrichtung, die Rückgewinnungseinrichtung, das Pulsventil und/ oder den Wärmetauscher zu steuern. Insbesondere kann ein Wärmeabfuhrgrad bzw. ein Wärmeübergang am bzw. mittels des (Haupt-) Wärmetauscher(s) durch ein Regeln eines Kühlmitteldurchsatzes des Wärmetauschers und/ oder einer Wasserzufuhr zur Stauluftströmung eingestellt werden. Somit kann eine Wärmetauschleistung des Wärmetauschers mittels der Steuereinrichtung veränderbar sein. Dabei kann die Steuereinrichtung einen jeweiligen Betriebszustand bzw. eine Wärmetauschleistung für den Wärmetauscher beispielsweise in Abhängigkeit von einer Umgebungstemperatur, einer Stauluftfeuchtigkeit, einer Stauluftströmungsgeschwindigkeit und/oder unter Berücksichtigung weiterer Betriebsparameter, wie beispielsweise des Brennstoffzellen-Systems, vorgeben.

Bei einer Ausführungsform wird das Wasser wenigstens teilweise aus einem Prozessgas des Brennstoffzellen-Systems gewonnen. Das Prozessgas ist dabei ein anodenseitiges Reaktionsgas

und/ oder ein kathodenseitiges Reaktionsgas. Da bei der Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff in dem Brennstoffzellen-System hochreines, deionisiertes Wasser aufweisende Reaktionsgase gebildet werden, welche von der Brennstoffzelle abgeführt und/ oder wenigstens teilweise jeweils zu der Anode und/ oder Kathode rezirkuliert werden, kann dieses Wasser, insbesondere mittels der Rückgewinnungseinrichtung, aus dem anodenseitigen und/ oder kathodenseitigen Reaktionsgas abgeschieden und der Stauluftströmung zugeführt werden. Durch die Reinheit des so gewonnenen Wassers kann eine Verschmutzung und/ oder eine Belagbildung auf bzw. in dem Wärmetauscher verringert oder sogar vermieden werden, um eine Beschädigungswahrscheinlichkeit und/ oder eine Wirkungsgradreduktion zu verringern.

Bei einer Ausführungsform ist ein Volumenstrom des zuzuführenden Wassers abhängig von Parametern des Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs, insbesondere durch Ansteuern des Pulsventils, vorgebar. Hierbei kann eine an einer Zuführstelle des Wassers in die Stauluftströmung angeordnete Einspritz-, Düsen- und/ oder Zerstäubungseinrichtung eingerichtet sein, den Volumenstrom einzustellen. Parameter des Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs können beispielsweise eine aktuelle Temperatur, eine Geschwindigkeit, einen Druck, eine Zusammensetzung und/ oder ein spezifisches Gewicht der Stauluftströmung umfassen. Zudem können auch Betriebsparameter des Flugtriebwerks oder einer Umgebung bei einem Bestimmen des zuzuführenden Volumenstroms berücksichtigt werden. Hierdurch kann eine Wärmeübergangsleistung des Wärmetauschers und insbesondere eine Wasserrückgewinnung aus dem Prozessgas des Brennstoffzellen-Systems unter variierenden Bedingungen effizient betrieben werden.

Bei einer Ausführungsform ist ein Zerstäubungsgrad des einzubringenden Wassers, insbesondere durch ein Ansteuern des Pulsventils, abhängig von Parametern des Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs und insbesondere von Betriebsparametern des Flugtriebwerks und/ oder einer Umgebung variierbar. Bei einem Zuführen von Wasser mit einem hohen Zerstäubungsgrad werden möglichst kleine Wassertropfen der Stauluftströmung zugeführt, wodurch bei gleicher Zufuhrmenge durch die Anzahl von Wassertropfen die Verdampfung im Wärmetauscher beeinflusst werden kann. Hierdurch kann beispielsweise eine Wärmeübergangsleistung des Wärmetauschers erhöht oder bei Bedarf konstant gehalten werden.

Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung im Zusammenhang mit den Figuren. Im Allgemeinen gilt, dass Merkmale der verschiedenen hierin beschriebenen beispielhaften Aspekte und/oder Ausführungsformen miteinander kombiniert werden können, sofern dies im Zusammenhang mit der Offenbarung nicht eindeutig ausgeschlossen ist.

