

SYSTEM ZUR BODENSTROMVERSORGUNG

TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

Die Erfindung bezieht sich auf ein System zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen, das die Merkmale des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 1 aufweist.

Flugzeuge verfügen in aller Regel über eigene Generatoren zur Stromversorgung. Diese
5 Generatoren können durch die Triebwerke der Flugzeuge angetrieben werden. Häufig sind zum Antreiben der Generatoren separate Brennkraftmaschinen vorgesehen. Die Stromversorgung von am Boden befindlichen Flugzeugen erfolgt vorzugsweise nicht über die eigenen Generatoren der Flugzeuge, um den Betrieb der Triebwerke bzw. der separaten Brennkraftmaschinen und die damit verbundenen Emissionen zu vermeiden. Stattdessen werden zur Bodenstromversorgung
10 von Flugzeugen auf Flughäufen häufig spezielle Systeme eingesetzt, die sich durch geringere Emissionen sowohl in stofflicher als auch in akustischer Hinsicht auszeichnen.

STAND DER TECHNIK

Bekannte Systeme zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen weisen mobile Einheiten auf, die jeweils eine Brennkraftmaschine und einen von der Brennkraftmaschine angetriebenen
15 Generator sowie bedarfsweise auch noch einen Spannungswandler zur Anpassung einer von dem Generator ausgegebenen Spannung an den Bedarf des jeweiligen Flugzeugs umfassen, wobei diese Bestandteile auf einem gemeinsamen Fahrwerk angeordnet sind. Diese Einheiten werden mit auf dem jeweiligen Flugplatz auch für andere Zwecke verwendeten Zugmaschinen in die Nähe der am Boden mit Strom zu versorgenden Flugzeuge gebracht und dann über Versor-
20 gungskabel an die zu versorgenden Flugzeuge angeschlossen. Auch ein Brennstofftank zur Versorgung der Brennkraftmaschine befindet sich in der Regel auf dem jeweiligen Fahrwerk. In moderner Ausführungsform verursachen diese bekannten Systeme zwar geringere Emissionen

als die eigenen Stromversorgungen der Flugzeuge. Es besteht jedoch ein Interesse daran, auch diese Emissionen zu reduzieren oder ganz zu vermeiden.

Bei weiteren bekannten Systemen zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen sind mobile Einheiten mit einer Batterie als Energiespeicher und einem Spannungswandler auf einem
5 gemeinsamen Fahrwerk vorgesehen. Auch diese mobilen Einheiten werden mit Zugmaschinen in die Nähe der am Boden mit Strom zu versorgenden Flugzeuge gebracht und über Anschlusskabel an die Flugzeuge angeschlossen. Wenn die Batterie einer solchen mobilen Einheit erschöpft ist, wird die mobile Einheit gegen eine solche mit einer ausreichend geladenen Batterie ausgetauscht und an eine Ladestation verfahren. Das Wiederaufladen der Batterie nimmt einige
10 Zeit in Anspruch. Diese Zeit ist deutlich länger als die Zeit, die benötigt wird, um einen Brennstofftank zur Versorgung einer Brennkraftmaschine wieder aufzufüllen. Daher müssen bei diesem bekannten System typischerweise doppelt so viele mobile Einheiten mit Energiespeichern in Form von Batterien vorgesehen werden, wie Flugzeuge am Boden mit Strom zu versorgen sind.

Zumindest als Konzept sind auch Systeme zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen mit Hilfe
15 von wasserstoffgespeisten Brennstoffzellen bekannt. Bei mobilen Einheiten mit Wasserstoff gespeisten Brennstoffzellen ist die Bereitstellung des Wasserstoffs nicht unproblematisch. So verbietet sich auf Flughäfen aus Sicherheitsgründen die Bereitstellung des Wasserstoffs in Drucktanks. Bekannte Metallhybridspeicher zur druckarmen Speicherung von Wasserstoff für mobile Einheiten mit wasserstoffgespeisten Brennstoffzellen sind mit den Nachteilen verbunden,
20 dass Metallhybridspeicher eine vergleichsweise lange Befüllungszeit für das erneute Befüllen mit neuem Wasserstoff aufweisen.

