(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
07. Dezember 2017 (07.12.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/207345 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B02C 4/42 (2006.01) *B02C 18/14* (2006.01)
B02C 13/30 (2006.01) *B02C 18/24* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/062391

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Mai 2017 (23.05.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
16172395.2 01. Juni 2016 (01.06.2016) EP

(72) Erfinder; und
(71) Anmelder: **LINDNER, Manuel** [AT/AT]; Villacher Strasse 48, 9800 Spittal/Drau (AT).

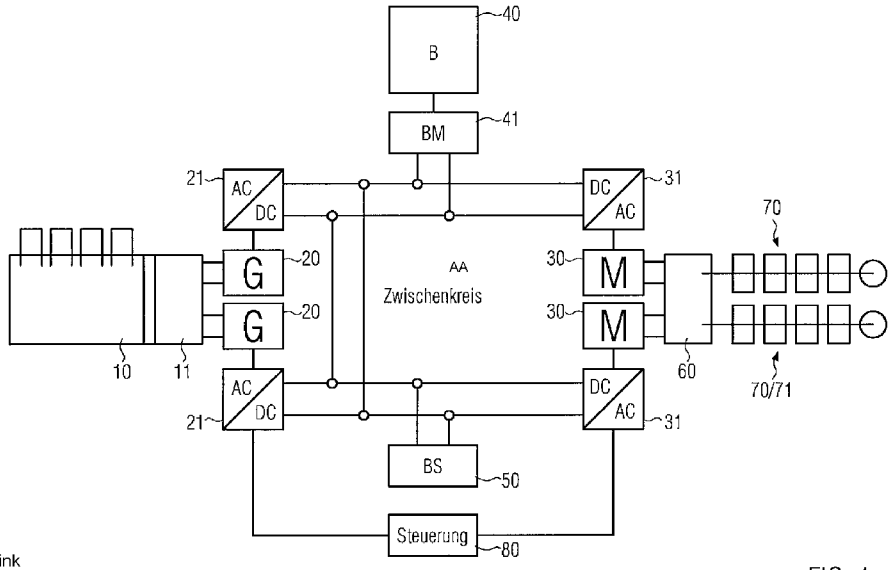
(72) Erfinder: **SCHIFFER, Peter**; Schwarzstrasse 114, 9872 Millstatt (AT).

(74) Anwalt: **GRÜNECKER PATENT- UND RECHTSANWÄLTE PARTG MBB**; Leopoldstrasse 4, 80802 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** MOBILE WASTE COMMINUTING DEVICE COMPRISING A SERIES-CONNECTED HYBRID DRIVE SYSTEM

(54) **Bezeichnung:** MOBILE ABFALLZERKLEINERUNGSVORRICHTUNG MIT SERIELLEM HYBRIDANTRIEB



AA DC link
80 Controller

FIG. 1

(57) **Abstract:** The mobile waste comminuting device of the invention comprises: at least one comminuting shaft; an internal combustion engine; at least one generator that is coupled to the internal combustion engine to convert mechanical energy supplied by the internal combustion engine into electric energy; at least one electric motor which is powered by the electric energy so as to drive the at least one comminuting shaft and change the direction of rotation thereof; and an energy store for storing energy and at least partly powering the at least one electric motor with electric energy, in particular for storing energy during periods of low power demand and supplying energy during periods of high power demand in relation to the nominal power of the at least one generator.

(57) **Zusammenfassung:** Die erfindungsgemäße mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung umfasst: wenigstens eine Zerkleinerungs-

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/207345 A1

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)*

welle; einen Verbrennungsmotor; wenigstens einen mit dem Verbrennungsmotor gekoppelten Generator zur Umwandlung von mechanischer Energie des Verbrennungsmotors in elektrische Energie; wenigstens einen mit der elektrischen Energie versorgten Elektromotor zum Antreiben und Ändern der Drehrichtung der wenigstens einen Zerkleinerungswelle; und einen Energiespeicher zum Speichern von Energie und zur wenigstens teilweisen Versorgung des wenigstens einen Elektromotors mit elektrischer Energie, insbesondere zum Speichern von Energie bei Leistungsbedarfstälern und zur Abgabe von Energie bei Leistungsbedarfsspitzen relativ zu einer Nennleistung des wenigstens einen Generators.

MOBILE ABFALLZERKLEINERUNGSVORRICHTUNG MIT SERIELLEM HYBRIDANTRIEB

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine mobile Zerkleinerungsvorrichtung mit wenigstens einer Zerkleinerungswelle, einem Verbrennungsmotor und einem mit dem Verbrennungsmotor gekoppelten Generator zur Umwandlung von mechanischer Energie des Verbrennungsmotors in elektrische Energie, und wenigstens einem Elektromotor zur Umwandlung der elektrischen Energie in mechanische Energie zum Antrieb der Zerkleinerungswelle, ohne und mit Unterstützung eines elektrischen oder mechanischen Energiespeichers.

Stand der Technik

Bei Zerkleinerungs- und Aufbereitungsmaschinen (Shredder) für verschiedene Inputmaterialien (wie beispielsweise Gewerbemüll, Industrieabfall, Elektronikschrott, Metallschrott, Kunststoff, Verbundstoffe, Gummi, Holz) werden häufig mobile Maschinen z.B. mit Straßenzulassung eingesetzt. Die mobilen Zerkleinerungsmaschinen finden üblicher Weise für wechselnde Einsatzorte ihre Verwendung. Diese Zerkleinerungsmaschinen haben eine oder mehrere angetriebene Zerkleinerungswellen mit welcher das Inputmaterial zerkleinert wird.

Gegenüber den stationären Zerkleinerungsmaschinen ist es bei den mobilen Maschinen üblich, dass diese autark, ohne fremden Energieanschluss funktionieren. Wegen des zumeist fehlenden Energieanschlusses (z.B. elektrischer Anschluss) ist es also notwendig, dass diese Maschinen mit einem eigenen Energielieferanten (vorzugsweise ein Dieselmotor) ausgestattet sind.

Der Dieselmotor (Industriedieselmotor) liefert eine Drehzahl im Bereich von z.B. 1500-2100 U/min. Damit diese Drehzahl an die zumeist deutlich niedrigere Zerkleinerungswellendrehzahl von bis zu z.B. 1000 U/min. angepasst werden kann und

auch eine einfach durchzuführende Drehrichtungsänderung möglich ist, wird üblicher Weise ein „hydraulisches Getriebe“ eingesetzt. Beispiele für üblicherweise eingesetzte Wellenumdrehungszahlen sind von 10 bis zu 80 U/min bei einer Zweiwellenzerkleinerungsmaschine; 5 bis 200 bzw. 90 bis 500 U/min bei einer Einwellenzerkleinerungsmaschine und 9 bis 800 U/min bei einer (Vertikal-) Mühle.

In allen folgenden Beschreibungen, sowohl zum Stand der Technik wie auch der Beschreibung der Erfindung, werden zur Vereinfachung jeweils nur eine Komponente des Systems angeführt. Natürlich können jeweils zwei oder mehrere Komponenten im System vorhanden sein oder vorgesehen werden. So wird immer z.B. eine Zerkleinerungswelle oder Generator oder Elektromotor angeführt. Je nach Zerkleinerungssystem können es auch zwei oder mehr Zerkleinerungswellen sein. Auch hinsichtlich der Antriebskomponenten, können es z.B. auch mehrere Verbrennungsmotoren, Generatoren, Elektromotoren oder Energiespeicher und andere mehrfache Komponenten sein.

Von einem hydraulischen Antrieb spricht man, wenn über eine oder mehrere Hydraulikpumpen (am Dieselmotor direkt, oder über Verteilergetriebe angeflanscht), welche dann ihrerseits einen oder mehrere Hydraulikmotoren an der oder an den Zerkleinerungswellen direkt oder über ein Vorsatzgetriebe antreibt. Sowohl die Pumpe wie der Motor sind überwiegend als Axialschwenkpumpe bzw. –motor ausgeführt, welches zwangsläufig mit einer starken Geräuschentwicklung verbunden ist. Mit dieser Konstellation kann einfach die gewünschte Variabilität der Zerkleinerungswellendrehzahl Wellendrehrichtung und dem Wellendrehmoment erreicht werden.

Bei den Zerkleinerern mit dem hier beschriebenen hydrostatischen Antrieb wird überwiegend die Drehzahl der Zerkleinerungswelle druckabhängig dergestalt geregelt, dass der Hydraulikmotor, mit der höchstmöglichen Drehzahl in Proportion zu dem für die Zerkleinerung erforderlichen Drehmoment betrieben wird. Dies ist deshalb erforderlich, dass mit einem so angetriebenen Zerkleinerungssystem, die höchstmögliche Durchsatzleistung erreicht wird.

Beim Erreichen eines bestimmten vorgegebenen hydraulischen Drucks am Hydraulikmotor, wenn also das für die Zerkleinerung erforderlich Drehmoment nicht mehr ausreicht und der Druck dadurch ansteigt, wird die Drehzahl der Welle kontinuierlich abgesenkt und so das Drehmoment bei gleichem Druck entsprechend proportional erhöht. Entweder bis eine bestimmte Minimaldrehzahl erreicht ist, oder wenn es trotz Zurücknahme der Drehzahl und somit der Erhöhung des Drehmoments, doch zu einem Stillstand, also Blockade der Welle kommt.