Im folgenden Teil der Beschreibung wird auf die Figuren Bezug genommen, die zur Veranschaulichung spezifischer Aspekte und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gezeigt sind. Es versteht sich, dass andere Aspekte verwendet werden können und strukturelle oder logische Änderungen der illustrierten Ausführungsformen möglich sind, ohne den Umfang der vorliegenden Erfindung zu verlassen. Die folgende Beschreibung der Figuren ist daher nicht einschränkend zu verstehen. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines beispielhaften erfindungsgemäßen Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs mit einem Brennstoffzellen-System;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben eines Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs mit einem Brennstoffzellen-System.

**Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines beispielhaften erfindungsgemäßen Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs 10 aufweisend ein Brennstoffzellen-System 12 und einen Wärmetauscher 20. Um das Brennstoffzellen-System 12 zuverlässig betreiben zu können, ist es notwendig, dieses zu kühlen. Hierzu ist eine Fluidkühleinrichtung 40 vorgesehen, welche von dem Brennstoffzellen-System 12 erzeugte Wärme mittels eines Kühlfluids zu dem Wärmetauscher 20 transportieren kann, wo die Wärme mittels des Wärmetauschers 20 an die Umgebung abgegeben wird. Hierzu kann das Kühlfluid über eine Kühlfluidzuführung 41 zu dem Brennstoffzellen-System 12 geführt werden, dort Wärme aufnehmen und über eine Kühlfluidabführung 42 von dort abgeführt werden. Um das Kühlfluid abzukühlen wird dieses mittels der Fluidkühleinrichtung 40 einer Kühlfluidzuführung 43 des Wärmetauschers 20 zugeführt, wo ihm Wärme entzogen wird. Anschließend kann das Kühlfluid über eine Kühlfluidabführung 44 von dort abgeführt werden. Die Kühlfluidzuführungen 41, 43 bzw.

Kühlfluidabführungen 42, 44 können dabei einen (nicht dargestellten) Kühlmittelkreislauf ausbilden.

Das Brennstoffzellen-System 12 weist eine Brennstoffzelle 13 mit einer Anode 14 und einer  
5 Kathode 15 auf. Die Anode 14 wird von einem Brennstoffspeicher 16 über eine  
Prozessgaseinrichtung 17 mit Brennstoff, in dem beispielhaften Ausführungsbeispiel mit  
Wasserstoff, versorgt und der Brennstoff wird in der Brennstoffzelle 13 großteils verbraucht.  
Das verbrauchte Prozessgas bzw. das anodenseitige Reaktionsgas wird von der Brennstoffzelle  
13 abgeführt. Nicht vollständig verbrauchter Brennstoff bzw. überschüssiger Wasserstoff, kann  
10 mithilfe einer Gasrezirkulation 27 über das Prozessgas der Anode 14 der Brennstoffzelle 13  
erneut zugeführt werden oder insbesondere an die Umgebung abgegeben werden. Die Kathode  
15 wird über die Prozessgaseinrichtung 17 mit aus der Umgebung 18 entnommener  
Umgebungsluft versorgt und reagiert als Prozessgas in der Brennstoffzelle 13. Die verbrauchte  
Umgebungsluft bzw. das kathodenseitige Reaktionsgas kann mittels der Prozessgaseinrichtung  
15 17 von der Brennstoffzelle 13 abgeführt und insbesondere an die Umgebung 19 abgegeben  
werden.

Der Wärmetauscher 20 ist in bzw. an einem mit Staudruckluft 22 durchströmten Stauluftkanal 21  
angeordnet und dazu eingerichtet, von dem Brennstoffzellen-System 12 erzeugte Wärme an die  
20 Umgebung 23 abzugeben. Stromaufwärts des Wärmetauschers 20 ist eine Zuführeinrichtung 50  
angeordnet, die dazu eingerichtet ist, Wasser in die Stauluftströmung 22 einzubringen. Hierzu  
weist die Zuführeinrichtung 50 eine am oder vor dem Eintritt der Stauluftströmung 22 in den  
Wärmetauscher 20 angeordnete Düseneinrichtung 51 auf, die dazu eingerichtet ist, das Wasser  
zerstäubt in die Stauluftströmung 22 einzubringen. Mittels des zugeführten Wassers kann eine  
25 Kühlwirkung des Wärmetauschers 20 bzw. ein Wärmeübergang am und/ oder im  
Wärmetauscher 20 erhöht werden.