Bei einem bekannten System zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen mit einer mobilen Wandlereinheit, die ein Fahrwerk und einen auf dem Fahrwerk gelagerten Spannungswandler umfasst, sind auf demselben Fahrwerk zwei getrennte Batterien als Energiespeicher angeordnet,
25 die wechselweise, insbesondere nacheinander an einen Eingang eines Spannungswandlers anschließbar sind. Im Betrieb dieses bekannten Systems für Bodenstromversorgung führt von der mobilen Wandlereinheit ein Versorgungskabel von einem Ausgang des Spannungswandlers zu dem jeweiligen Flugzeug.

AUFGABE DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein System zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen aufzuzeigen, das im Einsatz zumindest im Wesentlichen emissionsfrei ist und das dennoch zu günstigeren Kosten als bekannte emissionsarme Systeme zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen realisierbar ist.

LÖSUNG

Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein System zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Die abhängigen Patentansprüche betreffen bevorzugte Ausführungsformen dieses Systems.

10

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

Bei einem erfindungsgemäßen System zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen mit mindestens einer mobilen Wandlereinheit, die ein erstes Fahrwerk und einen auf dem ersten Fahrwerk gelagerten Spannungswandler umfasst, und mit mindestens zwei Energiespeichern, die zur Versorgung des Spannungswandlers mit elektrischer Energie wechselweise an einen Eingang des Spannungswandlers anschließbar sind, wobei ein Versorgungskabel zur Bodenstromversorgung eines der Flugzeuge an einen Ausgang des Spannungswandlers anschließbar ist, ist jeder der mindestens zwei Energiespeicher Teil einer von mindestens zwei mobilen Speichereinheiten, die jeweils ein zweites Fahrwerk umfassen.

Damit dass jede Speichereinheit ein zweites Fahrwerk umfasst ist dabei nicht gemeint, dass die Speichereinheit zwei Fahrwerke aufweist, sondern, dass jede Speichereinheit ein zweites Fahrwerk umfasst, während die mindestens eine Wandlereinheit ein erstes Fahrwerk aufweist.

Bei dem erfindungsgemäßen System sind also die Funktionen der Spannungswandlung und der Energiespeicherung auf unterschiedliche Einheiten, das sind die Wandlereinheit und die Speichereinheiten aufgeteilt, die über separate Fahrwerke verfügen und entsprechend separat verfahrbar sind. Der Spannungswandler der Wandlereinheit kann so aus Energiespeichern verschiedener Speichereinheiten mit elektrischer Energie versorgt werden. Insbesondere kann eine der mindestens zwei mobilen Speichereinheiten von der Wandlereinheit entfernt und durch

die andere der mindestens zwei mobilen Speichereinheiten ersetzt werden, wenn sich ihr Energiespeicher erschöpft hat. Der erschöpfte Energiespeicher der einen Speichereinheit kann dann mit dem zweiten Fahrwerk dieser Speichereinheit an einen von der Wandlereinheit entfernten Ort verfahren und dort wieder aufgeladen werden, während die Wandlereinheit aus
5 dem noch nicht erschöpften Energiespeicher der anderen Speichereinheit versorgt wird. Wenn dieser Energiespeicher erschöpft ist, kann ein neuerlicher Austausch der Speichereinheiten erfolgen, weil dies typischerweise erst dann der Fall ist, wenn der Energiespeicher der einen Speichereinheit wieder aufgeladen ist, auch wenn dies gewisse Zeit in Anspruch nimmt. Bei sehr langen Zeiten zum Wiederaufladen des Energiespeichers können statt der mindestens zwei auch
10 drei oder mehr Speichereinheiten vorgesehen werden, so dass dann die Energiespeicher von jeweils zwei oder mehr dieser Speichereinheiten gleichzeitig wieder aufgeladen werden können, während eine weitere der Speichereinheiten mit ihrem Energiespeicher die Versorgung des Spannungswandlers der Wandlereinheit mit elektrischer Energie sicherstellt.