Bei Verringerung des für Zerkleinerung erforderlichen Druck, und somit Drehmoment, wird die Drehzahl der Welle, kontinuierlich wieder bis zum Erreichen eine vorbestimmten Druckes erhöht.

Für sehr hohe Drehmomente können zur Kosteneffizienz die hydraulischen Antriebskomponenten auch sehr klein mit hohen Drehzahlen ausgelegt werden, und die gewünschte Zerkleinerungswellendrehzahl und das gewünschte Zerkleinerungswellendrehmoment können dann über ein Vorsatzgetriebe (Untersetzungsgetriebe zwischen hydraulischen Antrieb und Zerkleinerungswelle) erreicht werden.

Systembedingt ergibt sich jedoch bei der Energieeffizienz von hydraulischen Antrieben ein schlechter Gesamtwirkungsgrad von ca. 0,14 bis 0,24, unter der folgender beispielhaften, aber typischen Annahme: Wirkungsgrad des Dieselmotor 0,35 bis 0,4 und Wirkungsgrad des Hydraulikantriebs mit Teillastanteil von 0,4 bis 0,6 je nach Anteil des Voll- oder Teillastbetriebs.

Dieser schlechte Wirkungsrad des hydrostatischen Systems bedeutet aber auch, dass zur Wärmeabfuhr größere Kühleinheiten vorzusehen sind, die zusätzlich Energie für den Antrieb der dazu erforderlichen Lüfter erfordert, wodurch der Wirkungsgrad nochmals verschlechtert wird.

Ein wesentliches Merkmal dieser hier beschriebenen hydrostatischen Antriebe ist noch, dass sie über keine Möglichkeit der ganz kurz andauernden Leistungserhöhung verfügen, da mit dem Erreichen eines maximal vorgegeben Druck und minimaler

Drehzahl, also maximalem Drehmoment, die Leistungsmöglichkeit eines solchen Systems erschöpft ist.

Bei den hier beschriebenen Zerkleinerungsvorgängen treten jedoch Belastungsspitzen im kleinen Millisekunden (ms)-Bereich auf, die das hier beschriebene hydrostatische Antriebssystem nicht abdecken kann.

Die Fig. 1 zeigt in einem Messdiagramm die in kurzen Abständen stark wechselnden Drehmomente eines solchen Zerkleinerungsprozesses und die daraus resultierenden erforderliche raschen Änderungen der Drehzahl der Zerkleinerungswelle.

Wenn das für die Zerkleinerung erforderliche Drehmoment trotz der Verringerung der Drehzahl der Welle nicht ausreicht, kommt es zur Blockade der Zerkleinerungswelle.

Um den Zerkleinerungsvorgang fortsetzen zu können, wird an der Welle für einen kurzen Zeitraum die Drehrichtung geändert, also ein Reversiervorgang durchgeführt, und dann der normale Zerkleinerungsvorgang wieder fortgesetzt.

Dem könnte nur dadurch begegnet werden, dass die Leistungsfähigkeit dieses hydrostatischen Systems durch Vergrößerung der Pumpe und des Motors so vergrößert wird, dass im normalen Zerkleinerungsprozess nur ein Teil der Leistung genutzt wird, damit dadurch beim Erreichen solchen Leistungsspitzen, ein zusätzliche unmittelbar abrufbare Leistungsreserve zur Verfügung steht.

Eine solche Lösung verbietet sich zunächst wegen der dadurch erforderlichen höheren Kosten, und dem höheren Gewicht bei mobilen Zerkleinerern, wie auch wegen der weiteren Verschlechterung des Wirkungsgrades, da ein so ausgeführtes hydrostatisches Antriebssystem, überwiegend nur im Teillastbereich betrieben würde.

Die durch solche Leistungsspitzen hervorgerufenen Blockaden der Zerkleinerungswelle und so erzwungenen Reversiervorgängen der Welle, mindert jedoch die Durchsatzleistung eines so hydrostatisch angetriebenen Zerkleinerers.

Dazu kommt noch, dass ein so angetriebenes hydrostatisches System an Zerkleinerungsvorrichtungen in den Reaktionen der Drehzahl- und somit der Drehmomentänderungen auch innerhalb der Leistungsgrenze des Systems sehr träge ist.

Wenn also in kurzen Abständen eine Minderung der Drehzahl zur Erhöhung des Drehmoments erforderlich ist, dann aber kurzfristig ein Erhöhung der Drehzahl möglich und zum Erreichen eines möglichst großen Durchsatz erforderlich ist, kann das Regelsystem eines solchen hydrostatischen Antriebs nur sehr träge folgen, was abermals zu Lasten der Durchsatzleistung geht.

Nicht zu verkennen ist auch eine mögliche Umweltbeeinträchtigung durch Verunreinigung von Böden, bei Undichtheit des hydraulischen Systems, oder bei dessen Störungen.

Mobile Zerkleinerungsmaschinen werden also standardmäßig mit einem Dieselmotor als Energielieferanten betrieben. Im Markt der mobilen Zerkleinerungsmaschinen hat sich derzeit überwiegend die technische Lösung mit einem hydraulischen Antrieb trotz vieler Nachteile als kostengünstig etabliert, der den Dieselmotor an den hydraulischen Antrieb (Hydraulikpumpe(n) und Hydraulikmotor koppelt und wahlweise ein Vorsatzgetriebe aufweist. Mobile Zerkleinerungsmaschinen in dieser Ausführung sind sehr betriebssicher und aus dem Stand der Technik bekannt. Für die unterschiedlichen Anwendungen bei mobilen Zerkleinerungsmaschinen werden verschiedene Ausführungen von dieselhydraulischen Antrieben verbaut.

Nunmehr gibt es auch erstmalig Prototypen an Zerkleinerungstechnik, z.B. für Holz um sogenanntes Hackgut herzustellen, und zum Brechen von Gestein und Beton. Dabei wird die Hydraulikpumpe am Diesel- oder Verbrennungsmotor durch einen Generator zur Erzeugung elektrischer Energie ersetzt. Die so erzeugte elektrische Energie wird dann von einem Elektromotor wieder in mechanische Energie zum Antrieb der Zerkleinerungswerkzeuge umgewandelt. Diese Zerkleinerungsaggregate werden jedoch systembedingt nur mit einer nahezu konstanten Drehzahl betrieben. Es gibt nur sehr geringe Drehzahlschwankungen zwischen dem Leerlauf und dem Betrieb solcher Zerkleinerer.

Bei diesen elektrischen Antrieben gibt es keine Reduzierung der Drehzahl zur Erhöhung des Drehmoments, wie es bei den hier weiter vorne beschriebenen hydrostatischen Antrieben und dem weiter hinten beschriebenen neuen erfindungsgemäßen Antrieb erfolgt. Das ist bei diesen Zerkleinerungsaggregaten technisch auch nicht möglich, denn dadurch wäre der eigentliche Zerkleinerungsvorgang nicht durchführbar.

Die elektrischen Antriebe für Zerkleinerungsmaschinen zur Herstellung von Hackgut aus Holz oder zum Brechen von Gestein und Beton haben auch nur eine Drehrichtung der Zerkleinerungswerkzeuge, und benötigen keine andere Drehrichtung, und können systembedingt auch die Drehrichtung nicht ändern. Jedoch bei den erfindungsgemäßen elektrischen Antrieben, ist eine Änderung der Drehrichtung möglich und erforderlich.

Die bei diesen Zerkleinerungsaggregaten zum Einsatz kommenden Energiespeicher in Form von Kondensatoren, sogenannte SuperCAPS, dienen hier nicht zur Beeinflussung der Drehzahl, sondern sind zur ganz kurzfristigen Abdeckung von Leistungsspitzen vorgesehen, denen der Dieselantrieb bedingt durch seine Trägheit nicht folgen kann.

Beschreibung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, eine energetisch effizientere mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung bereitzustellen.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung nach Patentanspruch 1. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den davon abhängigen Ansprüchen definiert.

Die erfindungsgemäße mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung umfasst: wenigstens eine Zerkleinerungswelle; einen Verbrennungsmotor; wenigstens einen mit dem Verbrennungsmotor gekoppelten Generator zur Umwandlung von mechanischer

Energie des Verbrennungsmotors in elektrische Energie; wenigstens einen mit der elektrischen Energie versorgten Elektromotor zum Antreiben und Ändern der Drehrichtung der wenigstens einen Zerkleinerungswelle; und einen Energiespeicher zum Speichern von Energie und zur wenigstens teilweisen Versorgung des wenigstens einen Elektromotors mit elektrischer Energie, insbesondere zum Speichern von Energie bei Leistungsbedarfstälern und zur Abgabe von Energie bei Leistungsbedarfsspitzen relativ zu einer Nennleistung des wenigstens einen Generators.

