



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.03.2024 Patentblatt 2024/11

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F02D 41/14^(2006.01) E02F 9/22^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23186954.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F02D 41/1497; E02F 9/2235; E02F 9/2246;
F02D 2250/26

(22) Anmeldetag: **21.07.2023**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Farthofer, Dieter**
4052 Ansfelden (AT)
• **Edlbauer, Georg**
4212 Neumarkt (AT)
• **Koppensteiner, Georg**
3931 Schweiggers (AT)

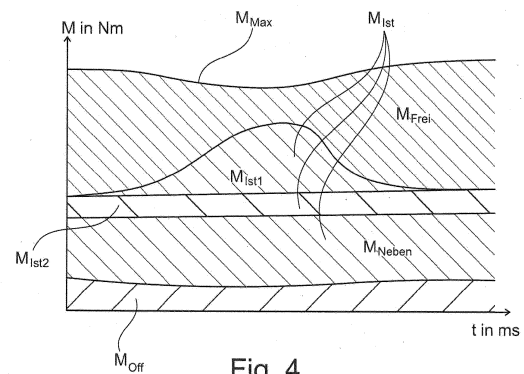
(30) Priorität: **07.09.2022 DE 102022122738**

(74) Vertreter: **Otten, Roth, Dobler & Partner mbB**
Patentanwälte
Großtobeler Straße 39
88276 Berg / Ravensburg (DE)

(71) Anmelder: **Wacker Neuson Linz GmbH**
4063 Hörsching (AT)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER MOBILEN ARBEITSMASCHINE**

(57) Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer mobilen Arbeitsmaschine, wobei wenigstens eine zumindest einen Maximal-Parameter aufweisende Antriebseinheit zum Antreiben wenigstens eines ersten Hauptverbrauchers und zum Antreiben wenigstens eines zweiten Hauptverbrauchers und zum Antreiben wenigstens eines Nebenverbrauchers verwendet wird, wobei wenigstens eine Kontrolleinheit verwendet wird, vorgeschlagen, die wenigstens teilweise die Nachteile des Standes der Technik verbessert bzw. insbesondere mit Hilfe eines sog. "Power-Managements" die Hauptverbraucher so zu steuern, dass der Motor genügend Drehmoment zur Verfügung stellen kann. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass eine Ist-Parameter-Differenz zwischen dem Maximal-Parameter der Antriebseinheit und einer Summe wenigstens eines ersten Ist-Parameters des ersten Hauptverbrauchers und eines zweiten Ist-Parameters des zweiten Hauptverbrauchers sowie eines dritten Ist-Parameters des wenigstens einen Nebenverbrauchers gebildet wird, dass wenigstens eine Hauptverbraucher-Ist-Parameter-Summe gebildet wird, die wenigstens aus einem ersten Ist-Parameter des ersten Hauptverbrauchers und aus einem zweiten Ist-Parameter des zweiten Hauptverbrauchers gebildet wird, und dass ein erster Anteil des ersten Ist-Parameters des ersten Hauptverbrauchers an der Hauptverbraucher-Ist-Parameter-Summe und ein zweiter Anteil des zweiten Ist-Parameters des zweiten Hauptverbrauchers an der Hauptverbraucher-Ist-Parameter-Summe verwendet wird, wobei die Ist-Parameter-Differenz wenigstens in den ersten Anteil und den zweiten Anteil aufgeteilt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer mobilen Arbeitsmaschine, wobei wenigstens eine zumindest einen Maximal-Parameter aufweisende Antriebseinheit nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Angesichts der strengen Regulierungen bezüglich der Reduzierung von Emissionen sind die Entwickler von selbstfahrenden Arbeitsmaschinen gezwungen, ökonomische als auch ökologische Anforderungen zu priorisieren. Um Ressourcen aller Art zu schonen und Emissionen zu verringern, ist das Downsizen von Verbrennungsmotoren erforderlich. Jedoch entstehen dadurch neue Herausforderungen, der Motor muss mit seinen Verbrauchern bestens abgestimmt sein.

[0003] Eine Schwierigkeit der Leistungsverteilung ist, dass das vom Motor zur Verfügung gestellte maximale Drehmoment von mehreren Faktoren abhängig ist. Der in den Brennraum zugeführte Sauerstoffgehalt bei Verbrennungsmotoren ist ein wesentlicher Faktor für die Leistung und somit auch für das verfügbare Drehmoment. Etwa sinkt die Motorleistung mit zunehmender Meereshöhe, womit die maximale Leistung auch vom Einsatzort abhängig ist. Weitere Einflussfaktoren sind etwa die Temperatur der zugeführten Luft in den Brennraum. Nicht außer Acht gelassen werden darf das Ansprechverhalten eines Verbrennungsmotors mit Turbolader. Bei einem Lastwechsel, ausgehend von einer niedrigen Last, benötigt der Turbolader eine gewisse Zeit, um auf Drehzahl zu kommen, um genügend Ladedruck aufzubauen. In diesem Fall kann das maximale Drehmoment nicht am Beginn des Lastwechsels zur Verfügung gestellt werden, sondern erst zeitlich verzögert. Aus diesen genannten Gründen variiert der Motor sein maximales verfügbares Drehmoment ständig. Aber nicht nur der Motor verändert seine maximale Leistung, auch die Leistungsanforderung seiner Verbraucher ändert sich stetig.

[0004] Verbraucher von Motoren werden üblicherweise in Haupt- und Nebenverbraucher unterteilt. Hauptverbraucher einer Arbeitsmaschine sind etwa die Arbeitspumpe und die Fahrpumpe. Die Hauptverbraucher versorgen sozusagen die wichtigsten Funktionen der Maschine, die der Bediener direkt beeinflussen kann. Hingegen haben die Nebenverbraucher im Allgemeinen eine untergeordnete Rolle, diese sind notwendig für die Grundfunktionen der Maschine. Auch parasitäre Lasten werden in die Kategorie der Nebenverbraucher eingeteilt. Der Bediener kann gewöhnlicherweise nur indirekt die Nebenverbraucher ansteuern. Beispiele für Nebenverbraucher sind etwa die Zahnradpumpe zur Versorgung des Brems- und Lenkungssystem oder die Reibung zwischen beweglichen Pumpenteilen.

[0005] Die Verbraucher werden im Allgemeinen über die Antriebswelle oder über den Nebenantrieb vom Motor versorgt. Das vom Motor generierte Drehmoment muss somit auf die Hauptverbraucher sowie auf die Nebenverbraucher aufgeteilt werden. Nicht nur die Drehmomenten-Anforderungen der Hauptverbraucher ändert sich stetig, sondern auch die der Nebenverbraucher. Als Beispiel für dynamische Nebenverbraucher ist z.B. der drehzahlvariable Lüfter zu nennen. Hingegen sind etwa Reibungen im Lager als statische Nebenverbraucher zu kategorisieren.

[0006] Die Schwierigkeit hierbei ist, dass die stets ändernde Summe der Drehmomente aller Haupt- und Nebenverbraucher immer kleiner oder gleich dem maximal zur Verfügung gestellten Motor-Drehmoment sein muss. Besteht einer Verletzung dieser Regel, wird der Motor möglicherweise ungewollt zum Stillstand gebracht.

[0007] Ein weiteres Problem sind die toleranzbehafteten Unterschiede der Komponenten, die in einer Arbeitsmaschine verbaut sind. Aufgrund der Toleranzen unterscheiden sich die Motoren der gleichen Baureihe hinsichtlich deren Wirkungsgrade und dadurch in deren maximalen Leistungen. Selbiges trifft für Verbraucher zu, wobei beispielsweise bei Axialkolben-Verstellpumpen noch hinzukommt, dass deren Wirkungsgrad im neuen Zustand gering ist und mit zunehmenden Betriebsstunden steigt.