Die zur Realisation des erfindungsgemäßen Systems notwendigen Investitionen beschränken
15 sich auf das technisch praktisch Notwendige, nämlich auf eine Wandlereinheit je gleichzeitig zu versorgendem Flugzeug und so viele Speichereinheiten wie für eine permanente Versorgung des Spannungswandlers der Wandlereinheiten mit elektrischer Energie im Wechsel erforderlich sind. Insbesondere werden im Betrieb des erfindungsgemäßen Systems keine Spannungswandler mit den Speichereinheiten zum Aufladen der Energiespeicher der Speichereinheiten verfahren, die
20 während des Aufladens der Energiespeicher nicht benötigt werden. Jeder der mobilen Einheiten des erfindungsgemäßen Systems ist ganz auf ihre jeweilige Aufgabe des Energiespeicherns bzw. Spannungswandelns fokussiert und daher von begrenzter Gesamtkomplexität. Praktisch können daher eine Wandlereinheit und eine Energieversorgungseinheit des erfindungsgemäßen Systems oftmals sogar kostengünstiger bereitgestellt werden als eine bekannte mobile Einheit
25 mit Spannungswandler und Energiespeicher. Besonders hohe Einsparungen ergeben sich durch das erfindungsgemäße System wenn statt zweier bekannter mobiler Einheiten mit Spannungswandler und Energiespeicher bei dem erfindungsgemäßen System nur eine Wandlereinheit und zwei Energiespeichereinheiten zum Einsatz kommen.

Typischerweise sind die Energiespeicher bei dem erfindungsgemäßen System jeweils über einen
30 von der entsprechenden Speichereinheit zu der Wandlereinheit führendes erstes Anschlusskabel an den Eingang des Spannungswandlers anschließbar. Ein solches Anschlusskabel stellt eine

gewisse Flexibilität für die Relativpositionierung der Speichereinheit gegenüber der Wandlereinheit bereit.

Es versteht sich, dass bei dem erfindungsgemäßen System regelmäßig mindestens eine Ladeeinheit vorhanden ist, an die die Energiespeicher wechselweise anschließbar sind. Diese
5 Ladeeinheit ist in aller Regel anders als die mindestens eine Wandlereinheit und die mindestens zwei Speichereinheiten stationär angeordnet.

Die Energiespeicher der mindestens zwei Speichereinheiten können jeweils entweder eine elektrische Batterie oder eine Brennstoffzelle und einen Brennstofftank umfassen. Anders gesagt kann der jeweilige Energiespeicher entweder eine elektrische Batterie oder eine sogenannte
10 Brennstoffzellenbatterie sein. In beiden Fällen ist der Energiespeicher insgesamt ein elektrochemischer Energiespeicher.

Unabhängig von der Ausbildung der Energiespeicher der Speichereinheiten als elektrische Batterien oder als Brennstoffzellenbatterien kann die Wandlereinheit dieselbe sein, d. h. sowohl zur Verwendung mit Speichereinheiten mit elektrischen Batterien als auch zur Verwendung mit
15 Speichereinheiten mit Wasserstoffbatterien geeignet sein.

Der Brennstofftank der Brennstoffzellenbatterie ist vorzugsweise ein Metallhybridspeicher, um Wasserstoff als Brennstoff für den emissionsarmen Betrieb der Brennstoffzelle möglichst druckarm speichern zu können. Die langen Auffüllzeiten eines Metallhybridspeichers sind bei dem erfindungsgemäßen System zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen wegen der
20 größeren Anzahl der Speichereinheiten gegenüber der Anzahl der Wandlereinheiten unproblematisch.

Wenn die Energiespeicher der mindestens zwei Speichereinheiten jeweils eine elektrische Batterie aufweisen, können die Energiespeicher jeweils über das erste Anschlusskabel, mit dem die Energiespeicher auch an den Spannungswandler anschließbar sind oder über ein zweites
25 Anschlusskabel an die Ladeeinheit anschließbar sein, wobei das jeweilige Anschlusskabel von der Speichereinheit zu der Ladeeinheit führt. Weiterhin kann in diesem Fall die mindestens eine Ladeeinheit zum eingangsseitigen Anschließen an ein lokales oder öffentliches Stromnetz ausgebildet sein.