Das Wasser wird wenigstens teilweise mittels einer Rückgewinnungseinrichtung 30 aus dem  
Prozessgas des Brennstoffzellen-Systems 12 bereitgestellt. Die Rückgewinnungseinrichtung 30  
30 weist einen ersten Wasserabscheider 31 auf, der mit einem dem Brennstoffzellen-System 12  
nachgelagerten anodenseitigen Abschnitt der Prozessgaseinrichtung 17 fluidverbunden und  
eingerrichtet ist, aus einem anodenseitigen Reaktionsgas Wasser abzuscheiden. Um zusätzlich

Wasser aus dem anodenseitigen Reaktionsgas zu gewinnen, kann dem ersten Wasserabscheider 31 vorgelagert ein erster Kondensator 34 vorgesehen sein, welcher einen Kühlkreislauf mit einer Kühlmittelzuführung 341 und einer Kühlmittelabführung 342 aufweisen kann.

- 5 In dem dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Rückgewinnungseinrichtung 30 einen zweiten Wasserabscheider 32 auf, der mit einem dem Brennstoffzellen-System 13 nachgelagerten kathodenseitigen Abschnitt der Prozessgaseinrichtung 17 fluidverbunden und eingerichtet ist, aus einem kathodenseitigen Reaktionsgas Wasser abzuscheiden. Um zusätzlich Wasser aus dem kathodenseitigen Reaktionsgas zu gewinnen, kann dem zweiten
- 10 Wasserabscheider 32 vorgelagert ein zweiter Kondensator 35 vorgesehen sein, welcher einen Kühlkreislauf mit einer Kühlmittelzuführung 351 und einer Kühlmittelabführung 352 aufweisen kann. Die Kühlmittelkreisläufe der Kondensatoren 34, 35 können dabei mit der Fluidkühleinrichtung 40 des Brennstoffzellen-Systems 12 bzw. deren (nicht dargestellten) Kühlmittelkreislauf verbunden sein.

- 15 Das abgeschiedene Wasser sowohl aus den Wasserabscheidern 31, 32 als auch aus den Kondensatoren 34, 35 kann in einem Wasserspeicher 33 der Rückgewinnungseinrichtung 30 gesammelt werden. Von dort kann das Wasser mittels der Zuführeinrichtung 50 der Stauluftströmung 22 zugeführt werden. Hierzu weist die Zuführeinrichtung 50 eine Pumpe 52
- 20 auf, um das Wasser zu fördern. Mithilfe eines der Pumpe 52 nachgelagerten Pulsventils 53 kann ein Wasserdurchsatz an der Düseneinrichtung 51 geregelt oder gesteuert werden.

- Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms eines beispielhaften Verfahrens 100 zum Betreiben eines hierin beschriebenen Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs
- 25 10 mit einem Brennstoffzellen-System 12. Die Schritte des Verfahrens 100 können dabei insbesondere gleichzeitig oder in einer abgeänderten Reihenfolge durchgeführt werden oder erfolgen und damit von der dargestellten Abfolge abweichen.

- In einem Schritt a wird der Stauluftkanal 21 mit Staudruckluft 22 durchströmt. In einem Schritt b
- 30 wird das Brennstoffzellen-System 12 betrieben, um Energie für ein Flugtriebwerk zur Verfügung zu stellen, und in einem Schritt c kann Wasser aus einem Reaktionsgas des Brennstoffzellen-Systems 12, insbesondere mittels der Rückgewinnungseinrichtung 30, gewonnen werden.