[0008] Angesichts der möglichen Konstellationen aus Motor und Verbrauchern kann sich die maximale Nutzleistung von Arbeitsmaschinen gleicher Baureihe unterscheiden beziehungsweise mit der Betriebszeit ändern. Aus diesem Grund benötigt jede Maschine eine individuelle Justierung seiner Leistungsregler oder es wird eine einheitliche Einstellung aller Maschinen gewählt, bei der auch eine Worst-Case-Kombination aus Motor und Verbrauchern noch einwandfrei funktioniert. Bei letzterer Lösung kann jedoch die Performance vom Großteil der Maschinen nicht maximal ausgenutzt werden.

Aufgabe und Vorteile der Erfindung

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, ein Verfahren zum Betreiben einer mobilen Arbeitsmaschine vorzuschlagen, die wenigstens teilweise die Nachteile des Standes der Technik verbessert bzw. insbesondere mit Hilfe eines sog. "Power-Managements" die Hauptverbraucher so zu steuern, dass der Motor (immer) genügend Drehmoment zur Verfügung stellen kann bzw. sicherstellen, dass jedem Verbraucher stets ausreichend Leistung zur Verfügung steht, so dass möglichst keiner der Verbraucher in Unterversorgung gerät, wodurch die Maschine vollständig einsatzfähig in allen Betriebspunkten bleibt, und/oder dass dynamische Lastwechsel durch Verbraucher auf den Motor abgestimmt

werden können und/oder dass eine Umsetzung eines einstellbaren energiesparenden Betriebszustandes (sog. "ECO Mode") realisiert werden kann und/oder dass Leistungsunterschiede aufgrund von Bauteiltoleranzen der Komponenten (automatisch) ausgeglichen werden können.

[0010] Diese Aufgabe wird, ausgehend von einem Verfahren zum Betreiben einer mobilen Arbeitsmaschine der einleitend genannten Art, durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Durch die in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung möglich.

[0011] Dementsprechend zeichnet sich ein erfindungsgemäßes Verfahren dadurch aus, dass eine Ist-Parameter-Differenz zwischen dem Maximal-Parameter der Antriebseinheit und einer Summe wenigstens eines ersten Ist-Parameters des ersten Hauptverbrauchers und eines zweiten Ist-Parameters des zweiten Hauptverbrauchers sowie eines dritten Ist-Parameters des wenigstens einen Nebenverbrauchers gebildet wird, dass wenigstens eine Hauptverbraucher-Ist-Parameter-Summe gebildet wird, die wenigstens aus einem ersten Ist-Parameter des ersten Hauptverbrauchers und aus einem zweiten Ist-Parameter des zweiten Hauptverbrauchers gebildet wird, und dass ein erster Anteil des ersten Ist-Parameters des ersten Hauptverbrauchers an der Hauptverbraucher-Ist-Parameter-Summe und ein zweiter Anteil des zweiten Ist-Parameters des zweiten Hauptverbrauchers an der Hauptverbraucher-Ist-Parameter-Summe verwendet wird, wobei die Ist-Parameter-Differenz wenigstens in den ersten Anteil und den zweiten Anteil aufgeteilt wird.

[0012] Mit Hilfe dieser Maßnahme wird erreicht, dass die Hauptverbraucher, die in besonderer Weise für die Arbeitsmaschine von Bedeutung sind, entsprechend ihrem jeweiligen, aktuellen Anteil am zur Verfügung gestellten Drehmoment und/oder Leistung oder dergleichen entsprechend versorgt werden können. Dies verhindert wirkungsvoll, dass einer der zwei oder mehreren Hauptverbraucher nur unzureichend versorgt bzw. betrieben werden können.

[0013] Vorteilhafterweise wird der Maximal-Parameter der Antriebseinheit als eine Summe wenigstens eines Maximal-Ist-Parameters der Antriebseinheit und eines Offset-Ist-Parameters gebildet, wobei wenigstens der Offset-Ist-Parameter eine Abhängigkeit von einer Drehzahl der Antriebseinheit aufweist. Mittels des vorteilhaften Offset-(Ist-)Parameters wird eine gewisse Toleranz bzw. Reserve generiert/verwendbar. So kann z.B. eine kurzfristige und/oder abrupte Änderung des benötigten Drehmomentes und/oder der Leistung der Verbraucher in vorteilhafter Weise "abgefedert" bzw. kompensiert werden, ohne dass eine "Unterversorgung" eines der Haupt-/Verbraucher entsteht.

[0014] Auch kann hiermit eine Anpassung an z.B. die sich ändernde maximale Leistung bzw. das maximale Drehmoment der Antriebseinheit bzw. des Antriebsmotors, insb. Verbrennungs-/Diesel-Motors, in Abhängigkeit der Drehzahl und/oder eine Anpassung an unterschiedliche Herstellungstoleranzen der in der Arbeitsmaschine verwendeten Komponenten, d.h. der Antriebseinheit bzw. des Motors und/oder der Haupt- und/oder der Neben-/Verbraucher und/oder der unterschiedlichen Verluste bzw. Reibungen/Widerständen von sich bewegenden Elementen/Komponenten realisiert werden.

[0015] Dementsprechend können gerade auch mit dem vorteilhaften Offset-(Ist-) Parameter eine sehr hohe dynamische Änderung des/der Parameter ausgeglichen werden und/oder Leistungsunterschiede aufgrund von Bauteiltoleranzen der Komponenten (automatisch) ausgeglichen werden. So bleibt die Maschine vollständig einsatzfähig in allen möglichen Betriebspunkten und auch in allen Arbeitsmaschinen, insb. auch trotz Bauteil-/Herstellungstoleranzen.

[0016] In einer vorteilhaften Variante der Erfindung wird wenigstens ein erstes Parameter-Limit des ersten Hauptverbrauchers zum Begrenzen des ersten Ist-Parameters und/oder wenigstens ein zweites Parameter-Limit des zweiten Hauptverbrauchers zum Begrenzen des zweiten Ist-Parameters verwendet. Durch das vorteilhafte Limit bzw. der Begrenzung des Ist-/Parameters wird verhindert, dass eine Unterversorgung entstehen kann. Dies verbessert die Betriebsweise der Arbeitsmaschine zusätzlich und stellt sicher, dass der Motor (immer) genügend Drehmoment zur Verfügung stellen kann, dass jedem Verbraucher stets ausreichend Leistung zur Verfügung steht, so dass möglichst keiner der Verbraucher in Unterversorgung gerät, wodurch die Maschine vollständig einsatzfähig in allen Betriebspunkten bleibt, und dass dynamische Lastwechsel durch Verbraucher auf den Motor abgestimmt werden können.

[0017] Vorteilhafterweise wird das erste Parameter-Limit des ersten Hauptverbrauchers wenigstens aus einer Summe des ersten Ist-Parameters des ersten Hauptverbrauchers und der Ist-Parameter-Differenz multipliziert mit dem ersten Anteil gebildet und/oder das zweite Parameter-Limit des zweiten Hauptverbrauchers wenigstens eine Summe des zweiten Ist-Parameters des zweiten Hauptverbrauchers und der Ist-Parameter-Differenz multipliziert mit dem zweiten Anteil gebildet. Hiermit wird in vorteilhafter Weise eine anteilige Aufteilung der Differenz bzw. des verteilbaren Parameters wie des Drehmomentes bzw. Leistung erreicht. So können die Hauptverbraucher, die in besonderer Weise für die Arbeitsmaschine von Bedeutung sind, entsprechend ihrem jeweiligen, aktuellen Anteil am zur Verfügung gestellten Drehmoment und/oder Leistung oder dergleichen entsprechend versorgt werden. Dies verhindert wirkungsvoll, dass einer der zwei oder mehreren Haupt-/Verbraucher nur unzureichend versorgt bzw. betrieben werden können.