Wenn hingegen die Energiespeicher der mindestens zwei Speichereinheiten jeweils eine Brennstoffzelle und einen Brennstofftank aufweisen, ist es bevorzugt, wenn die Ladeinheit nicht nur zum Wiederauffüllen des Brennstofftanks vorgesehen ist, sondern auch zum Regenerieren der Brennstoffzelle. Brennstoffzellen können häufig durch Beaufschlagen mit einer bestimmten
5 Abfolge von Spannungen bezüglich ihres Wirkungsgrads regeneriert werden. Entsprechend ist die Ladeinheit vorzugsweise zum Anlegen einer solchen Spannungsabfolge an die jeweilige Brennstoffzelle ausgebildet. Es versteht sich, dass die Speichereinheiten des erfindungsgemäßen Systems zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen regelmäßig nicht nur eine einzige, sondern mehrere Brennstoffzellen, typischerweise einen sogenannten Brennstoffzellen-
10 stapel aufweisen, damit sie ausreichend elektrische Leistung bereitstellen können.

Unabhängig davon, ob die Speichereinheiten elektrische Batterien oder Brennstoffzellenbatterien umfassen, können die mindestens zwei mobilen Speichereinheiten des erfindungsgemäßen Systems jeweils frei von Spannungswandlern sein, insbesondere frei von Spannungswandlern für von den Energiespeichern ausgegebenen elektrischen Strom und im Falle einer elektrischen
15 Energie als Energiespeicher auch für in die Batterie zum Laden derselben gespeisten elektrischen Strom.

Für den Einsatz auf einem Verkehrsflughafen geeignete Speichereinheiten des erfindungsgemäßen Systems zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen weisen Speicherkapazitäten im Bereich von 20 kWh bis 300 kWh auf. Spezieller sind Speichereinheiten mit Speicherkapazitäten
20 zwischen 80 kWh bis 100 kWh ohne ständigen Wechsel nutzbar, dennoch vergleichsweise rasch wieder aufladbar und zu vertretbaren Kosten bereitstellbar.

Die mindestens eine Wandlereinheit des erfindungsgemäßen Systems kann völlig frei von Energiequellen für die Bodenstromversorgung eines der Flugzeuge sein. Dies schließt jedoch nicht aus, dass die Wandlereinheit einen Pufferspeicher am Eingang des Spannungswandlers
25 aufweist, beispielsweise einen Gleichspannungszwischenkreis mit hoher elektrischer Kapazität, um einen Austausch einer Speichereinheit mit erschöpften Energiespeicher gegen eine Speichereinheit mit frischem Energiespeicher zu überbrücken. Einen elektrochemischen Energiespeicher für die Bodenstromversorgung eines der Flugzeuge weist die Wandlereinheit jedoch in aller Regel nicht auf. Allerdings wird die Wandlereinheit ebenso regelmäßig über einen elektrochemischen
30 Energiespeicher zur Versorgung einer Steuerung der Wandlereinheit und dergleichen aufweisen.

Um einen völlig problemlosen Wechsel zwischen verschiedenen Speichereinheiten während der Bodenstromversorgung eines Flugzeugs mit der Wandlereinheit zu ermöglichen, kann die mindestens eine Wandlereinheit des erfindungsgemäßen Systems eine Wechselschaltung aufweisen, die zwei Anschlüsse für jeweils eine der mindestens zwei Speichereinheiten wechse-
5 lweise mit dem Eingang des Spannungswandlers der mindestens einen Wandlereinheit verbindet. dabei bleibt die Verbindung des jeweiligen Flugzeugs über das Versorgungskabel mit der Wandlereinheit bestehen, die zu jeder Zeit über jeweils ein erstes Anschlusskabel mit einer der Speicherheiten und zwischenzeitlich auch mit beiden der mindestens zwei Speichereinheiten verbunden ist.

- 10 Da Verkehrsflugzeuge typischerweise ein Bordnetz mit einer Wechselspannung von 400 Hz aufweisen, weist der Spannungswandler der mindestens einen Wandlereinheit typischerweise einen Wechselrichter auf, der für die Bodenstromversorgung eines der Flugzeuge eine Versorgungswechselspannung von typischerweise 400 Hz ausgibt.