- 12 -

- In einem Schritt d wird der Stauluftströmung 22 vor einem Eintreten in den Wärmetauscher 20 mittels der Zuführeinrichtung 50 Wasser zugeführt. Hierbei kann ein Volumenstrom und/ oder ein Zerstäubungsgrad des einzubringenden Wassers abhängig von Parametern des Flugzeug-
- 5 Brennstoffzellen-Antriebs 10 steuer- und/oder regelbar sein, um die Wärmetauschleistung des Wärmetauschers an Betriebsbedingungen, beispielsweise des Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs, anpassen zu können.

**BEZUGSZEICHENLISTE**

|    |        |                                   |
|----|--------|-----------------------------------|
|    | 10     | Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb |
|    | 12     | Brennstoffzellen-System           |
| 5  | 13     | Brennstoffzelle                   |
|    | 14     | Anode                             |
|    | 15     | Kathode                           |
|    | 16     | Brennstoffspeicher                |
|    | 17     | Prozessgaseinrichtung             |
| 10 | 18     | Umgebung                          |
|    | 19     | Umgebung                          |
|    | 20     | Wärmetauscher                     |
|    | 21     | Stauluftkanal                     |
|    | 22     | Staudruckluft/ Stauluftströmung   |
| 15 | 23     | Umgebung                          |
|    | 27     | Gasrezirkulation                  |
|    | 30     | Rückgewinnungseinrichtung         |
|    | 31, 32 | Wasserabscheider                  |
|    | 33     | Wasserspeicher                    |
| 20 | 34, 35 | Kondensator                       |
|    | 40     | Fluidkühleinrichtung              |
|    | 41, 43 | Kühlfluidzuführung                |
|    | 42, 44 | Kühlfluidabführung                |
|    | 50     | Zuführeinrichtung                 |
| 25 | 51     | Düseneinrichtung                  |
|    | 52     | Pumpe                             |
|    | 53     | Pulsventil                        |
|    | 341    | Kondensatorkühlmittelzuführung    |
|    | 342    | Kondensatorkühlmittelabführung    |
| 30 | 351    | Kondensatorkühlmittelzuführung    |
|    | 352    | Kondensatorkühlmittelabführung    |

**ANSPRÜCHE**

- 5 1. Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb (10) mit einem Brennstoffzellen-System (12),  
welches wenigstens eine Anode (14) und wenigstens eine Kathode (15) sowie eine  
Prozessgaseinrichtung (17) zum Versorgen der Anode (14) und der Kathode (15) mit  
Brennstoff und Umgebungsluft sowie zum Abführen verbrauchter Prozessgase aufweist,  
10 einem mit Staudruckluft (22) durchströmten Stauluftkanal (21) und einem in dem  
Stauluftkanal (21) angeordneten Wärmetauscher (20), der eingerichtet ist, von dem  
Brennstoffzellen-System (12) erzeugte Wärme an die Umgebung (23) abzugeben, wobei  
stromaufwärts des Wärmetauschers (20) eine Zuführeinrichtung (50) angeordnet ist, die  
dazu eingerichtet ist, Wasser in die Stauluftströmung (22) einzubringen,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
15 das Wasser wenigstens teilweise mittels einer Rückgewinnungseinrichtung (30) aus dem  
Prozessgas des Brennstoffzellen-Systems (12) bereitgestellt wird.
2. Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb (10) nach Anspruch 1, wobei die  
Rückgewinnungseinrichtung (30) wenigstens einen Wasserabscheider (31, 32) aufweist.  
20
3. Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb (10) nach wenigstens einem der vorhergehenden  
Ansprüche, wobei das Prozessgas ein anodenseitiges Reaktionsgas und/oder ein  
kathodenseitiges Reaktionsgas ist.
- 25 4. Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb (10) nach wenigstens einem der vorhergehenden  
Ansprüche, wobei die Zuführeinrichtung (50) eingerichtet ist, das Wasser zerstäubt in die  
Stauluftströmung (22) einzubringen.
- 30 5. Flugzeug-Brennstoffzellen-Antrieb (10) nach wenigstens einem der vorhergehenden  
Ansprüche, wobei die Zuführeinrichtung (50) ein Pulsventil (53) aufweist.