Die erfindungsgemäße mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung hat insbesondere den Vorteil, dass eine Drehrichtungsänderung der wenigstens einen Zerkleinerungswelle mit dem wenigstens einen Elektromotor erfolgen kann, wodurch ein ansonsten dafür notwendiges Getriebe entfallen kann. Beispielsweise kann ein Elektromotor seine Drehrichtung ändern und auf diese Weise eine Änderung der Drehrichtung der Zerkleinerungswelle bewirken. Alternativ dazu können beispielsweise an einer Zerkleinerungswelle zwei Elektromotoren vorgesehen sein, wobei jeder einzelne Elektromotor die Zerkleinerungswelle nur in eine Drehrichtung betreibt und eine Drehrichtungsänderung durch ein Umschalten von einem zum anderen Elektromotor erfolgt.

Die mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung kann weiterhin umfassen: wenigstens einen AC/DC-Wandler zum Umwandeln von Wechselstrom von dem wenigstens einen Generator in Gleichstrom, einen DC/AC-Wandler zum Umwandeln von Gleichstrom in Wechselstrom für den wenigstens einen Elektromotor, und einen zwischen dem AC/DC-Wandler und dem DC/AC-Wandler angeordneten Zwischenkreis mit einem Energiemanagementmodul zur Ankopplung des Energiespeichers, wobei jeder Elektromotor ein Wechselstrommotor ist.

Die Drehzahl der wenigstens einen Zerkleinerungswelle kann durch den wenigstens einen Elektromotor veränderbar sein. Auf diese Weise kann beispielsweise das Drehmoment des Elektromotors durch Absenken der Drehzahl erhöht werden, um etwa größere Teile vom Inputmaterial zerkleinern zu können und damit ein Verklemmen der wenigstens einen Zerkleinerungswelle möglichst zu verhindern.

Die mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung kann weiterhin umfassen: eine Vorrichtung zur Vermeidung von Überspannungen, vorzugsweise einen Brems-Chopper, insbesondere zur Begrenzung einer Spannung im Zwischenkreis.

Die mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung kann weiterhin umfassen: eine Steuereinrichtung zum Steuern des Energieflusses zwischen dem wenigstens einen Generator, dem wenigstens einen Elektromotor und dem Energiespeicher.

Die Steuereinrichtung kann dazu ausgebildet sein den Betrieb des Verbrennungsmotors zu steuern und/oder den Energieflusses zwischen dem wenigstens einen Generator, dem wenigstens einen Elektromotor und dem Energiespeicher zu steuern, wobei insbesondere ein vom Generator nicht verfügbarer Leistungsbetrag für das Antreiben der wenigstens einen Zerkleinerungswelle aus dem Energiespeicher für den Elektromotor bereit gestellt wird, und/oder eine Erhöhung des Drehmoments zu bewirken, insbesondere wird, wenn das Drehmoment für die Zerkleinerung bei einer bestimmten Drehzahl nicht ausreicht, die Elektromotorleistung und somit das Drehmoment angehoben, und falls das Drehmoment dennoch nicht ausreicht, wird die Drehzahl reduziert und so das Drehmoment weiter erhöht, und/oder die dem wenigstens einen Generator maximal entnommene Leistung auf die Nennleistung zu begrenzen, und/oder einen Startvorgang der Abfallzerkleinerungsvorrichtung und das Antreiben der wenigstens einen Zerkleinerungswelle erst dann freizugeben, wenn die Mindestenergiemenge im Energiespeicher enthalten ist, und/oder die Energiezufuhr vom Energiespeicher zum wenigstens einen Elektromotor zur Abdeckung der über die Nennleistung des wenigstens einen Generators hinausgehenden Leistungsspitzen zu steuern, und/oder beim Auftreten von Lasttälern in denen eine Leistungsaufnahme des wenigstens einen Elektromotors unter die Nennleistung des wenigstens einen Generator sinkt, eine Differenz zwischen der Nennleistung und der Leistungsaufnahme des wenigstens einen Elektromotors zum Aufladen des Energiespeichers einzusetzen, und/oder bei einem Bremsvorgang der wenigstens einen Zerkleinerungswelle den wenigstens einen Elektromotor als Generator zu betreiben und die dabei erzeugte Leistung zur Aufladung des Energiespeichers zu verwenden.

Auf diese Weise kann beispielsweise ein vom Generator nicht verfügbarer Leistungsbetrag für das Antreiben der wenigstens einen Zerkleinerungswelle aus dem Energiespeicher für den Elektromotor bezogen werden. Ein Reduzieren der Drehzahl der wenigstens einen Zerkleinerungswelle kann bei Bedarf eine Erhöhung des Drehmoments bewirken.

Gemäß einer anderen Weiterbildung kann der Energiespeicher wenigstens einen elektrischen Energiespeicher und/oder einen mechanischen Energiespeicher umfassen, wobei der elektrische Energiespeicher insbesondere eine wiederaufladbare Batterie und/oder einen Kondensator und/oder einen supraleitender magnetischer Energiespeicher, und/oder eine statische unterbrechungsfreier Stromversorgung, USV, umfassen kann und/oder wobei der mechanische Energiespeicher insbesondere eine dynamische USV und/oder einen Schwungmassespeicher und/oder einen Schwungradspeicher umfassen kann.

Im Falle eines mechanischen Energiespeichers ist vorzugsweise eine Wandlereinrichtung zum Wandeln von elektrischer in mechanische und von mechanischer in elektrische Energie vorgesehen.

In einer Weiterbildung können zwei oder mehr Zerkleinerungswellen mit je einem Elektromotor vorgesehen sein, wobei insbesondere für jeden Elektromotor weiterhin je ein Generator vorgesehen sein kann.

Gemäß einer anderen Weiterbildung kann der Energiespeicher über einen Stromnetzanschluss aufladbar sein. Dies stellt eine zusätzlich Möglichkeit zum Aufladen des Energiespeichers bereit.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird ebenfalls gelöst durch ein Verfahren nach Patentanspruch 11. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den davon abhängigen Ansprüchen definiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben der mobilen Abfallzerkleinerungsvorrichtung umfasst die Schritte: Betreiben des Verbrennungsmotors; Erzeugen von elektrischer Energie mit dem wenigstens einen

Generator; Antreiben der wenigstens einen Zerkleinerungswelle mit dem wenigstens einen Elektromotor; Speichern von Energie in dem Energiespeicher, insbesondere bei Leistungsbedarfstälern relativ zu einer Nennleistung des wenigstens einen Generators; wenigstens teilweises Versorgen des wenigstens einen Elektromotors mit elektrischer Energie aus dem Energiespeicher, insbesondere Versorgen des wenigstens einen Elektromotors mit elektrischer Energie aus dem Energiespeicher zur Abdeckung eines über die Nennleistung des wenigstens einen Generator hinausgehenden Anteils von Leistungsbedarfsspitzen.

Weiterhin kann Umkehren der Drehrichtung der wenigstens einen Zerkleinerungswelle vorgesehen sein. Dadurch können beispielsweise mit Zerkleinerungsgut verklemmte Wellen wieder gelöst werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann den weiteren Schritt umfassen: Steuern des Energieflusses zwischen dem wenigstens einen Generator, dem wenigstens einen Elektromotor und dem Energiespeicher.

Zudem können ein oder mehrere der folgenden Schritte vorgesehen sein: Steuern des Energieflusses zwischen dem wenigstens einen Generator, dem wenigstens einen Elektromotor und dem Energiespeicher, wobei insbesondere ein vom Generator nicht verfügbarer Leistungsbetrag für das Antreiben der wenigstens einen Zerkleinerungswelle aus dem Energiespeicher für den Elektromotor bereit gestellt wird, und/oder Erhöhen des Drehmoments, insbesondere wird, wenn das Drehmoment für die Zerkleinerung bei einer bestimmten Drehzahl nicht ausreicht, die Elektromotorleistung und somit das Drehmoment angehoben, und falls das Drehmoment dennoch nicht ausreicht, wird die Drehzahl reduziert und so das Drehmoment weiter erhöht, und/oder Begrenzen der dem wenigstens einen Generator maximal entnommenen Leistung auf die Nennleistung, und/oder Starten der Abfallzerkleinerungsvorrichtung wenn eine Mindestenergiemenge im Energiespeicher enthalten ist, und/oder Antreiben der wenigstens einen Zerkleinerungswelle nach dem Startvorgang der Abfallzerkleinerungsvorrichtung wenn die Mindestenergiemenge im Energiespeicher enthalten ist, und/oder Steuern der Energiezufuhr vom Energiespeicher zum wenigstens einen Elektromotor zum Abdecken der über die Nennleistung des wenigstens einen Generators hinausgehenden Leistungsspitzen,

und/oder Aufladen des Energiespeichers beim Auftreten von Lasttälern in denen eine Leistungsaufnahme des wenigstens einen Elektromotors unter die Nennleistung des wenigstens einen Generators sinkt, durch Nutzen einer Differenz zwischen der Nennleistung und der Leistungsaufnahme des wenigstens einen Elektromotors, und/oder Betreiben des wenigstens einen Elektromotors als Generator bei einem Bremsvorgang der wenigstens einen Zerkleinerungswelle und Verwenden der dabei erzeugten Leistung zum Aufladen des Energiespeichers.