[0018] Vorzugsweise ist die Summe aller Anteile eins. Demzufolge erfolgt eine vollständige Aufteilung des zur Verfügung stehenden Ist-Parameters wie der Leistung und/oder des Drehmomentes.

[0019] Vorteilhafterweise werden wenigstens die ersten und zweiten Anteile in Abhängigkeit des Ist-Betriebes verändert. Somit kann in vorteilhafter Weise eine Anpassung an den aktuellen Ist-Betrieb verwirklicht werden.

[0020] Beispielsweise wird der erste Hauptverbraucher als eine erste Hydraulikpumpe ausgebildet und/oder zum Betreiben eines Antriebs-elementes, z.B. Antriebsrad/-walze und/oder Kettenfahrwerk oder Vibrationselement verwen-

det. Ebenso kann z.B. der zweite Hauptverbraucher als eine zweiten Hydraulikpumpe ausgebildet und/oder zum Betreiben einer Hubeinrichtung, insb. Hubarm, Greifarm, Teleskoparm oder dergleichen, und/oder eines Arbeitswerkzeuges, z.B. einer Greif-/Schaufel, Gabel, eines Vibrationselementes, einer Fräse, eines Räumschildes oder dergleichen, und/oder einer Werkzeugaufnahme zur Aufnahme des Arbeitswerkzeuges verwendet werden. So sind die besonderen

Funktionen der Arbeitsmaschinen erfasst.

[0021] Zum Beispiel wird die elektronische Kontrolleinheit zum Kontrollieren der Antriebseinheit und/oder des ersten Hauptverbrauchers und/oder des zweiten Hauptverbrauchers und/oder des Nebenverbrauchers und/oder der Hubeinrichtung und/oder des Arbeitswerkzeuges und/oder der Werkzeugaufnahme ausgebildet und/oder das Bedienelement als Fußpedal, sog. Joystick, Tastatur, Touchscreen und/oder Touchpad ausgebildet wird und/oder zum manuellen Bedienen/Betätigen von einer Bedienperson und/oder zur Vorgabe eines Soll-Parameters der Hubeinrichtung und/oder des Arbeitswerkzeuges und/oder der Werkzeugaufnahme durch die Bedienperson verwendet. Hiermit können in vorteilhafter Weise bereits vorhandene Komponenten der Arbeitsmaschine für die Erfindung verwendet/eingesetzt werden. Dies reduziert den Aufwand, insb. den finanziellen und konstruktiven Aufwand.

[0022] Vorteilhafterweise wird der Sensor zur Erfassung eines Ist-Parameters der Antriebseinheit und/oder des ersten Hauptverbrauchers und/oder des zweiten Hauptverbrauchers und/oder des Nebenverbrauchers und/oder der ersten Hydraulikpumpe und/oder zweiten Hydraulikpumpe und/oder Hubeinrichtung und/oder des Arbeitswerkzeuges und/oder der Werkzeugaufnahme ausgebildet. Demzufolge können die vorteilhaften Parameterwerte präzise und aktuell erfasst und für die Erfindung verwendet werden.

[0023] Gemäß der Erfindung wird auch wirkungsvoll verhindert, dass wie beim Stand der Technik nicht das aktuell benötigte Drehmoment aller Hauptverbraucher bekannt ist und aus diesem Grund beispielsweise keine geschlossene Gleichung zur Bildung der Beziehung zwischen dem Motordrehmoment, dem Drehmoment der Hauptverbraucher und der Nebenverbraucher aufgestellt werden kann.

[0024] Diese Gleichung ist wie folgt definiert: $\text{Motordrehmoment} = \text{Hauptverbraucher-Drehmoment} + \text{Nebenverbraucher-Drehmoment} (1)$

[0025] So kann beim Fehlen der aktuellen Drehmomente kein Verhältnis zwischen den Hauptverbrauchern selbst gebildet werden, andererseits kann kein Drehmomenten-Limit vorgegeben werden, da hierfür die hardwaretechnischen und softwaretechnischen Möglichkeiten fehlen. Das Bilden eines Drehmomenten-Verhältnisses sowie das Bilden eines Drehmomenten-Limits ist dann notwendig, wenn bei Arbeitsmaschinen mehrere Hauptverbraucher gleichzeitig betätigt sind und der Motor bereits vollständig ausgelastet ist. Es kann der Fall eintreten, dass einer der Hauptverbraucher zu viel Leistung bezieht und dadurch ein weiterer Verbraucher im System unterversorgt wird. Ein Stillstand des unterversorgten Hauptverbrauchers ist die Folge.

[0026] In der Regel kann der Bediener von Arbeitsmaschinen bislang einen ökologischen Betriebsmodus (ECO-Mode) auswählen, der die Maschine in einem energiesparenden Zustand arbeiten lässt. Für einen sparsamen Kraftstoffverbrauch muss darauf geachtet werden, dass der Motor eine konstante Motordrehzahl beibehält und Drehzahleinbrüche durch schlagartige Lastwechsel vermeidet. Die Umsetzung des ECO Modes ist bislang nur zum Teil mithilfe der Leistungsregler der Hauptverbraucher möglich. Der Leistungsregler kann etwa bei Axialkolben-Verstellpumpen nur in einem gewissen Bereich zurückgenommen werden. Jedoch ist eine weitere Reduzierung erforderlich beziehungsweise gewünscht.

[0027] Darüber hinaus ist es bislang nicht möglich, mithilfe des Leistungsreglers der Hauptverbraucher sprunghafte Lastwechsel abzufedern, was für einen sparsamen Kraftstoffverbrauch essenziell ist.

[0028] Vorteilhafterweise werden die Zustandsgrößen von einem Motorsteuergerät als Kontrolleinheit ausgelesen und ausgewertet. Am Steuergerät wird z.B. ein Algorithmus ausgeführt, der ein generiertes Drehmoment mit der Berücksichtigung der Betriebsrandbedingungen berechnet, wobei beispielsweise der Luftmassenstrom und die eingespritzte Kraftstoffmenge miteinander berechnet werden. In der Regel werden mehrere Drehmoment-Signale durch das Motorsteuergerät zur Verfügung gestellt, die relevanten Signale sind z.B. folgende:

- Actual Maximum Available Engine Torque at Current Speed
- Actual Maximum Available Engine Torque ($M_{\max}$)
- Actual Engine Torque (M_{Ist})

[0029] Ersteres Signal ist das aktuell maximal zur Verfügung gestellte Motordrehmoment bei der aktuellen Drehzahl. Das ist das Drehmoment, welches durch die Verbraucher in naher Zukunft abgenommen werden kann. Zweites ist das aktuell maximal zur Verfügung gestellte Motordrehmoment jedoch auf den maximalen Drehmomenten-Peak bezogen. Letzteres Signal ist das aktuelle Motordrehmoment, welches gerade an der Antriebswelle wirkt. Dieses Signal setzt sich zusammen aus der Drehmomenten-Summe aller Verbraucher. Nachfolgen sind in vorteilhafter Weise diverse Verbraucher einer exemplarischen Arbeitsmaschine aufgelistet:

- Arbeitspumpen

- Zahnradpumpen
- Fahrpumpen (hydrostatischer Fahrtrieb)
- Lichtmaschine
- Klimakompressor
- 5 • Drehzahlvariabler Lüfter
- Motorreibungen
- etc.