- 15 -

6. Verfahren (100) zum Betreiben eines Flugzeug-Brennstoffzellen-Antriebs (10) mit einem Brennstoffzellen-System (12) nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei
- a) der Stauluftkanal (21) mit Staudruckluft (22) durchströmt wird;
  - b) das Brennstoffzellen-System (12) betrieben wird;
  - 5 c) Wasser wenigstens teilweise aus einem Prozessgas des Brennstoffzellen-Systems (12) gewonnen wird; und
  - d) der Stauluftströmung (22) Wasser mittels der Zuführeinrichtung (50) zugeführt wird.
7. Verfahren (100) nach Anspruch 6, wobei
- 10 das Prozessgas ein anodenseitiges Reaktionsgas und/ oder ein kathodenseitiges Reaktionsgas ist.
8. Verfahren (100) nach wenigstens einem der Ansprüche 6 oder 7, wobei ein Volumenstrom des zuzuführenden Wassers abhängig von Parametern des Flugzeug-
- 15 Brennstoffzellen-Antriebs (10), insbesondere durch Ansteuern des Puls-Ventils (53), vorgebbbar ist.
9. Verfahren (100) nach wenigstens einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei ein Zerstäubungsgrad des einzubringenden Wassers abhängig von Parametern des Flugzeug-
- 20 Brennstoffzellen-Antriebs (10) variierbar ist.

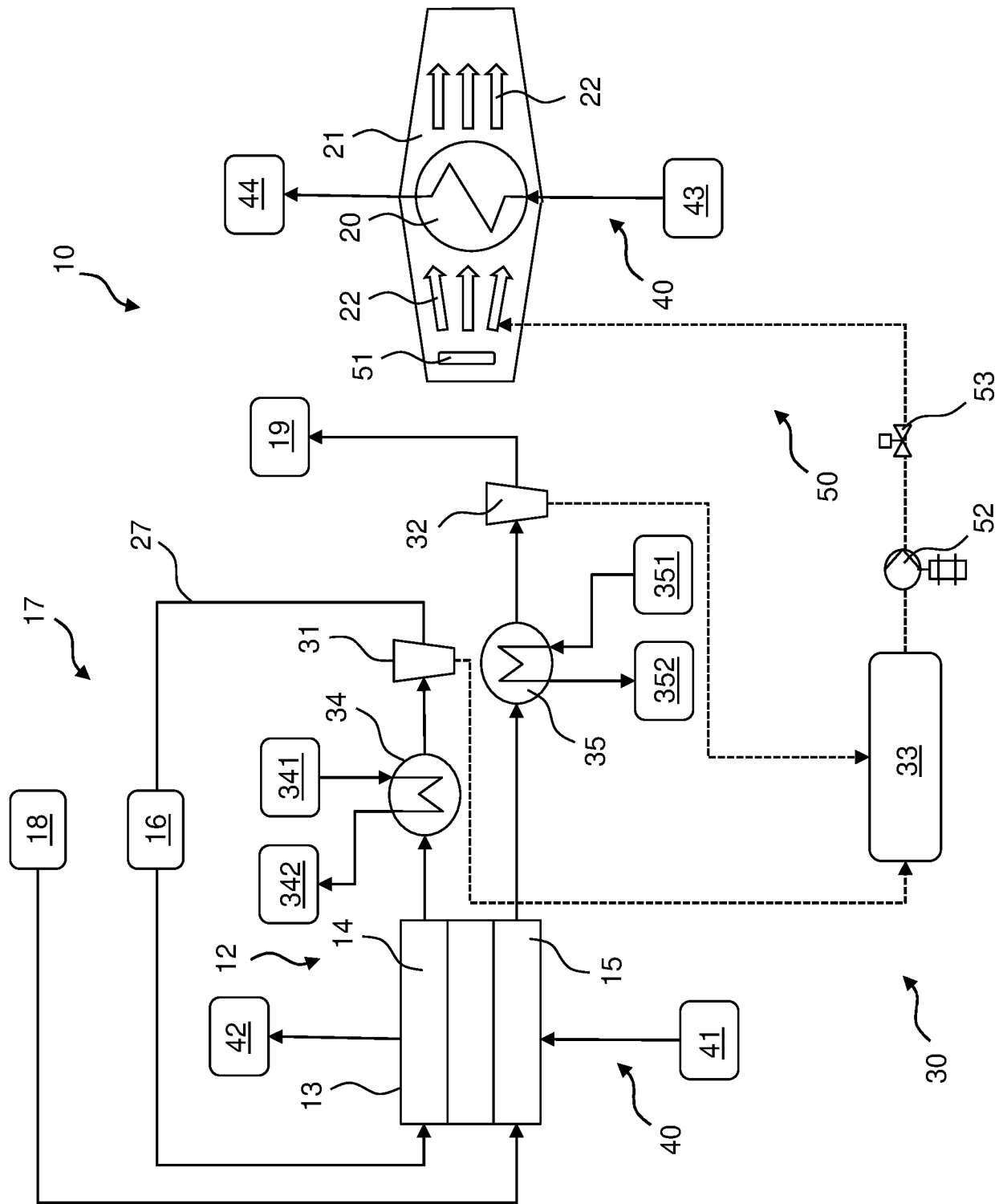
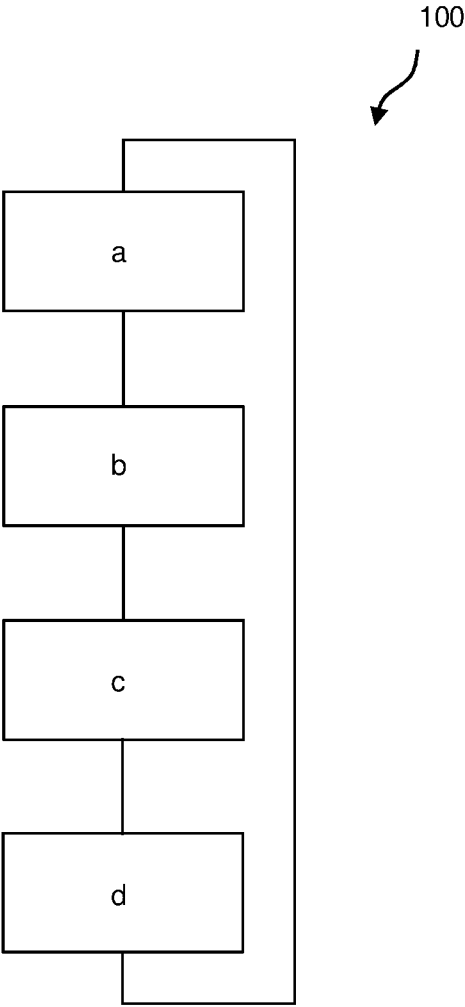