Das Verfahren kann den folgenden weiteren Schritt umfassen: Umwandeln von Wechselstrom vom wenigstens einen Generator in Gleichstrom, Verwenden wenigstens eines Teils des Gleichstroms zum Speichern von Energie im Energiespeicher, und Umwandeln von Gleichstrom in Wechselstrom zum Versorgen des wenigstens einen in Form eines Wechselstrommotors ausgebildeten Elektromotors mit Energie von dem wenigstens einen Generator und/oder mit Energie aus dem Energiespeicher.

Das Verfahren kann den folgenden weiteren Schritt umfassen: Begrenzen der Spannung, die während eines Bremsvorgangs der wenigstens einen Zerkleinerungswelle durch den als Generator wirkenden wenigstens einen Elektromotor erzeugt wird.

Weitere Merkmale und beispielhafte Ausführungsformen sowie Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es versteht sich, dass die Ausführungsformen nicht den Bereich der vorliegenden Erfindung erschöpfen. Es versteht sich weiterhin, dass einige oder sämtliche der im Weiteren beschriebenen Merkmale auch auf andere Weise miteinander kombiniert werden können.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen mobilen Abfallzerkleinerungsvorrichtung.

Fig. 2 zeigt einen Drehmomentvergleich von hydrostatischem zu elektrischem Antrieb.

Fig. 3 illustriert die Stromspitzenkompensation.

Ausführungsformen

Aufgabe der Erfindung ist es, eine energetisch effizientere mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung bereitzustellen, wie bereits weiter oben ausgeführt.

Durch die Effizienzsteigerung soll der Einsatz eines kleineren Dieselmotors ermöglicht werden, oder bei gleicher Größe des Dieselmotors, eine Erhöhung der Durchsatzleistung.

Damit soll auch eine Verringerung der CO2 Emissionen erreicht werden, und zwar absolut, wie auch spezifisch bezogen auf den Durchsatz.

Durch die Verbesserung des Wirkungsgrades und der damit verbunden Effizienzsteigerung erfolgt auch eine Reduzierung der Abwärme vom Dieselmotor, wie die Abwärme der Hydraulikpumpe und vom Hydraulikmotor vollständig entfällt, und nur eine geringe Abwärme vom Generator und Elektromotor und vom Energiespeicher anfällt. Dadurch ist eine weitere Effizienzsteigerung möglich, da die Antriebsleistung des Lüfterantriebes der Kühleinrichtung erheblich verringert wird.

Auch der Wirkungsrad des Dieselmotors von 0,35 – 0,4 wird sich mit dem erfindungsgemäßen energieeffizienteren Antrieb sogar verbessern lassen, auch wenn das systembedingt eigentlich nicht möglich erscheint. Das ergibt sich einmal durch die Möglichkeit, mit dem besseren Wirkungsgrad, eine kleinere Type des Dieselmotor wählen zu können. Auch wird der Dieselmotor mit dem erfindungsgemäßen energieeffizienteren Anrieb auch mit konstanterer Leistung betrieben werden können, da die Leistungsspitzen und Leistungstäler durch den Energiespeicher weitgehend ausgeglichen werden, und nur zu einem kleinem Teil den Dieselmotor belasten. Es ist daher mit einer erheblichen spezifischen Verbesserung des Verbrauchs zu rechnen. Der elektrische Wirkungsgrad wird sich von gegenüber dem hydrostatischen Antrieb

nach dem derzeitigen Stand der Technik von 0,4 – 0,6, auf 0,8 – 0,9 verbessern lassen, was gemeinsam mit der Verbesserung des Dieselmotor zu einer erheblichen Einsparung von ca. 35 – 45 % beim spezifischen Durchsatz führen wird.

Mit der Umstellung von den hydraulischen zu elektrischen Antriebkomponenten ist eine erhebliche Minderung der Geräuschemissionen von zumindest 5 dB(A) zu erwarten.

Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Abfallzerkleinerungsvorrichtung.

Diese erfindungsgemäße mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung 100 umfasst in dieser Ausführungsform: wenigstens eine Zerkleinerungswelle 70, einen Verbrennungsmotor 10, wenigstens einen mit dem Verbrennungsmotor gekoppelten Generator 20 zur Umwandlung von mechanischer Energie des Verbrennungsmotors in elektrische Energie, wenigstens einen mit dieser elektrischen Energie versorgten Elektromotor 30 zum Antreiben der wenigstens einen Zerkleinerungswelle, und bei einer weiteren Möglichkeit der Effizienzsteigerung, einen Energiespeicher 40 zur Speicherung von durch den Generator bei Leistungstälern erzeugter elektrischer Energie, zur Abdeckung der Leistungsspitzen, sowie zur Vermeidung von Überspannungen einen Brems-Chopper 50, wie auch die zum Betrieb aller dieser Komponenten erforderliche Steuerungsanlage 80.

Mit dieser seriellen Hybridantriebslösung kann ein Zerkleinerungssystem mit verbesserten Wirkungsgrad zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist es insbesondere von Vorteil, dass ein Elektromotor bereits bei sehr niedrigen Drehzahlen ein hohes Drehmoment aufbringen kann.

Der mit dem Verbrennungsmotor 10 gekoppelte Generator 20 zur Umwandlung von mechanischer Energie des Verbrennungsmotors in elektrische Energie, ist zur Erzeugung von mechanischer Antriebsleistung für eine Zerkleinerungswelle 70 einer mobilen Abfallzerkleinerungsvorrichtung mit einem Elektromotor 30 mit elektrischer Energie vorgesehen.

Für die zwei Zerkleinerungswellen 70 sind zwei Elektromotoren 30 vorgesehen, für jede Zerkleinerungswelle einer, die über ein Untersetzungs- bzw. Synchronisationsgetriebe auch mechanisch verbunden sein können.

Mit dem zusätzlichen Energiespeicher 40 zur Speicherung der vom Generator 20 bei Leerlauf des Zerkleinerers und Leistungsspitzentälern erzeugten elektrischer Energie, kann die so erzeugte elektrische Energie gespeichert werden, und so beim Start und bei Lastspitzen, mit dem Elektromotor 30 der Zerkleinerungswelle 70 als zusätzliche mechanische Energie zugeführt werden.

Als Energiespeicher 40 kommen vorzugsweise wiederaufladbare Kondensatoren, sogenannte SuperCAP, wiederaufladbare Batterien bzw. Akkumulatoren, vorzugsweise auf Basis von Lithium-Ionen Zellen, USV bzw. unterbrechungslosen Stromversorgungen, und elektrische Schwungräder zur Anwendung.

Zur Vermeidung von Überspannungen im System Generator 20 zu Elektromotor 30 und Energiespeicher 40, beim Sofort-Stopp oder Not-Halt des Zerkleinerungssystems und einem Nachlaufen der Zerkleinerungswelle, kann ein sogenannter Brems-Chopper 50 vorgesehen werden. Der Elektromotor 30 wird bei einem Sofort-Stopp oder Not-Halt zum Generator, der dann aufgrund der großen Getriebeübersetzung in einer sehr hohen Drehzahl dreht und so eine hohe Spannung erzeugt. Die so erzeugte hohe Spannung und Energie wird vom Brems-Chopper 50 in Wärme umgesetzt, und schützt so die anderen elektrischen Komponenten vor Beschädigungen.

Der Verbrennungsmotor 10 und der Elektromotor 20 werden in einer seriellen Hybridanordnung vorgesehen, wobei die Zerkleinerungswelle lediglich mit dem Elektromotor 30 antreibbar ist, insbesondere mechanisch nicht direkt mit dem Verbrennungsmotor 10 verbunden ist.

Dies hat den Vorteil einer einfachen Ausgestaltung des Antriebs der Zerkleinerungswelle, wobei der Elektromotor zudem einen möglichst großen Anteil der Leistung des Verbrennungsmotors 10 erhalten kann und entsprechend viel Leistung / Drehmoment auf die Zerkleinerungswelle übertragen kann.

Auf diese Weise können die vom Verbrennungsmotor 10 vorgegebene Drehzahl und die Drehzahl der Zerkleinerungswelle 70 aufeinander abgestimmt werden.

Ein Drehrichtungswechsel bei Blockade der Welle 70 wird dabei nicht über das Getriebe 60 vorgenommen, sondern direkt durch den Elektromotor 30 durch Umpolung in der Steuerung durchgeführt.

Die Getriebeanordnung kann ein erstes Getriebe 11 zur Anpassung des Verhältnisses der Drehzahlen des Verbrennungsmotors und des Generators 20 und/oder ein zweites Getriebe 60 zur Anpassung des Verhältnisses der Drehzahlen des Elektromotors 30 und der Zerkleinerungswelle 70 umfassen.

Die Funktion des Zusammenwirken des Verbrennungsmotors 10 zur Erzeugung der mechanischen Leistung, des Generators 20 zur Erzeugung der elektrischen Energie, und des Elektromotors 30 zur Umwandlung der elektrischen Energie in eine mechanische Leistung zum Antrieb der Zerkleinerungswelle 70, und eines Energiespeichers 40 zum Abdecken der für den Start und der Spitzenlast erforderlichen Leistung, und dem Brems-Shopper 50 zur Vermeidung von Überspannungen und zum raschem Stillstand der Wellen, wird durch eine komplexe Steuerung 80 mit entsprechender Software sicher gestellt.