- Die absolute Anzahl der Wandlereinheiten und der Speichereinheiten eines erfindungsgemäßen
15 Systems wird typischerweise deutlich größer als 1 bzw. 2 sein. Das heißt, die mindestens eine mobile Wandlereinheit ist regelmäßig eine von mehreren gleichen mobilen Wandlereinheiten des Systems, und die mindestens zwei mobilen Speichereinheiten sind regelmäßig zwei von vielen gleichen mobilen Speichereinheiten des Systems, wobei je Wandlereinheit der mehreren gleichen mobilen Wandlereinheiten regelmäßig zwei der Speichereinheiten der vielen gleichen
20 mobilen Speichereinheiten vorhanden sind. Genauso kann die mindestens eine Ladeinheit eine von mehreren gleichen Ladeeinheiten des Systems sein, wobei je Wandlereinheit der mehreren gleichen mobilen Wandlereinheiten eine der Ladeeinheiten der mehreren gleichen Ladeeinheiten vorhanden sein kann.

- Hinsichtlich ihrer ersten und zweiten Fahrwerke können die Wandlereinheiten und die
25 Speichereinheiten einem lokalen Standard für Fahrwerke von in der Umgebung der Flugzeuge am Boden verfahrbare Einheiten entsprechen. In jedem Fall können die ersten und zweiten Fahrwerke der Wandlereinheiten und der Speichereinheiten grundsätzlich gleich sein.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

Die in der Beschreibung genannten Vorteile von Merkmalen und von Kombinationen mehrerer Merkmale sind lediglich beispielhaft und können alternativ oder kumulativ zur Wirkung kommen, ohne dass die Vorteile zwingend von erfindungsgemäßen Ausführungsformen erzielt werden müssen.

- 5 Hinsichtlich des Offenbarungsgehalts - nicht des Schutzbereichs - der ursprünglichen Anmeldungsunterlagen und des Patents gilt Folgendes: Weitere Merkmale sind den Zeichnungen - insbesondere den dargestellten Geometrien und den relativen Abmessungen mehrerer Bauteile zueinander sowie deren relativer Anordnung und Wirkverbindung - zu entnehmen. Die Kombination von Merkmalen unterschiedlicher Ausführungsformen der Erfindung oder von Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche ist ebenfalls abweichend von den gewählten Rückbeziehungen der Patentansprüche möglich und wird hiermit angeregt. Dies betrifft auch solche Merkmale, die in separaten Zeichnungen dargestellt sind oder bei deren Beschreibung genannt werden. Diese Merkmale können auch mit Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche kombiniert werden. Ebenso können in den Patentansprüchen aufgeführte Merkmale für weitere Ausführungsformen der Erfindung entfallen, was aber nicht für die unabhängigen Patentansprüche des erteilten Patents gilt.

- Die in den Patentansprüchen und der Beschreibung genannten Merkmale sind bezüglich ihrer Anzahl so zu verstehen, dass genau diese Anzahl oder eine größere Anzahl als die genannte Anzahl vorhanden ist, ohne dass es einer expliziten Verwendung des Adverbs "mindestens" bedarf. Wenn also beispielsweise von einer Brennstoffzelle die Rede ist, ist dies so zu verstehen, dass genau ein Brennstoffzelle, zwei Brennstoffzellen oder mehr Brennstoffzellen vorhanden sind. Die in den Patentansprüchen aufgeführten Merkmale können durch weitere Merkmale ergänzt werden oder die einzigen Merkmale sein, die das jeweilige Erzeugnis aufweist.

- Die in den Patentansprüchen enthaltenen Bezugszeichen stellen keine Beschränkung des Umfangs der durch die Patentansprüche geschützten Gegenstände dar. Sie dienen lediglich dem Zweck, die Patentansprüche leichter verständlich zu machen.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

Im Folgenden wird die Erfindung anhand in den Figuren dargestellter bevorzugter Ausführungsbeispiele weiter erläutert und beschrieben.

- Fig. 1** ist eine schematische Seitenansicht einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Systems zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen.
- Fig. 2** ist eine Draufsicht von oben auf eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen.
- 5 **Fig. 3** illustriert ein Detail einer Wandlereinheit und einer Speichereinheit einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen.
- Fig. 4** illustriert Details einer anderen Speichereinheit des erfindungsgemäßen Systems zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen; und
- 10 **Fig. 5** illustriert Details einer Wechselschaltung einer erfindungsgemäßen Wandlereinheit einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen.