Fig. 1

Fig. 2



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2023/100613

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H01M 8/04029**(2016.01)i; **H01M 8/04119**(2016.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M; B64D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                    | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | WO 2021250213 A1 (LIEBHERR AEROSPACE TOULOUSE SAS [FR]) 16 December 2021 (2021-12-16)<br>paragraphs [0005], [0020] - [0022], [0072] - [0086]          | 1-9                   |
| X,P       | & US 2023187662 A1 (PRINCE KARINE [FR] ET AL) 15 June 2023 (2023-06-15)<br>paragraphs [0005], [0020] - [0022]; figure 1<br>paragraphs [0072] - [0086] | 1-9                   |
| X         | US 2006029849 A1 (METZLER DIRK [AT]) 09 February 2006 (2006-02-09)<br>paragraph [0013] - paragraph [0015]                                             | 1, 6                  |
| X         | US 2022009379 A1 (MIKIC GREGOR VEBLE [US] ET AL) 13 January 2022 (2022-01-13)<br>claims 1-4; figure 1                                                 | 1, 6                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 November 2023

Date of mailing of the international search report

27 November 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office  
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk  
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Goldbacher, Ute

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/DE2023/100613**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |              |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|--------------|----|--------------------------------------|
| WO                                        | 2021250213 | A1 | 16 December 2021                     | CN                      | 115606021    | A  | 13 January 2023                      |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 4165707      | A1 | 19 April 2023                        |
|                                           |            |    |                                      | FR                      | 3111477      | A1 | 17 December 2021                     |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2023187662   | A1 | 15 June 2023                         |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 2021250213   | A1 | 16 December 2021                     |
| US                                        | 2006029849 | A1 | 09 February 2006                     | DE                      | 102004034870 | A1 | 16 February 2006                     |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 1619738      | A2 | 25 January 2006                      |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2006029849   | A1 | 09 February 2006                     |
| US                                        | 2022009379 | A1 | 13 January 2022                      | EP                      | 4164949      | A1 | 19 April 2023                        |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2022009379   | A1 | 13 January 2022                      |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2023058816   | A1 | 23 February 2023                     |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 2021257567   | A1 | 23 December 2021                     |

| <b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b><br><b>INV. H01M8/04029 H01M8/04119</b><br><b>ADD.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                  |                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                  |                                                             |
| <b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b><br>Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )<br><b>H01M B64D</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                  |                                                             |
| Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                  |                                                             |
| Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)<br><b>EPO-Internal, WPI Data</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                  |                                                             |
| <b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                  |                                                             |
| Kategorie*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                               | Betr. Anspruch Nr.                                          |
| <b>X</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>WO 2021/250213 A1 (LIEBHERR AEROSPACE TOULOUSE SAS [FR])</b><br><b>16. Dezember 2021 (2021-12-16)</b><br><b>Absätze [0005], [0020] - [0022], [0072] - [0086]</b>                              | <b>1-9</b>                                                  |
| <b>X,P</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>&amp; US 2023/187662 A1 (PRINCE KARINE [FR] ET AL) 15. Juni 2023 (2023-06-15)</b><br><b>Absätze [0005], [0020] - [0022];</b><br><b>Abbildung 1</b><br><b>Absätze [0072] - [0086]</b><br>----- | <b>1-9</b>                                                  |
| <b>X</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>US 2006/029849 A1 (METZLER DIRK [AT])</b><br><b>9. Februar 2006 (2006-02-09)</b><br><b>Absatz [0013] - Absatz [0015]</b><br>-----                                                             | <b>1, 6</b>                                                 |
| <b>X</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>US 2022/009379 A1 (MIKIC GREGOR VEBLE [US] ET AL) 13. Januar 2022 (2022-01-13)</b><br><b>Ansprüche 1-4; Abbildung 1</b><br>-----                                                              | <b>1, 6</b>                                                 |
| <input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                  |                                                             |
| * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :<br>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)<br>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist<br>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist<br>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist<br>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |                                                                                                                                                                                                  |                                                             |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts         |
| <b>15. November 2023</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                  | <b>27/11/2023</b>                                           |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                  | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br><b>Goldbacher, Ute</b> |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/DE2023/100613**

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| <b>WO 2021250213 A1</b>                            | <b>16-12-2021</b>             | <b>CN 115606021 A</b>             | <b>13-01-2023</b>             |
|                                                    |                               | <b>EP 4165707 A1</b>              | <b>19-04-2023</b>             |
|                                                    |                               | <b>FR 3111477 A1</b>              | <b>17-12-2021</b>             |
|                                                    |                               | <b>US 2023187662 A1</b>           | <b>15-06-2023</b>             |
|                                                    |                               | <b>WO 2021250213 A1</b>           | <b>16-12-2021</b>             |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| <b>US 2006029849 A1</b>                            | <b>09-02-2006</b>             | <b>DE 102004034870 A1</b>         | <b>16-02-2006</b>             |
|                                                    |                               | <b>EP 1619738 A2</b>              | <b>25-01-2006</b>             |
|                                                    |                               | <b>US 2006029849 A1</b>           | <b>09-02-2006</b>             |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| <b>US 2022009379 A1</b>                            | <b>13-01-2022</b>             | <b>EP 4164949 A1</b>              | <b>19-04-2023</b>             |
|                                                    |                               | <b>US 2022009379 A1</b>           | <b>13-01-2022</b>             |
|                                                    |                               | <b>US 2023058816 A1</b>           | <b>23-02-2023</b>             |
|                                                    |                               | <b>WO 2021257567 A1</b>           | <b>23-12-2021</b>             |
| -----                                              |                               |                                   |                               |