Beim Start des Verbrennungsmotors 10 wird unmittelbar der Generator 20 in Betrieb gesetzt. Der Generator 20 erzeugt vorzugweise eine Wechselspannung von 400 V und vorzugsweise 50 Hz. Am Generator 20 unmittelbar angebaut oder gesondert angeordnet, ist jeweils ein sogenannter AC/DC Wandler 21 bzw. Frequenzumformer.

Dieser AC/DC Wandler 21 bzw. Frequenzumformer erzeugt eine sogenannte Zwischenkreis als Gleichstrom mit einer Spannung von 200 bis 800 V, vorzugsweise 650 V. Bei mehr als einem Generator 20 wird jedoch nur ein Zwischenkreis gebildet.

An diesen Zwischenkreis ist ein DC/AC Wandler 31 bzw. Frequenzumformer angeschlossen, der den Elektromotor 30 mit elektrischer Energie versorgt, vorzugsweise mit 400 V Wechselspannung, und je nach Drehzahl mit der dazu erforderlichen Frequenz.

Am Zwischenkreis angeschlossen ist bei der energieeffizienteren Ausbildung ein Energiespeicher 40. Der Energiespeicher 40 kann ein Kondensator, eine Batterie bzw. Akkumulator oder elektrischer Schwungradspeicher sein. Wobei unmittelbar vor dem Energiespeicher 40 oder in der Gesamtsteuerung 80, ein entsprechendes Management 41des Energiespeichers für die Be- und Entladung vorgesehen ist.

Auch eine Kombination aus mehreren gleichen, oder mehreren unterschiedlichen Energiespeichern ist möglich. So z.B. ein Batterieenergiespeicher für den Startvorgang des Zerkleinerers, und ein Kondensator für die Abdeckung der Spitzenlast.

Ebenfalls im Zwischenkreis angeschlossen ist der Brems-Chopper 50 zur Vermeidung von Überspannungen im Zwischenkreis, wenn sich bei einem Sofortstopp die Zerkleinerungswelle noch weiter drehen sollte.

Die Funktion dieser Komponenten ist steuerungstechnisch wie folgt vorgesehen: Sobald der Verbrennungsmotor auf Nenndrehzahl ist, vorzugsweise zwischen 1.300 und 2.400 rpm je nach Motorenbauart, wird vom Generator 20 Energie erzeugt, durch die der Elektromotor 30 und somit die Zerkleinerungswelle 70 in Betrieb gesetzt wird.

Beim Start des Elektromotors 30 wird zunächst eine sehr kleine Drehzahl der Zerkleinerungswelle 70 gewählt, um so ein hohes Drehmoment bereit zu stellen. Der Elektromotor 70 wird beim Start nicht nur vom am Verbrennungsmotor 10 angebauten Generator 20 über den Zwischenkreis mit elektrischer Energie versorgt, sondern auch vom Energiespeicher 40.

Die vorzugsweise hier zur Verwendung kommenden Elektromotoren 30 haben die Eigenschaft, dass sie für einen kurzen Zeitraum von z.B. 60 Sekunden in der Lage sind, eine z.B. 50% über der Nennleistung liegende Leistung oder Drehmoment abzugeben.

Dadurch ist es möglich, da diese erhöhte Leistung vom Elektromotor 30 überwiegend nur beim Startvorgang und bei kurzeitiger Spitzenlast erforderlich ist, und von einem Energiespeicher 40 zur Verfügung gestellt wird, den Verbrennungsmotor mit

angebauten Generator 20 erheblich kleiner zu wählen, als wenn die für den Startvorgang und Spitzenlast des Zerkleinerers erforderliche Leistung, vollständig vom Verbrennungsmotor bereitgestellt werden müsste.

Nach dem Startvorgang mit sehr niederer Drehzahl der Zerkleinerungswelle 70, hebt die Steuerung je nach Stromaufnahme des Elektromotors 30 die Drehzahl der Welle 70 kontinuierlich an, bis zu der vorgegebenen zulässigen maximalen Drehzahl oder Stromaufnahme. Dadurch wird eine möglichst hohe Zerkleinerungsleistung sichergestellt.

Sollte bei diesem Regelvorgang der Erhöhung der Drehzahl die vorgegebene maximale Stromaufnahme des Motors 30 erreicht werden, nimmt die Steuerung 80 automatisch wieder die Drehzahl bis zur vorgegebenen maximalen Stromaufnahme zurück, und erhöht dadurch das Drehmoment an der Zerkleinerungswelle 70.

Diese andauernde Erhöhung und Minderung der Drehzahl, und somit Herabsetzung und Erhöhung des an die Zerkleinerungswelle 70 abgegebenen Drehmoment, stellt sicher, das immer das für die jeweilige Zerkleinerungsaufgabe optimale Drehmoment bereitgestellt, und so der größtmögliche Durchsatz bei der Zerkleinerung erreicht wird.

Die Grafik Fig. 2 zeigt diesen Drehmoment- und Drehzahlverlauf in einem Vergleich des hydrostatischen Antriebs, mit dem elektrischen Antrieb. Die punktierte Kurve zeigt den Verlauf nach dem jetzigen Stand der Technik eines hydrostatischen Antriebs. Die unterbrochene Linie gibt den Verlauf bei der Nennleistung des elektrischen Antriebes wieder. Die durchgehende Linie bildet das maximale, kurzfristig zur Verfügung stehende Moment des elektrischen Antriebs ab. Die in der Grafik ersichtlich Begrenzung bei 240kNm ist mechanisch durch das nachfolgende Getriebe bedingt. Die Grafik zeigt deutlich, wie mit der erfindungsgemäßen Ausführung, der hydrostatische Antrieb nach dem Stand der Technik, mit dem elektrischen Antrieb nachgebildet werden kann.

Übergelagert in diesem Regelvorgang der Erhöhung und Minderung der Drehzahl des Elektromotors ist noch, die Bereitstellung zusätzlicher Energie, und somit zusätzlicher

Leistung am Elektromotor 30 durch den Energiespeicher 40, beim Auftreten sogenannter Lastspitzen.

Wie aus der Grafik gemäß Fig. 3 ersichtlich ist, erfolgt der Zerkleinerungsprozess mit stark wechselnden Drehmomenten, und somit stark wechselnden Leistungsaufnahmen des Elektromotors 30. Die Grafik zeigt deutlich sogenannte Lastspitzen und Lasttäler. Bei der erfindungsgemäßen Ausbildung wird die Nennleistung des Systems und somit des Diesel- bzw. Verbrennungsmotors 10 und Generator 20, bevorzugt in der Mitte zwischen den zu erwartenden Lastspitzen und Lasttälern ausgelegt werden.

Bei der energieeffizienteren Variante wird die zur Abdeckung der Lastspitzen erforderliche Energie durch den Energiespeicher 40 zur Verfügung gestellt. Der Verbrennungsmotor 10 und somit der Generator 20 werden dabei bevorzugt im Nennlastbereich betrieben, und die zusätzliche erforderliche Leistung zur Abdeckung der Lastspitzen, wird durch den Energiespeicher 40 aufgebracht.

Da die Lastspitzen nicht durch die Leistung des Systems abgedeckt werden müssen, ist eine kleinere Baugröße der Komponenten Verbrennungsmotor 10 und Generator 20 möglich.

Wenn sich wieder Lasttäler einstellen, wie sie aus Fig. 3 zu entnehmen sind, erfolgt die Wiederaufladung der Energiespeichers 40 über den Generator 20, über die AC/DC Wandler 21 und dem Energiespeicher Management 41 , damit die so gespeicherte Energie für die weitere Abdeckung von Lastspitzen zur Verfügung steht.

Durch die Änderung der Drehrichtung des Elektromotors 30 und somit der Zerkleinerungswellen 70, soll ein sogenanntes Freifahren der Zerkleinerungswellen 70 erreicht werden.

Für die geänderte Drehrichtung der Zerkleinerungswelle 70 wird die entsprechender Drehzahl, maximal zulässige Stromaufnahme des Elektromotors 70 und die Zeitdauer der geänderten Drehrichtung frei wählbar durch die Steuerung 80 vorgegeben, wobei auch der hier oben beschriebene Regelvorgang wie bei normaler Drehrichtung erfolgt.

Sobald die Zeitdauer der geänderten Drehrichtung der Zerkleinerungswelle 70 abgelaufen ist, wird der oben beschriebene Startvorgang für die normale Drehrichtung wieder eingeleitet.

Der in einer weiteren Ausführungsform vorgesehene Brems-Chopper 50, ist ebenso eingebunden in die Steuerungsanlage. Bei einem Sofort-Stopp oder Not-Halt des Zerkleinerungssystems, wird die Stromzufuhr vom Generator zum Elektromotor sofort gestoppt. Da bei nicht allen diesen Zerkleinerungssystemen auszuschließen ist, dass sich die Welle noch nach dem elektrischen Stoppen dreht, wird dieser Brems-Chopper 50 vorgesehen.

Wenn die Welle 70 sich noch nach dem Abschalten der elektrischen Energie noch dreht, wird der Elektromotor 30 zum Generator. Durch die hohe Übersetzung des Getriebes zwischen Elektromotor und Welle, dreht der Elektromotor nunmehr als Generator mit einer sehr hohen Drehzahl. Das bedeutet auch, dass eine sehr hohe Spannung erzeugt wird.