FIGURENBESCHREIBUNG

Fig. 1 zeigt ein Flugzeug 1 am Boden 2, das dort über ein Versorgungskabel 3 mit Strom versorgt wird. Das Versorgungskabel 3 führt von einer mobilen Wandlereinheit 4 zu dem Flugzeug 1. An die mobile Wandlereinheit 4 ist eine mobile Speichereinheit 5 über ein Anschlusskabel 6 angeschlossen. Die mobile Speichereinheit 5 versorgt die Wandlereinheit 4 mit elektrischer Energie und weist dazu einen Energiespeicher auf. Eine weitere gleiche mobile Speichereinheit 5 ist über ihr Anschlusskabel 6 an eine stationäre Ladeeinheit 7 angeschlossen, um ihren Energiespeicher aufzuladen. Wenn der Energiespeicher der an die Wandlereinheit 4 angeschlossen Speichereinheit 5 erschöpft ist und der Energiespeicher der an die Ladeeinheit 7 angeschlossen Speichereinheit 5 aufgeladen ist, können die Speichereinheiten 5 getauscht werden, wobei vorübergehend beide Speichereinheiten 5 an die Wandlereinheit 4 angeschlossen sein können. Die Wandlereinheit 4 ist so zur fortlaufenden Bodenstromversorgung von Flugzeugen 1 geeignet.

Fig. 2 zeigt ein System zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen 1 mit hier insgesamt zwei Wandlereinheiten 4 und fünf Speichereinheiten 5 sowie zwei Ladeeinheiten 7. Dabei ist eine

Speichereinheit 5 als Reserve vorhanden, falls der Energiespeicher einer der an die Wandler-
einheiten 4 angeschlossenen Speichereinheiten 5 erschöpft ist, bevor der Energiespeicher der
damit im Wechsel genutzten und an eine der Ladestationen 7 angeschlossenen Speichereinheit
5 wieder aufgeladen ist. Bei mehr als zwei gleichzeitig am Boden 2 mit Strom zu versorgenden
5 Flugzeugen 1, wie sie in Fig. 2 dargestellt sind, sind entsprechend mehr Wandlereinheiten 4,
Speichereinheiten 5 und Ladeeinheiten 7 vorzusehen.

Fig. 3 illustriert schematisch den inneren Aufbau einer Wandlereinheit 4 und einer daran
angeschlossenen Speichereinheit 5. Die Wandlereinheit 4 weist einen Spannungswandler 8 auf.
Der Spannungswandler 8 umfasst hier einen grundsätzlich optionalen eingangsseitigen
10 Hochsetzsteller 10, einen an den Ausgang des Hochsetzstellers 10 angeschlossenen
Gleichspannungszwischenkreis 9 und einen mit seinem Eingang an den Gleichspannungs-
zwischenkreis 9 angeschlossenen Wechselrichter 11. Der Wechselrichter 11 ist beispielsweise
dazu ausgebildet, Wechselstrom einer Frequenz von 400 Hz über das Versorgungskabel 3
abzugeben. Der Batteriespeicher 12 der Speichereinheit 5 ist hier eine elektrische Batterie 13 mit
15 mehreren zusammengeschalteten Batteriezellen 14. Beide Einheiten 4 und 5 verfügen über
gleiche Fahrwerke 15 und 16 und sind jeweils über eine Zugdeichsel 17 an eine hier nicht
dargestellte Zugmaschine anhängbar und mit dieser am Boden 2 verfahrbar.

Fig. 4 illustriert schematisch eine alternative Ausbildung des Energiespeichers 12 einer
Speichereinheit 5 als Brennstoffzellenbatterie 18 mit einer als Brennstoffzellenstapel ange-
20 deuteten Brennstoffzelle 19 und einem Brennstofftank 20, der insbesondere ein Metallhybrid-
speicher für Wasserstoff ist. An die in Fig. 4 dargestellte Ladeeinheit 7 ist nicht nur der Brenn-
stofftank 20 über eine Brennstoffleitung 21 angeschlossen, sondern auch die Brennstoffzelle 19
über das Anschlusskabel 6. Dies dient dazu, während des Auffüllens des Brennstofftanks 20 die
Brennstoffzelle 19 durch Beaufschlagung mit bestimmten Spannungen zu regenerieren. Die
25 Brennstoffzelle 19 ist zudem als Luft 22 aus der Umgebung atmende Brennstoffzelle angedeutet.