10 **[0030]** Damit z.B. der Antriebs-/Verbrennungsmotor so effizient wie möglich bei Volllast ausgelastet wird, sollte die Differenz zwischen dem maximal zur Verfügung gestellte Motordrehmoment und dem aktuellen Motordrehmoment null sein. Hierfür müssen sich die Verbraucher auf die dynamischen Änderungen schnell genug einstellen können. Diese Anforderung erfüllt beispielsweise eine Axialkolben-Verstellpumpe im offenen Kreislauf, ausgestattet mit einem elektrohydraulischen Regelventil. Mittels Proportionalwegeventil wird der Schwenkwinkel bzw. die Schwenkwinkelgeschwindigkeit der Verstellpumpe geregelt. Die Pumpe selbst ist mit einem Schwenkwinkelsensor und einem Drucksensor

15 ausgestattet. Mit diesen Zustandsgrößen wird in vorteilhafter Weise unter anderem das momentan bezogene Drehmoment zur Aufbringung der hydraulischen Leistung berechnet und über eine elektronische Schnittstelle, wie etwa über einen CAN-Bus oder dergleichen, als Information bereitgestellt. Jedoch werden im Allgemeinen nicht nur Daten/Informationen als Signale gesendet, es können auch Grenzwerte bzw. Stellgrößen der Pumpe vorgegeben werden.

20 **[0031]** Einer der Grenzwerte ist z.B. das maximale Drehmomenten-Limit der Pumpe. Sobald das abgegebene Pumpendrehmoment das vorgegebene Limit erreicht, schwenkt die Pumpe zurück bzw. schwenkt nicht weiter aus. Die maximale Leistung der Arbeitshydraulik kann somit hochdynamisch verändert und limitiert werden. Die Funktionsweise der hydrostatischen Fahrtriebe, welche sich aus einer Axialkolben-Verstellpumpe im geschlossenen Kreislauf als Fahrpumpe und einem Axialkolben-Verstellmotor als Fahrmotor zusammensetzt, trifft Ähnliches zu. Es kann dynamisch ein Drehmomenten-Limit über eine elektronische Schnittstelle vorgegeben werden und das aktuell abgegebene Drehmoment wird als Information bereitgestellt. Diese beispielhaften Eigenschaften der Datenübertragung sind von großem

30 Ausführungsbeispiel

[0032] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird anhand der Figuren nachfolgend näher erläutert.

[0033] Im Einzelnen zeigt:

35 **Figur 1** ein schematisches Schaubild einer Zusammensetzung eines aktuellen Motordrehmoments einer Arbeitsmaschine gemäß der Erfindung,

Figur 2 ein schematisches Schaubild einer Motor-Drehmomenten-Kennlinie in Abhängigkeit der Motordrehzahl,

40 **Figur 3** ein schematisches Schaubild eines aus der Kennlinie gemäß Figur 2 resultierenden Drehmomenten-Offsets,

Figur 4 ein schematisches Schaubild einer Zusammensetzung eines aktuell maximal zur Verfügung gestellten Motordrehmoments und

45 **Figur 5** schematisch dargestelltes Blockschaltbild eines exemplarischen Signalfusses von einem Leistungsmanagement einer selbstfahrenden Arbeitsmaschine gemäß der Erfindung.

[0034] Figur 5 zeigt beispielhaft ein schematisches Blockschaltbild eines sog. Leistungsmanagement einer selbstfahrenden, mobilen Arbeitsmaschine. Hierbei treibt ein Verbrennungsmotor 30 bzw. Dieselmotor 30 einen ersten Hauptverbraucher 1 bzw. eine Arbeitspumpe 1 sowie einen zweiten Hauptverbraucher 2 bzw. Fahrpumpe 2 als auch einen ersten Nebenverbraucher 41 bzw. Klimakompressor 41 und einen zweiten Nebenverbraucher 42 bzw. Zahnradpumpe 42 an.

50 **[0035]** Dem Dieselmotor 30 ist ein Motorsteuergerät 31 zugeordnet, zwischen denen Signale ausgetauscht werden, einerseits Signale 32 vom Motor 30 an das Steuergerät 31 wie z.B. Temperatur, Luftdruck, Ist-Motordrehzahl etc. und andererseits Signale 33 vom Steuergerät 31 zum Motor 30 wie z.B. Soll-Motordrehzahl etc.. Vom Steuergerät 31 werden Signale 34 an einen (gemeinsamen) Bus 51 weitergeleitet wie z.B. M_{Ist} , M_{max} , Drehzahl n etc.. Der Bus 51 kommuniziert bzw. tauscht Signale 52 mit einem Maschinensteuergerät 50 bzw. einer Kontrolleinheit 50 aus.

[0036] Grundsätzlich oder gemäß dem in Figur 5 dargestellten Beispiel sind den bzw. jedem Hauptverbraucher 1, 2

bis N jeweils ein eigenes bzw. separates Steuergerät 11, 21 bis N1 zugeordnet und es besteht in vorteilhafter Weise eine bidirektionale Verbindung bzw. bidirektionale Signale 12 für z.B. Schwenkwinkel, Arbeitsdruck etc. und Signale 13 für z.B. Steuerstrom bzw. Signale 22 für z.B. Schwenkwinkel, Arbeitsdruck etc. und Signale 23 für z.B. Steuerstrom zwischen diesen. Zudem ist besteht in vorteilhafter Weise eine bidirektionale Verbindung bzw. bidirektionale Signale 14 für M_{Ist1} , Signale 15 für ein erstes Drehmomenten-Limit M_{Lim1} bzw. Signale 24 für M_{Ist2} , Signale 25 für ein zweites Drehmomenten-Limit M_{Lim2} 25 zwischen den Hauptverbraucher-Steuergeräten 11, 21 und dem Bus 51.

[0037] Grundsätzlich oder gemäß dem in Figur 5 dargestellten Beispiel weisen die Nebenverbraucher 41 bis 4N keine eigenen Steuergeräte auf. Dies ist in vorteilhafter Weise ein Unterschied bzw. Gewichtung/Wertung zwischen Haupt- 1, 2 und Nebenverbraucher 41, 42.

[0038] Ein Drehmomenten-Management einer selbstfahrenden Arbeitsmaschine gemäß der Erfindung verfolgt u.a. das Ziel, das verfügbare Motordrehmoment M_{Ist} in vorteilhafter Weise auf alle Hauptverbraucher 1, 2 in benutzerdefinierten Anteilen zur Verfügung zu stellen. Das Motordrehmoment M_{Ist} wird aufgeteilt auf die Nebenverbraucher 41, 42 sowie auf die Hauptverbraucher 1, 2 (vgl. Figur 1 und 5).

[0039] Nachfolgend wird das aktuelle abgenommene Drehmoment M der Nebenverbraucher 41, 42 als aktuelles Nebenverbraucher-Drehmoment M_{Neben} bezeichnet werden. Berechnet wird dieses Drehmoment wie folgt:

$$M_{Neben} = M_{Ist} - M_{Ist1} - M_{Ist2} - \dots - M_{IstN} \quad (2),$$

wobei M_{Ist1} bis M_{IstN} das aktuelle Drehmoment aller Hauptverbraucher 1, 2 bis N beschreibt. So werden in Figur 1 exemplarisch die Drehmomentenverläufe über die Zeit grafisch dargestellt. Das in Figur 1 dargestellte Motordrehmoment M_{Ist} setzt sich im vorliegenden, vorteilhaften Beispiel aus zwei Hauptverbraucher 1, 2 und den Nebenverbrauchern 41, 42 zusammen.