Der Brems-Chopper 50 schützt auf der einen Seite die anderen elektrischen Komponenten des Systems vor Überspannung, und so vor Beschädigungen, wie er anderseits dafür sorgt, dass die Zerkleinerungswelle möglichst unmittelbar nach dem Sofort-Stopp oder Not-Halt zum Stillstand kommt.

Die Zeichnung in Fig. 1 zeigt beispielhaft die Ausführungsform 100 mit zwei Generatoren 20 und zwei Elektromoren70, zwei Zerkleinerungswellen 70 und einem Energiespeicher 40 als Batterie und einem Brems-Chopper 50.

Für das in der Ausführungsform 100 beschriebene erste Getriebe 11, kann auch ein anderes Übertragungs- bzw. Übersetzungselement wie z.B. Keilriemen bzw. Zahnriemen etc. vorgesehen werden. Auch ist vor dem Hauptgetriebe 60 (zweites Getriebe) ein weiteres Getriebe nach den Elektromotoren 30 denkbar. Wie auch hier andere Übertragungs- und Übersetzungselemente vorgesehen werden können. Die Ausbildung als Getriebe bzw. Stirnradgetriebe ist hier nur beispielhaft.

Diese erfindungsgemäße Abfallzerkleinerungsvorrichtung umfasst in dieser Ausführungsform 100, zwei Zerkleinerungswellen 70; einen Verbrennungsmotor (Dieselmotor) 10; zwei mit dem Verbrennungsmotor 10 über ein erstes Getriebe 11 gekoppelte Generatoren 20 zur Umwandlung von mechanischer Energie des Verbrennungsmotors 10 in elektrische Energie; zwei AC/DC Wandler 21 bzw. Frequenzumformer; und zwei Elektromotoren 30 zum Antreiben der Zerkleinerungswelle 70 über ein zweites Getriebe 60, sowie zwei DC/AC Wandler 31 oder Frequenzumformer; einen Energiespeicher als Batterie 40 und das zugehörige Batteriemanagement 41.

Die Generatoren 20 können die erzeugte elektrische Energie, über die beiden AC/DC Wandler 21 bzw. Frequenzumformer, an die Elektromotoren 30 und/oder über das Energiespeichermanagement 41 in den Energiespeicher 40 liefern. Der Energiespeicher kann beispielsweise eine wiederaufladbare Batterie, ein Kondensator, eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) oder einen Schwungradspeicher umfassen.

Der Verbrennungsmotor 10 und die Elektromotoren 30 sind in dieser beispielhaften Ausführungsform in einer seriellen Hybridanordnung vorgesehen, wobei die Zerkleinerungswelle 70 lediglich mit dem Elektromotor 30 antreibbar ist, und nicht direkt mit dem Verbrennungsmotor 10.

Das erste Getriebe 11 ist hier als Stirnradgetriebe ausgeführt, um die Drehzahl des Verbrennungsmotors 10 auf eine höhere Drehzahl der Generatoren 20 heraufzusetzen. Mit dem zweiten Getriebe 60 erfolgt eine Herabsetzung der Drehzahl des Elektromotors 30 auf die gewünschte Drehzahl der Zerkleinerungswelle 70. Dies ermöglicht eine kleinere Ausführung des Elektromotors 30, da andern falls – ohne das zweite Getriebe 60 – der Elektromotor 30 ein großes Drehmoment bei vergleichsweise niedrigen Drehzahlen aufbringen müsste, was nur durch eine größere Ausführung des Elektromotors bewirkt werden kann.

Die dargestellten Ausführungsformen sind lediglich beispielhaft und der vollständige Umfang der vorliegenden Erfindung wird durch die Ansprüche definiert.

Patentansprüche

1. Mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung, umfassend:

wenigstens eine Zerkleinerungswelle;

einen Verbrennungsmotor;

wenigstens einen mit dem Verbrennungsmotor gekoppelten Generator zur Umwandlung von mechanischer Energie des Verbrennungsmotors in elektrische Energie;

wenigstens einen mit der elektrischen Energie versorgten Elektromotor zum Antreiben und Ändern der Drehrichtung der wenigstens einen Zerkleinerungswelle; und

einen Energiespeicher zum Speichern von Energie und zur wenigstens teilweisen Versorgung des wenigstens einen Elektromotors mit elektrischer Energie, insbesondere zum Speichern von Energie bei Leistungsbedarfstälern und zur Abgabe von Energie bei Leistungsbedarfsspitzen relativ zu einer Nennleistung des wenigstens einen Generators.

2. Mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung nach Anspruch 1, weiterhin umfassend:

wenigstens einen AC/DC-Wandler zum Umwandeln von Wechselstrom von dem wenigstens einen Generator in Gleichstrom, einen DC/AC-Wandler zum Umwandeln von Gleichstrom in Wechselstrom für den wenigstens einen Elektromotor, und einen zwischen dem AC/DC-Wandler und dem DC/AC-Wandler angeordneten Zwischenkreis mit einem Energiemanagementmodul zur Ankopplung des Energiespeichers, wobei jeder Elektromotor ein Wechselstrommotor ist.

3. Mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Drehzahl der wenigstens einen Zerkleinerungswelle durch den wenigstens einen Elektromotor veränderbar ist.

4. Mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiterhin umfassend:

eine Vorrichtung zur Vermeidung von Überspannungen, vorzugsweise einen Brems-Chopper, insbesondere zur Begrenzung einer Spannung im Zwischenkreis.

5. Mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, weiterhin umfassend:

eine Steuereinrichtung zum Steuern des Energieflusses zwischen dem wenigstens einen Generator, dem wenigstens einen Elektromotor und dem Energiespeicher.

6. Mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, weiterhin eine Steuereinrichtung umfassend, wobei die Steuereinrichtung dazu ausgebildet ist,

den Betrieb des Verbrennungsmotors zu steuern, und/oder

den Energiefluss zwischen dem wenigstens einen Generator, dem wenigstens einen Elektromotor und dem Energiespeicher zu steuern, wobei insbesondere ein vom Generator nicht verfügbarer Leistungsbetrag für das Antreiben der wenigstens einen Zerkleinerungswelle aus dem Energiespeicher für den Elektromotor bereit gestellt wird, und/oder

eine Erhöhung des Drehmoments zu bewirken, insbesondere wird, wenn das Drehmoment für die Zerkleinerung bei einer bestimmten Drehzahl nicht ausreicht, die Elektromotorleistung und somit das Drehmoment angehoben, und falls das Drehmoment dennoch nicht ausreicht, wird die Drehzahl reduziert und so das Drehmoment weiter erhöht, und/oder

die dem wenigstens einen Generator maximal entnommene Leistung auf die Nennleistung zu begrenzen, und/oder

einen Startvorgang der Abfallzerkleinerungsvorrichtung und das Antreiben der wenigstens einen Zerkleinerungswelle erst dann freizugeben, wenn die Mindestenergiemenge im Energiespeicher enthalten ist, und/oder

die Energiezufuhr vom Energiespeicher zum wenigstens einen Elektromotor zur Abdeckung der über die Nennleistung des wenigstens einen Generators hinausgehenden Leistungsspitzen zu steuern, und/oder

beim Auftreten von Lasttälern in denen eine Leistungsaufnahme des wenigstens einen Elektromotors unter die Nennleistung des wenigstens einen Generator sinkt, eine Differenz zwischen der Nennleistung und der Leistungsaufnahme des wenigstens einen Elektromotors zum Aufladen des Energiespeichers einzusetzen, und/oder

bei einem Bremsvorgang der wenigstens einen Zerkleinerungswelle den wenigstens einen Elektromotor als Generator zu betreiben und die dabei erzeugte Leistung zur Aufladung des Energiespeichers zu verwenden.

7. Mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Energiespeicher wenigstens einen elektrischen Energiespeicher und/oder einen mechanischen Energiespeicher umfasst, wobei der elektrische Energiespeicher insbesondere eine wiederaufladbare Batterie und/oder einen Kondensator und/oder einen supraleitender magnetischer Energiespeicher, und/oder eine statische unterbrechungsfreier Stromversorgung, USV, umfasst

und/oder wobei der mechanische Energiespeicher insbesondere eine dynamische USV und/oder einen Schwungmassespeicher und/oder einen Schwungradspeicher umfasst.

8. Mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei im Falle eines mechanischen Energiespeichers eine Wandlereinrichtung zum Wandeln von elektrischer in mechanische und von mechanischer in elektrische Energie vorgesehen ist.

9. Mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung, wobei zwei oder mehr Zerkleinerungswellen mit je einem Elektromotor vorgesehen sind, wobei insbesondere für jeden Elektromotor weiterhin je ein Generator vorgesehen ist.

10. Mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung, nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Energiespeicher über einen Stromnetzanschluss aufladbar ist.