Fig. 5 illustriert eine eingangsseitige Wechselschaltung 23, die dem eingangsseitigen Gleich-
spannungszwischenkreis 9 der Wandlereinheit 4 vorgeschaltet ist. Die Wechselschaltung kann
dabei alternativ oder zusätzlich zu dem Hochsetzsteller gemäß Fig. 3 vorhanden sein und ist
gegebenenfalls insbesondere auf der Eingangsseite des Hochsetzstellers vorgesehen. Die
30 Wechselschaltung 23 weist zwei Anschlüsse DC1 und DC2 für zwei Gleichspannungen
bereitstellende Speichereinheiten 5 auf. Die Anschlüsse DC1 und DC2 werden von einer

Steuereinheit 24 dem Gleichspannungszwischenkreis 9 über Leistungsschalter QA1 und QA2 wechselweise zugeschaltet, wobei die Anschlüsse DC1 und DC2 zusätzlich durch Dioden D1 und D2 entkoppelt sind. Zudem ist für jeden der Anschlüsse DC1 und DC2 eine Vorladeschaltung A1 bzw. A2, die eine Spannungsmessung umfasst, vorgesehen, um bei Bedarf den

5 Gleichspannungszwischenkreis 9 vor dem Schließen des jeweiligen Schalters QA1 bzw. QA2 zur Vermeidung von Überströmen voraufzuladen. Die Schalter QA1 und QA2 können Leistungsschalter, -schütze oder -relais sein. Mit Hilfe der Steuereinheit 24 kann für das Laden des Gleichspannungszwischenkreises 9 zwischen zwei an die Anschlüsse DC1 und DC2 angeschlossenen Speichereinheiten 5 umgeschaltet werden, ohne dass die Energieversorgung

10 des an den Gleichspannungszwischenkreis angeschlossenen Spannungswandlers 9 und damit die Bodenstromversorgung des daran angeschlossenen Flugzeugs 1 unterbrochen wird. Dabei kann der Umschaltzeitpunkt zwischen den Speichereinheiten 5 manuell vorgegeben werden, oder nach einem Steuerprogramm, das genau dann umschaltet, wenn der Energiespeicher 12 der bisher genutzten Speichereinheit 5 erschöpft ist, d. h. bis zu einem definierten Grad entladen

15 ist.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Flugzeug
- 2 Boden
- 3 Versorgungskabel
- 4 Wandlereinheit
- 5 Speichereinheit
- 6 Anschlusskabel
- 7 Ladeeinheit
- 8 Spannungswandler
- 9 Gleichspannungszwischenkreis
- 10 Hochsetzsteller
- 11 Wechselrichter
- 12 Energiespeicher
- 13 elektrische Batterie
- 14 Batteriezelle
- 15 (erstes) Fahrwerk
- 16 (zweites) Fahrwerk
- 17 Zugdeichsel
- 18 Brennstoffzellenbatterie
- 19 Brennstoffzelle
- 20 Brennstofftank
- 21 Brennstoffleitung
- 22 Luft
- 23 Wechselschaltung
- 24 Steuereinheit
- DC1 Anschluss
- DC2 Anschluss
- D1 Diode
- D2 Diode
- QA1 Leistungsschalter
- QA2 Leistungsschalter
- A1 Vorladeschaltung
- A2 Vorladeschaltung
- C Kapazität des Gleichspannungszwischenkreises 9