[0040] Der erste Hauptverbraucher 1 bezieht seine Last M_{Ist1} kurzfristig (vgl. "Hügel" in Figur 1), hingegen nimmt der zweite Hauptverbraucher 2 eine konstante Last M_{Ist2} ab. Da die Drehmomente der Hauptverbraucher 1, 2 in vorteilhafter Weise bekannt sind, geht durch die Anwendung der o.g. Gleichung (2) das Drehmoment M_{Neben} der Nebenverbraucher 41, 42 hervor. Schaltet der Bediener einen Nebenverbraucher 41 oder 42 wie etwa die Klimaanlage ein, steigt das aktuelle Motordrehmoment M_{Ist} an und somit auch der Anteil von M_{Neben} . In Figur 1 ist zur Veranschaulichung jedoch nicht ein/der Nebenverbraucher 41, sondern wie oben dargelegt, einer der Hauptverbraucher M_{Ist1} mit sich kurzzeitig höherem Drehmomentenbedarf dargestellt (vgl. o.g. "Hügel"), z.B. bei einem Anheben eines Hubarmes mit großem Gewicht, d.h. einem höheren Drehmomentenbedarf der Arbeitspumpe 1, um einen Baggerarm mit befüllter Schaufel oder dergleichen anzuheben.

[0041] Des Weiteren kann das den Hauptverbrauchern 1, 2 zur Verfügung stellbare Drehmoment M_{Frei} berechnet werden. Berechnet wird es wie folgt:

$$M_{Frei} = M_{Max} - M_{Ist} - M_{Off}(n), \quad (3)$$

wobei M_{Off} als Drehmomenten-Offset-Limit bezeichnet wird. Diese Größe ist abhängig von der aktuellen Motordrehzahl (n), wodurch sich die Drehzahl-Drehmomenten-Abhängigkeit des Motors definiert lässt (vgl. Figur 2). Das ist notwendig, sobald die Motordrehzahl n an der Arbeitsmaschine verändert wird. Üblicherweise kann ein Verbrennungsmotor 30 wenig Drehmoment M im niedrigen Drehzahlbereich generieren, weshalb hier der Wert von M_{Off} hoch sein muss. Hingegen ist der Wert von M_{Off} an der Stelle vom Drehmomenten-Peak niedrig oder null (vgl. Figur 2).

[0042] Das Drehmoment M über die Drehzahl n eines Diesellaggregats 30 ist in der Figur 2 als Beispiel dargestellt. Der Drehmomenten-Peak hat z.B. einen Wert von 300 Nm und liegt bei einer Drehzahl von 1600 U/min. In diesem Arbeitspunkt kann der Motor 30 sein maximales Drehmoment $M_{Max-all}$ zur Verfügung stellen. Jedoch ist das zur Verfügung stellbare Drehmoment M_{Max} geringer, sobald die Drehzahl n von 1600 U/min abweicht. 250 Nm kann bei einer Drehzahl n von 1000 U/min beispielsweise zur Verfügung gestellt werden. Die Differenz zwischen dem Drehmomenten-Peak $M_{Max-all}$ und dem Arbeitspunkt (Ist) bei 1000 U/min muss mit dem M_{Off} ausgeglichen werden. In diesem Fall muss M_{Off} einen Wert von z.B. 50 Nm annehmen. Der Bereich zwischen der 300 Nm-Linie und der Kurve stellt den Anteil von M_{Off} über die Motordrehzahl n dar. In der Figur 3 ist der Verlauf von M_{Off} über die Motordrehzahl n nochmals gesondert veranschaulicht.

[0043] Das Drehmomentenverhältnis, welches durch die Gleichung (3) definiert ist, ist schematisch in Figur 4 dargestellt. Das aktuelle Motordrehmoment M_{Ist} nimmt aufgrund eines Verbrauches bzw. des ersten Hauptverbrauchers 1 zu und nimmt folglich wieder ab - mittig ist eine Drehmomentenzunahme ersichtlich (vgl. o.g. "Hügel"). Aufgrund dessen muss der Anteil von M_{Frei} in diesem Bereich gering sein, da nun weniger Drehmoment M_{Frei} für andere Verbraucher bzw. für den zweiten Haupt- 2 und die Nebenverbraucher 41, 42 zur Verfügung steht.

[0044] Vorteilhafterweise im nächsten Schritt wird M_{Frei} in vorteilhafter Weise individuell auf die Hauptverbraucher 1,

2 aufgeteilt. Ein Drehmomenten-Limit M_{Lim} der Hauptverbraucher 1, 2 berechnet sich durch

$$\begin{aligned} M_{Lim1} &= M_{Ist1} + M_{Frei} * Fac1, \\ M_{Lim2} &= M_{Ist2} + M_{Frei} * Fac2, \\ \dots M_{LimN} &= M_{IstN} + M_{Frei} * FacN. \end{aligned} \quad (4)$$

[0045] Die Faktoren $Fac1$ bis $FacN$ demonstrieren das Verhältnis zwischen den Verbrauchern 1, 2, 41, 42. Bei Vollast des Motors 30 gilt in vorteilhafter Weise

$$Fac1 + Fac2 + \dots + FacN = 1, \quad (5)$$

wobei sich die Faktoren üblicherweise dynamisch ändern können, da diese wiederum Abhängigkeiten von anderen Einflussgrößen sein können. Etwa eine Limitierung einzelner Hauptverbraucher 1, 2 kann beispielsweise durch das Nullsetzen einzelner Faktoren realisiert werden. Zudem ist zum Beispiel das Führen der Hauptverbraucher 1, 2 durch das Limitieren des Drehmoments ermöglicht.

[0046] Figur 5 veranschaulicht den zuvor exemplarisch beschriebenen, möglichen Signalfluss zwischen den Steuergeräten 11, 21 der Hauptverbraucher 1, 2, dem Maschinensteuergerät 50 und dem Motor-Steuergerät 31 einer selbstfahrenden Arbeitsmaschine. Das Dieselaggregat 30 versorgt z.B. die Arbeitspumpe 1 sowie die Fahrpumpe 2, die als Hauptverbraucher 1, 2 im System fungieren. Am Pumpenstrang ist zudem noch die Zahnradpumpe 42 angereicht, die als Nebenverbraucher 42 zu betrachten ist. Ein weiterer Nebenverbraucher 41 ist etwa der ggf. am Motor 30 angebrachte Klimakompressor 41.

[0047] Die Pfeile in Figur 5 indizieren die Signalfluss-Richtung, das Maschinensteuergerät 50 empfängt vom Motorsteuergerät 31 die Signale 34. Des Weiteren empfängt das Maschinensteuergerät 50 die aktuellen Drehmomente M_{Ist1} und M_{Ist2} der Hauptverbraucher 1, 2. Anhand dieser Informationen/Signale 14, 24 können wiederum die Drehmomenten-Limits M_{Lim1} und M_{Lim2} der Hauptverbraucher 1, 2 berechnet werden. Das Maschinensteuergerät 50 übermittelt die Signale 15, 25 an das Steuergerät 11, 21 der Hauptverbraucher 1, 2. Das Steuergerät 11, 22 der Hauptverbraucher 1, 2 stellt die nicht näher dargestellten Aktoren durch den Steuerstrom 13, 23 so, dass das Drehmomenten-Limit M_{Lim1} und M_{Lim2} eingehalten wird.

[0048] Grundsätzlich können alle Arten von Hauptverbrauchern 1, 2 für das sog. Power-Management verwendet werden, sobald in vorteilhafter Weise über eine elektronische Schnittstelle bzw. Bus 51 ein Drehmomenten-Limit M_{Lim1} und M_{Lim2} vorgeben werden kann. Des Weiteren kann der Hauptverbraucher 1, 2 das aktuell abgegebene Drehmoment bereitstellen oder eine Ableitung des Drehmoments aus seinen Zustandsgrößen.