11. Verfahren zum Betreiben einer mobilen Abfallzerkleinerungsvorrichtung, insbesondere einer Abfallzerkleinerungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die mobile Abfallzerkleinerungsvorrichtung wenigstens eine Zerkleinerungswelle, einen Verbrennungsmotor, wenigstens einen mit dem Verbrennungsmotor gekoppelten Generator, wenigstens einen Elektromotor und einen Energiespeicher umfasst, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

Betreiben des Verbrennungsmotors;

Erzeugen von elektrischer Energie mit dem wenigstens einen Generator;

Antreiben der wenigstens einen Zerkleinerungswelle mit dem wenigstens einen Elektromotor;

Speichern von Energie in dem Energiespeicher, insbesondere bei Leistungsbedarfstälern relativ zu einer Nennleistung des wenigstens einen Generators;

wenigstens teilweises Versorgen des wenigstens einen Elektromotors mit elektrischer Energie aus dem Energiespeicher, insbesondere Versorgen des wenigstens einen Elektromotors mit elektrischer Energie aus dem Energiespeicher zur Abdeckung eines über die Nennleistung des wenigstens einen Generator hinausgehenden Anteils von Leistungsbedarfsspitzen.

12. Verfahren nach Anspruch 11, mit dem weiteren Schritt:

Umkehren der Drehrichtung der wenigstens einen Zerkleinerungswelle.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, weiterhin umfassend:

Steuern des Energieflusses zwischen dem wenigstens einen Generator, dem wenigstens einen Elektromotor und dem Energiespeicher, wobei insbesondere ein vom Generator nicht verfügbarer Leistungsbetrag für das Antreiben der wenigstens einen Zerkleinerungswelle aus dem Energiespeicher für den Elektromotor bereit gestellt wird, und/oder

Erhöhen des Drehmoments, insbesondere wird, wenn das Drehmoment für die Zerkleinerung bei einer bestimmten Drehzahl nicht ausreicht, die Elektromotorleistung und somit das Drehmoment angehoben, und falls das Drehmoment dennoch nicht ausreicht, wird die Drehzahl reduziert und so das Drehmoment weiter erhöht, und/oder

Begrenzen der dem wenigstens einen Generator maximal entnommenen Leistung auf die Nennleistung, und/oder

Starten der Abfallzerkleinerungsvorrichtung wenn eine Mindestenergiemenge im Energiespeicher enthalten ist, und/oder

Antreiben der wenigstens einen Zerkleinerungswelle nach dem Startvorgang der Abfallzerkleinerungsvorrichtung wenn die Mindestenergiemenge im Energiespeicher enthalten ist, und/oder

Steuern der Energiezufuhr vom Energiespeicher zum wenigstens einen Elektromotor zum Abdecken der über die Nennleistung des wenigstens einen Generators hinausgehenden Leistungsspitzen, und/oder

Aufladen des Energiespeichers beim Auftreten von Lasttälern in denen eine Leistungsaufnahme des wenigstens einen Elektromotors unter die Nennleistung des wenigstens einen Generators sinkt, durch Nutzen einer Differenz zwischen der Nennleistung und der Leistungsaufnahme des wenigstens einen Elektromotors, und/oder

Betreiben des wenigstens einen Elektromotors als Generator bei einem Bremsvorgang der wenigstens einen Zerkleinerungswelle und Verwenden der dabei erzeugten Leistung zum Aufladen des Energiespeichers.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, mit den weiteren Schritten:

Umwandeln von Wechselstrom vom wenigstens einen Generator in Gleichstrom, Verwenden wenigstens eines Teils des Gleichstroms zum Speichern von Energie im Energiespeicher, und Umwandeln von Gleichstrom in Wechselstrom zum Versorgen des wenigstens einen in Form eines Wechselstrommotors ausgebildeten Elektromotors mit Energie von dem wenigstens einen Generator und/oder mit Energie aus dem Energiespeicher.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, mit dem weiteren Schritt:

Begrenzen der Spannung, die während eines Bremsvorgangs der wenigstens einen Zerkleinerungswelle durch den als Generator wirkenden wenigstens einen Elektromotor erzeugt wird.

5

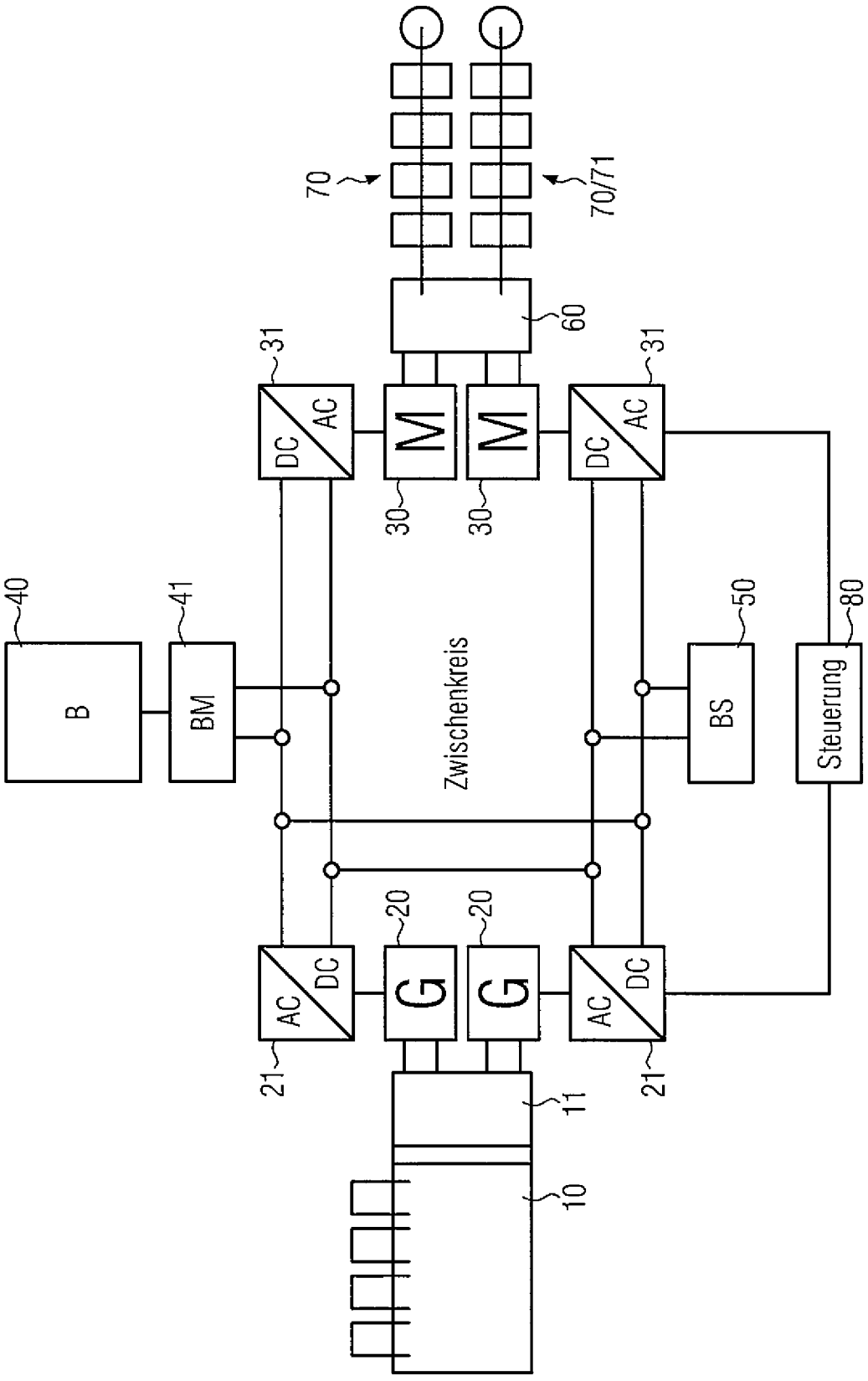

70
70/71
60
31
DC
AC
M
M
30
30
31
40
41
B
BM
Zwischenkreis
50
BS
80
Steuerung
20
20
AC
DC
G
G
AC
DC
21
21
11
10