PATENTANSPRÜCHE

1. System zur Bodenstromversorgung von Flugzeugen (1)
 - mit mindestens einer mobilen Wandlereinheit (4), die ein erstes Fahrwerk (15) und einen auf dem ersten Fahrwerk (15) gelagerten Spannungswandler (8) umfasst, und
 - mit mindestens zwei Energiespeichern (12), die zur Versorgung des Spannungswandlers (8) mit elektrischer Energie wechselweise an einen Eingang des Spannungswandlers (8) anschließbar sind,wobei ein Versorgungskabel (3) zur Bodenstromversorgung eines der Flugzeuge (1) an einen Ausgang des Spannungswandlers (8) anschließbar ist,
dadurch gekennzeichnet, dass jeder der mindestens zwei Energiespeicher (12) Teil einer von mindestens zwei mobilen Speichereinheiten (5) ist, die jeweils ein zweites Fahrwerk (16) umfassen.
2. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energiespeicher (12) jeweils über ein von der entsprechenden Speichereinheit zu der Wandlereinheit (4) führendes erstes Anschlusskabel (6) an den Eingang des Spannungswandlers (8) anschließbar sind.
3. System nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass mindestens eine Ladeeinheit (7) vorhanden ist, an die die Energiespeicher (12) wechselweise anschließbar sind,
 - wobei die mindestens eine Ladeeinheit (7) optional stationär angeordnet ist.
4. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energiespeicher (12) der mindestens zwei Speichereinheiten (5) jeweils
 - eine elektrische Batterie (13) oder
 - eine Brennstoffzelle (18) und einen Brennstofftank (20), wobei der Brennstofftank (20) optional einen Metallhybridspeicher umfasst,aufweisen.
5. System nach Anspruch 3, soweit rückbezogen auf Anspruch 2, wobei die Energiespeicher (12) der mindestens zwei Speichereinheiten (5) jeweils eine elektrische Batterie (13) aufweisen,

dadurch gekennzeichnet, dass die Energiespeicher (12) jeweils über das erste oder ein zweites Anschlusskabel (6) an die Ladeeinheit (7) anschließbar sind, wobei das jeweilige Anschlusskabel (6) von der Speichereinheit (5) zu der Ladeeinheit (7) führt.

6. System nach einem der Ansprüche 3 und 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Ladeeinheit (7) zum eingangsseitigen Anschließen an ein Stromnetz ausgebildet ist.

7. System nach Anspruch 3, wobei die Energiespeicher (12) der mindestens zwei Speichereinheiten (5) jeweils eine Brennstoffzelle (19) und einen Brennstofftank (20) aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ladeeinheit (7) zum Regenerieren der Brennstoffzelle (19) ausgebildet ist.

8. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens zwei mobilen Speichereinheiten (5) jeweils frei von Spannungswandlern (8) sind.

9. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens zwei mobilen Speichereinheiten (5) jeweils eine Speicherkapazität im Bereich von 20 kWh bis 300 kWh oder von 80 kWh bis 100 kWh aufweisen.

10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Wandlereinheit (4) frei von Energiequellen für die Bodenstromversorgung eines der Flugzeuge (1) ist.

11. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Wandlereinheit (4) eine Wechselschaltung aufweist, die zwei Anschlüsse für jeweils eine der mindestens zwei Speichereinheiten (5) wechselweise mit dem Eingang des Spannungswandlers (8) der mindestens einen Wandlereinheit (4) verbindet.

12. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spannungswandler (8) der mindestens einen Wandlereinheit (4) einen Wechselrichter (11) aufweist, der für die Bodenstromversorgung eines der Flugzeuge (1) eine Versorgungswechselspannung ausgibt.

13. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
- dass die mindestens eine mobile Wandlereinheit (4) eine von mehreren gleichen mobilen Wandlereinheiten (4) des Systems ist,
 - dass die mindestens zwei mobilen Speichereinheiten (5) zwei von vielen gleichen mobilen Speichereinheiten (5) des Systems sind,
 - wobei je Wandlereinheit (4) der mehreren gleichen mobilen Wandlereinheiten (4) mindestens zwei der Speichereinheiten (5) der vielen gleichen mobilen Speichereinheiten (5) vorhanden sind.
14. System nach Anspruch 13, soweit direkt oder indirekt rückbezogen auf Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Ladeeinheit (7) eine von mehreren gleichen Ladeeinheiten (7) des Systems ist.
15. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
- dass die ersten und zweiten Fahrwerke (15, 16) einem lokalen Standard für Fahrwerke (15, 16) von in der Umgebung der Flugzeuge (1) am Boden verfahrbaren Einheiten entsprechen und/oder
 - dass die ersten und zweiten Fahrwerke (15, 16) gleich sind.