[0049] Generell kann das Vorgenannte bzw. die Erfindung z.B. nicht nur bei/für/mit Hydraulikpumpen umgesetzt/angewendet werden, es könnten auch elektrische Hauptverbraucher im System verwendet werden. Ein Beispiel für elektrische Hauptverbraucher ist z.B. ein elektrisches Drehwerk/Drehmotor. Möglicherweise werden auch elektrische Fahrtriebe oder andere elektrische Aktuatoren entsprechend betrieben bzw. gesteuert.

[0050] Der Motor muss nicht unbedingt ein Verbrennungsmotor 30 sein (siehe oben), der Einsatz eines (rein) elektrischen Systems aus Akkumulatoren und Elektromotoren ist ebenfalls realisierbar.

[0051] Grundsätzlich ist von Vorteil, die elektronische Schnittstelle zum Erhalt der Zustandsgrößen vorzusehen, wobei das aktuelle Drehmoment direkt oder indirekt aus den Größen berechnet und bereitgestellt wird, sowie die Möglichkeit zur Limitierung des Drehmoments. Anstatt des Drehmoments kann auch die Leistung oder andere Ableitungen davon verwendet werden.

[0052] Weitere besondere Vorteile der Erfindung und/oder von vorteilhaften Varianten der Erfindung sind:

- Effiziente Auslastung der Maschine bei Vollast durch die Steuerung der Hauptverbraucher.
- Den Verbrauchern wird stets genügend Leistung zur Verfügung gestellt, es besteht keine Gefahr der Unterversorgung von Verbrauchern.
- Individuelle Aufteilung des vom Motor zur Verfügung gestellten Drehmoments auf seine Verbraucher.
- Realisierung eines energiesparenden Betriebszustandes v.a. durch Limitierung des Drehmoments. Sicherer Betrieb der Maschine im unteren Drehzahlbereich. Zum Beispiel durch das Führen des Drehmomenten-Limits der Hauptverbraucher wird ein Drehzahleinbruch des Motors im Vergleich zum Stand der Technik wesentlich verbessert. In einem ECO-Modus wird z.B. nicht zwingend die Motordrehzahl reduziert, eine vorteilhafte Limitierung des Drehmoments hat einen sparsamen Effekt.

- Leistungsunterschiede aufgrund von Bauteiltoleranzen werden in vorteilhafter Weise automatisch ausgeglichen.
- Einsatzortabhängige Leistungsanpassung durch einen vorteilhaften Algorithmus. Die volle Leistung steht z.B. auch in niedrigen Lagen über Meereshöhe zur Verfügung, wiederum bezweckt die Leistungslimitierung der Verbraucher in vorteilhafter Weise eine geringere Rußbildung des Partikelfilters in höheren Lagen.
- 5 - Gute Abstimmungsmöglichkeit zwischen den Hauptverbrauchern, um z.B. Schwingungen sowie Schwankungen aufgrund von ändernden Leistungsanforderungen zu unterdrücken. Vor allem können auch Geschwindigkeitsschwankungen beim Fahren verringert werden.
- Die Verwendung von elektrisch geregelten Hauptverbraucher im System ist realisierbar.
- 10 - Die aktuellen Zustandsgrößen wie etwa das aktuelle abgenommene Drehmoment bzw. die aktuelle Verbraucherleistung wird über z.B. eine elektronische Schnittstelle zur Verfügung gestellt durch die Hauptverbraucher. Zudem ist es möglich, den Hauptverbraucher durch ein Drehmomenten-Limit oder ein Leistungslimit über eine elektronische Schnittstelle zurückzunehmen.
- Das Bilden der Beziehung zwischen dem Motordrehmoment, dem Drehmoment der Hauptverbraucher und der Nebenverbraucher -siehe Gleichung (1).
- 15 - Die Berechnung des Drehmoments (siehe oben), welches den Hauptverbrauchern zur Verfügung gestellt wird.

Patentansprüche

- 20 1. Verfahren zum Betreiben einer mobilen Arbeitsmaschine, wobei wenigstens eine zumindest einen Maximal-Parameter aufweisende Antriebseinheit (30), insb. eine Verbrennungskraftmaschine (30) wie ein Dieselmotor (30), zum Antreiben wenigstens eines ersten Hauptverbrauchers (1) und zum Antreiben wenigstens eines zweiten Hauptverbrauchers (2) und zum Antreiben wenigstens eines Nebenverbrauchers (41, 42), insb. eines Klimakompressors, Zahnradpumpe, Lichtmaschine, Lüfter, Motorreibung oder dergleichen, verwendet wird, wobei wenigstens eine

25 elektrische und/oder elektronische Kontrolleinheit (50) verwendet wird, wobei wenigstens ein Bedienelement zur Vorgabe eines Soll-Parameters durch die Bedienperson verwendet wird, wobei wenigstens ein Sensor zur Erfassung eines Ist-Parameters, insb. einer Ist-Leistung und/oder eines Ist-Drehmomentes, verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Ist-Parameter-Differenz zwischen dem Maximal-Parameter der Antriebseinheit (30) und einer

30 Summe wenigstens eines ersten Ist-Parameters des ersten Hauptverbrauchers (1) und eines zweiten Ist-Parameters des zweiten Hauptverbrauchers (2) sowie eines dritten Ist-Parameters des wenigstens einen Nebenverbrauchers (41, 42) gebildet wird, dass wenigstens eine Hauptverbraucher-Ist-Parameter-Summe gebildet wird, die wenigstens aus einem ersten Ist-Parameter des ersten Hauptverbrauchers (1) und aus einem zweiten Ist-Parameter des zweiten Hauptverbrauchers (2) gebildet wird, und dass ein erster Anteil des ersten Ist-Parameters des ersten Hauptverbrauchers (1) an der Hauptverbraucher-Ist-Parameter-Summe und ein zweiter Anteil des zweiten Ist-Parameters des zweiten Hauptverbrauchers (2) an der Hauptverbraucher-Ist-Parameter-Summe verwendet wird, wobei die Ist-Parameter-Differenz wenigstens in den ersten Anteil und den zweiten Anteil aufgeteilt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Maximal-Parameter der Antriebseinheit (30) als

40 eine Summe wenigstens eines Maximal-Ist-Parameters der Antriebseinheit (30) und eines Offset-Ist-Parameters gebildet wird, wobei wenigstens der Offset-Ist-Parameter eine Abhängigkeit von einer Drehzahl der Antriebseinheit (30) aufweist.
4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein zweites Parameter-Limit des zweiten Hauptverbrauchers (2) zum Begrenzen des zweiten Ist-Parameters verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Parameter-Limit des ersten Hauptverbrauchers (1) wenigstens aus einer Summe des ersten Ist-Parameters des ersten Hauptverbrauchers (1) und der Ist-Parameter-Differenz multipliziert mit dem ersten Anteil gebildet wird.
6. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Parameter-Limit des zweiten Hauptverbrauchers (2) wenigstens eine Summe des zweiten Ist-Parameters des zweiten Hauptverbrauchers (2) und der Ist-Parameter-Differenz multipliziert mit dem zweiten Anteil gebildet wird.
7. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Summe aller Anteile eins

55 wird.

8. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens die ersten und zweiten Anteile in Abhängigkeit des Ist-Betriebes verändert werden.
- 5 9. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Hauptverbraucher (1) als eine erste Hydraulikpumpe ausgebildet wird und/oder zum Betreiben eines Antriebselementes, z.B. Antriebsrad/-walze und/oder Kettenfahrwerk oder Vibrationselement verwendet wird.
- 10 10. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Hauptverbraucher (2) als eine zweiten Hydraulikpumpe ausgebildet wird und/oder zum Betreiben einer Hubeinrichtung, insb. Hubarm, Greifarm, Teleskoparm oder dergleichen, und/oder eines Arbeitswerkzeuges, z.B. einer Greif-/Schaufel, Gabel, eines Vibrationselementes, einer Fräse, eines Räumschildes oder dergleichen, und/oder einer Werkzeugaufnahme zur Aufnahme des Arbeitswerkzeuges verwendet wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Kontrolleinheit (50) zum Kontrollieren der Antriebseinheit (30) und/oder des ersten Hauptverbrauchers (1) und/oder des zweiten Hauptverbrauchers (2) und/oder des Nebenverbrauchers (41, 42) und/oder der Hubeinrichtung und/oder des Arbeitswerkzeuges und/oder der Werkzeugaufnahme ausgebildet wird.
- 20 12. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bedienelement als Fußpedal, sog. Joystick, Tastatur, Touchscreen und/oder Touchpad ausgebildet wird und/oder zum manuellen Bedienen/Betätigen von einer Bedienperson und/oder zur Vorgabe eines Soll-Parameters der Hubeinrichtung und/oder des Arbeitswerkzeuges und/oder der Werkzeugaufnahme durch die Bedienperson verwendet wird.
- 25 13. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sensor zur Erfassung eines Ist-Parameters der Antriebseinheit und/oder des ersten Hauptverbrauchers (1) und/oder des zweiten Hauptverbrauchers (2) und/oder des Nebenverbrauchers (41, 42) und/oder der ersten Hydraulikpumpe und/oder zweiten Hydraulikpumpe und/oder Hubeinrichtung und/oder des Arbeitswerkzeuges und/oder der Werkzeugaufnahme ausgebildet wird.
- 30 14. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mobile Arbeitsmaschine als Radlader, Teleskoplader, Bagger, Traktor, Bodenverdichtungsanordnung wie ein Vibrationsstampfer, eine Vibrationsplatte oder eine Walze ausgebildet wird.
- 35 15. Mobile Arbeitsmaschine, insbesondere eines Radladers, Teleskopladers, Baggers, Traktors, Bodenverdichtungsanordnung wie ein Vibrationsstampfer, eine Vibrationsplatte oder eine Walze, oder dergleichen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Arbeitsmaschine mit einem Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche betreibbar ist.