FIG. 1

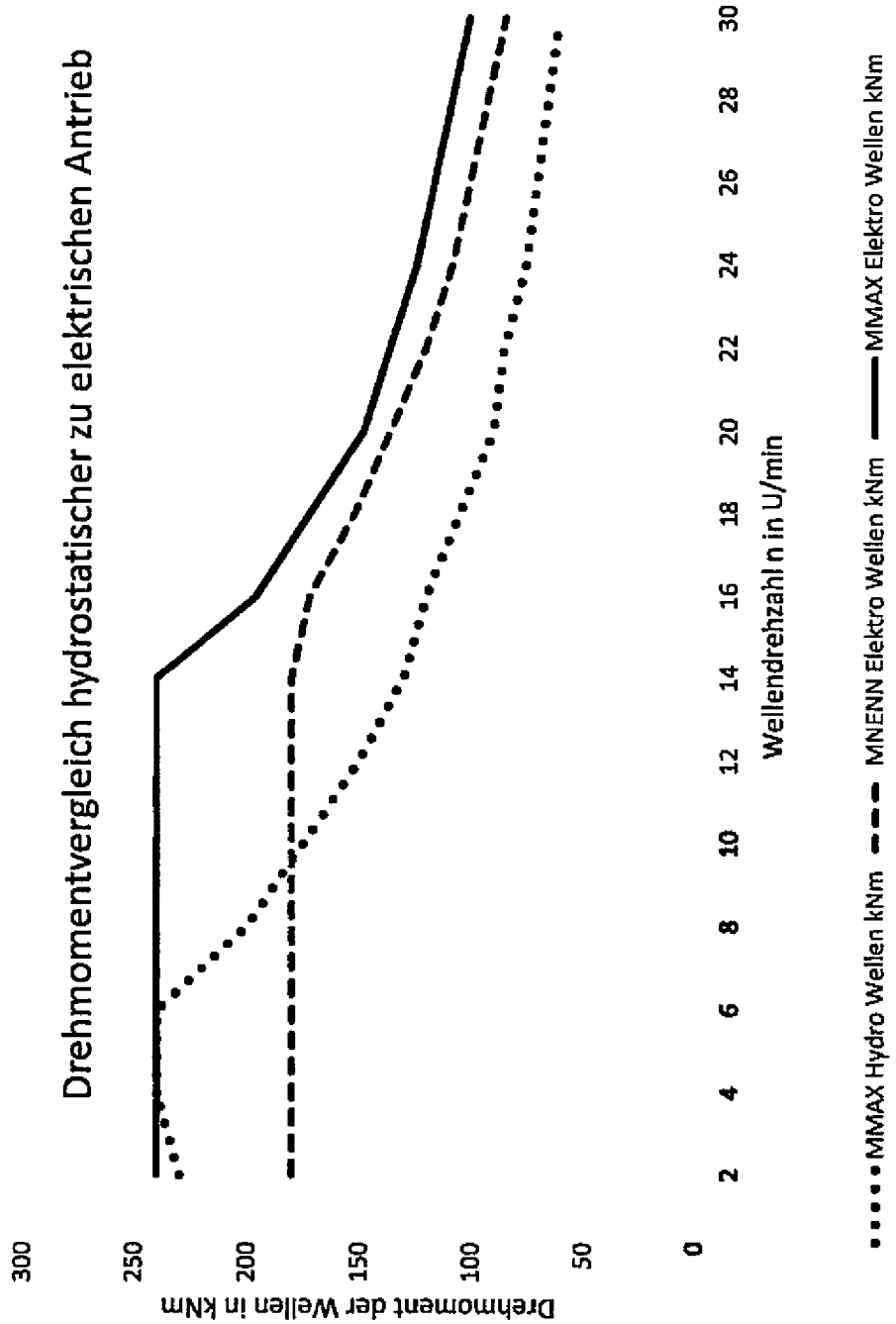

Drehmomentvergleich hydrostatischer zu elektrischen Antrieb
Drehmoment der Wellen in kNm
300
250
200
150
100
50
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
Wellendrehzahl n in U/min
MMAX Hydro Wellen kNm
MNENN Elektro Wellen kNm
MMAX Elektro Wellen kNm

FIG. 2

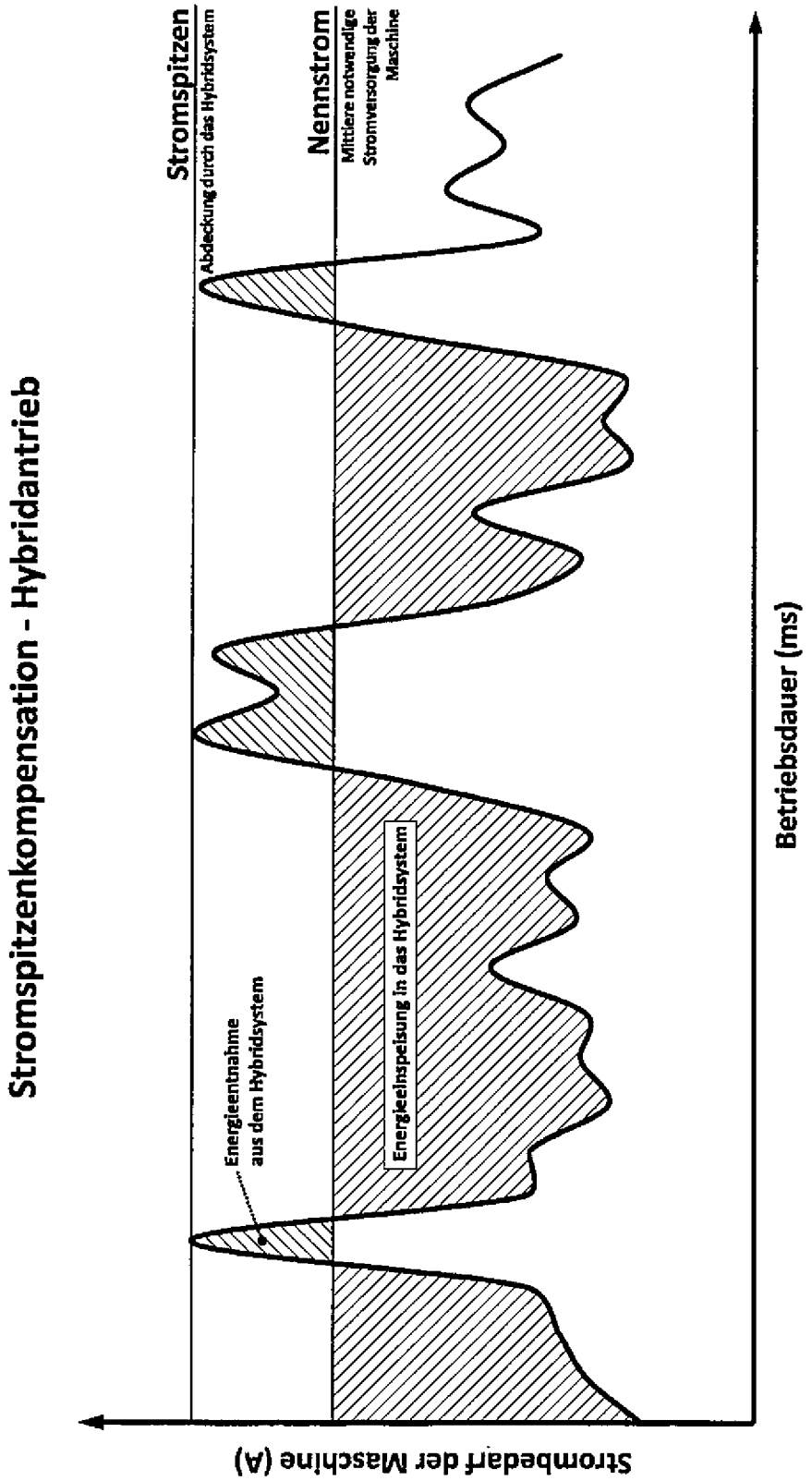

Stromspitzenkompensation - Hybridantrieb
Stromspitzen
Abdeckung durch das Hybridsystem
Nennstrom
Mittlere notwendige Stromversorgung der Maschine
Energieentnahme aus dem Hybridsystem
Energieeinspeisung in das Hybridsystem
Betriebsdauer (ms)
Strombedarf der Maschine (A)

FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/062391

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B02C4/42 B02C13/30 B02C18/14 B02C18/24
ADD.

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)
B02C

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012/234949 A1 (MOREY MICHAEL BOYD [US]) 20 September 2012 (2012-09-20)	1-15
Y	paragraphs [0060] - [0101]; figures	8

Y	WO 2014/039603 A1 (NEWTON ENGINE CORP [US]) 13 March 2014 (2014-03-13)	8
A	figures	1-7,9-15

A	US 2011/240778 A1 (YAMAMOTO DAVID [CA] ET AL) 6 October 2011 (2011-10-06) figures	1-15

A	US 2013/313351 A1 (BEAM III DENNIS A [US]) 28 November 2013 (2013-11-28) figures	1-15

☐ 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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
1 August 2017	10/08/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Kopacz, Ireneusz

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/062391

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012234949 A1	20-09-2012	EP 2614705 A1	17-07-2013
		US 2012234949 A1	20-09-2012
WO 2014039603 A1	13-03-2014	NONE	
US 2011240778 A1	06-10-2011	NONE	
US 2013313351 A1	28-11-2013	US 2013313351 A1	28-11-2013
		US 2017043350 A1	16-02-2017

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/062391

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B02C4/42 B02C13/30 B02C18/14 B02C18/24
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B02C

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)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2012/234949 A1 (MOREY MICHAEL BOYD [US]) 20. September 2012 (2012-09-20)	1-15
Y	Absätze [0060] - [0101]; Abbildungen	8

Y	WO 2014/039603 A1 (NEWTON ENGINE CORP [US]) 13. März 2014 (2014-03-13)	8
A	Abbildungen	1-7,9-15

A	US 2011/240778 A1 (YAMAMOTO DAVID [CA] ET AL) 6. Oktober 2011 (2011-10-06) Abbildungen	1-15

A	US 2013/313351 A1 (BEAM III DENNIS A [US]) 28. November 2013 (2013-11-28) Abbildungen	1-15

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"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)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"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
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"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
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
1. August 2017	10/08/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Kopacz, Ireneusz

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/062391

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012234949 A1	20-09-2012	EP 2614705 A1	17-07-2013
		US 2012234949 A1	20-09-2012
WO 2014039603 A1	13-03-2014	KEINE	
US 2011240778 A1	06-10-2011	KEINE	
US 2013313351 A1	28-11-2013	US 2013313351 A1	28-11-2013
		US 2017043350 A1	16-02-2017