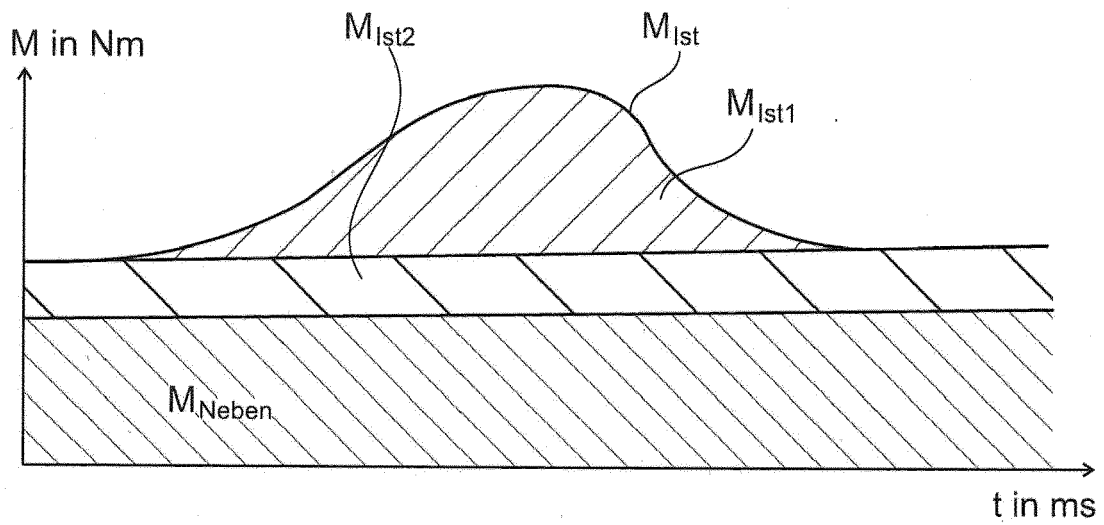


Fig. 1

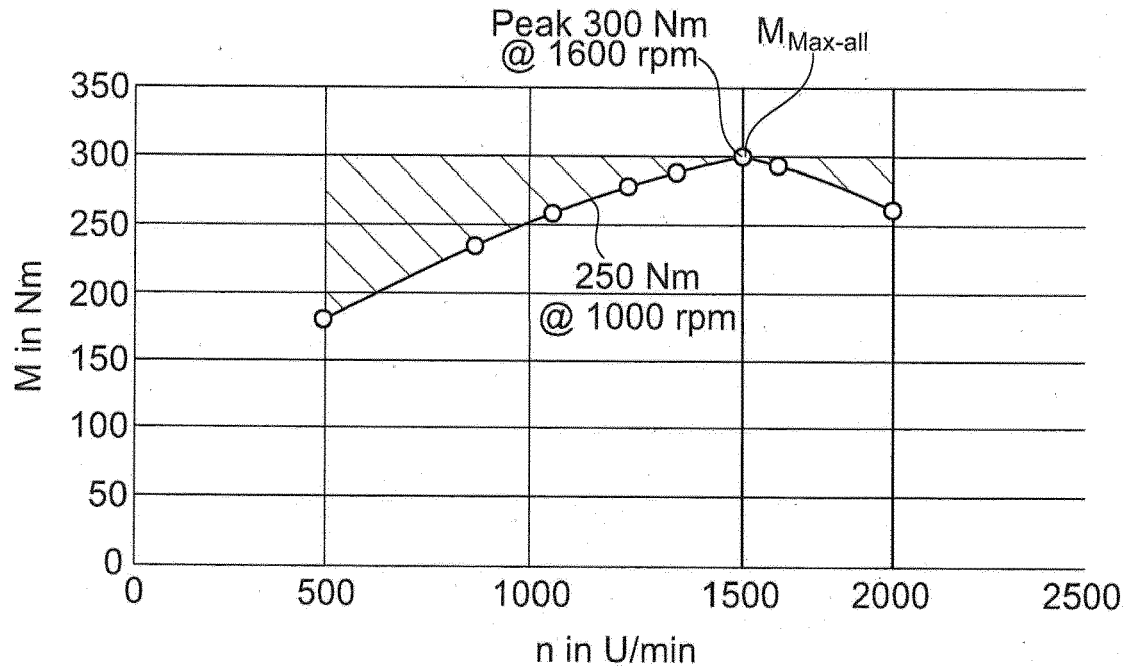


Fig. 2

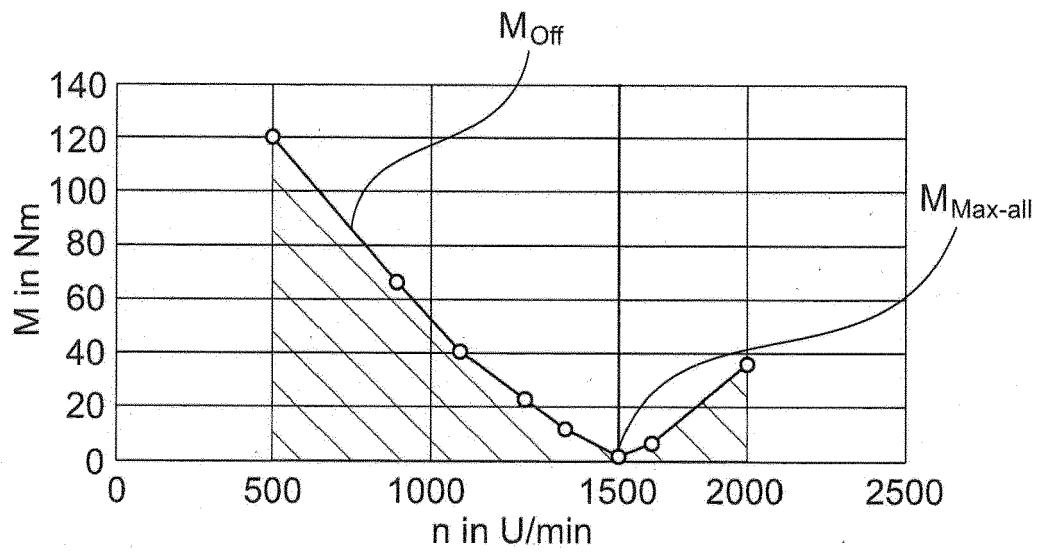


Fig. 3

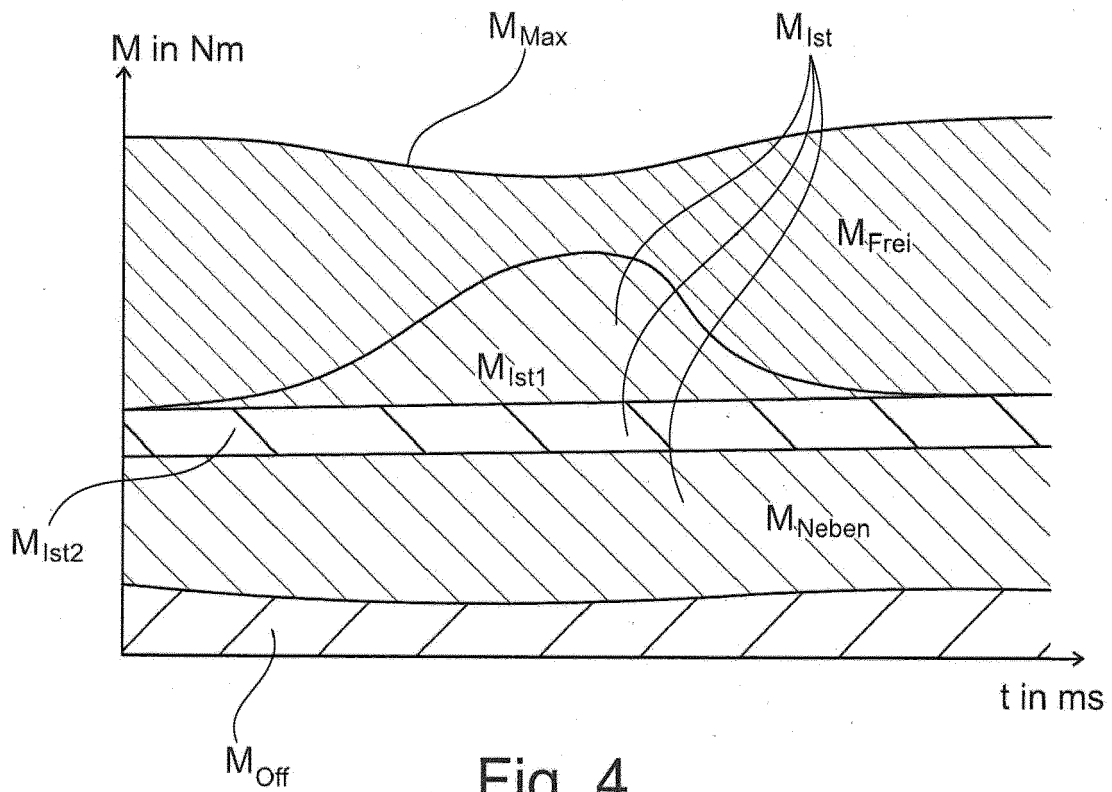


Fig. 4

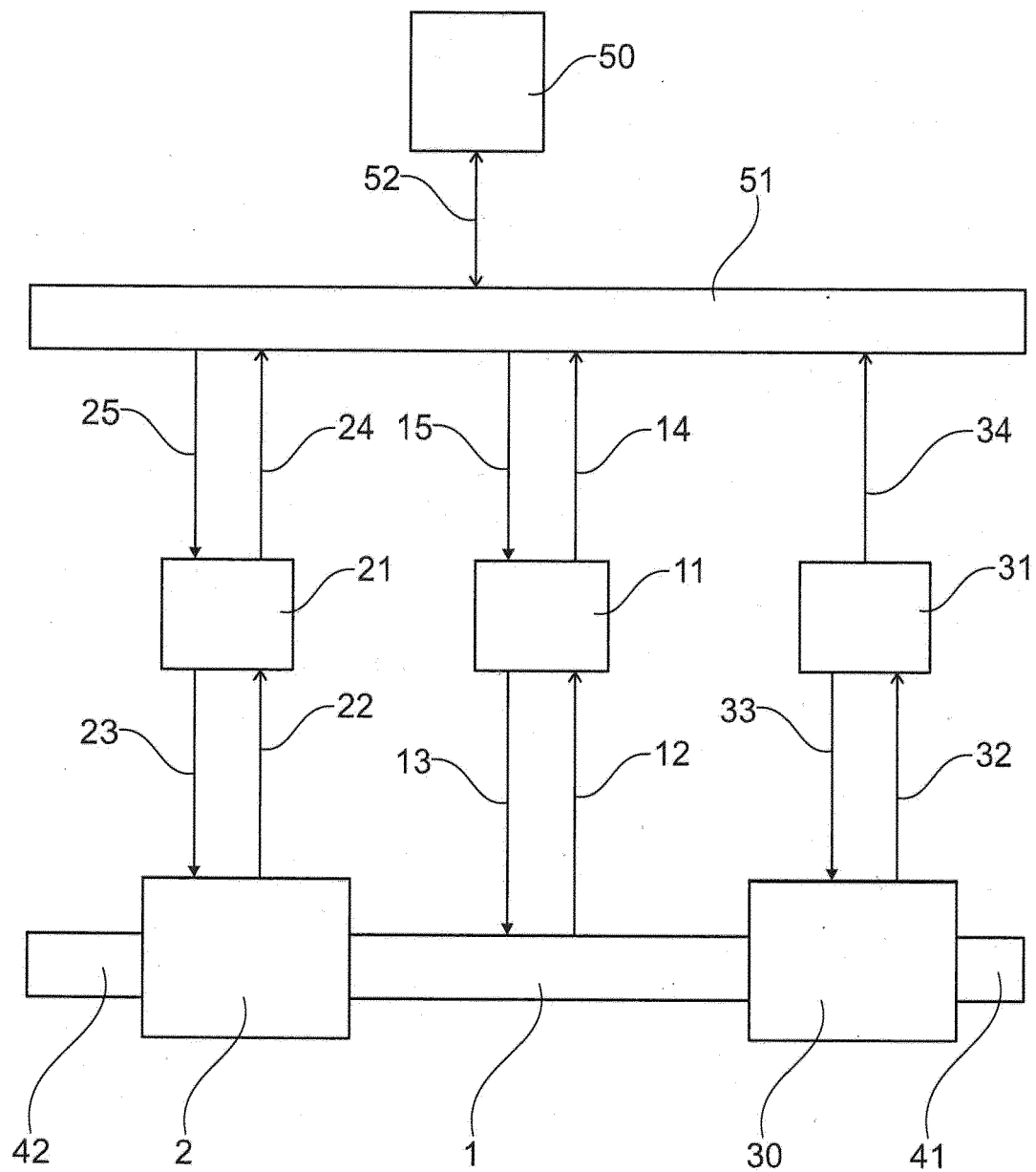


Fig. 5