

(19)



(11)

**EP 3 424 398 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**09.01.2019 Patentblatt 2019/02**

(51) Int Cl.:  
**A47L 15/00** <sup>(2006.01)</sup> **D06F 33/02** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **18177243.5**

(22) Anmeldetag: **12.06.2018**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **BSH Hausgeräte GmbH**  
**81739 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Römer, Raymond**  
**10965 Berlin (DE)**  
• **Skrippek, Jörg**  
**14641 Wustermark (DE)**  
• **Wetzel, Stefan**  
**12157 Berlin (DE)**

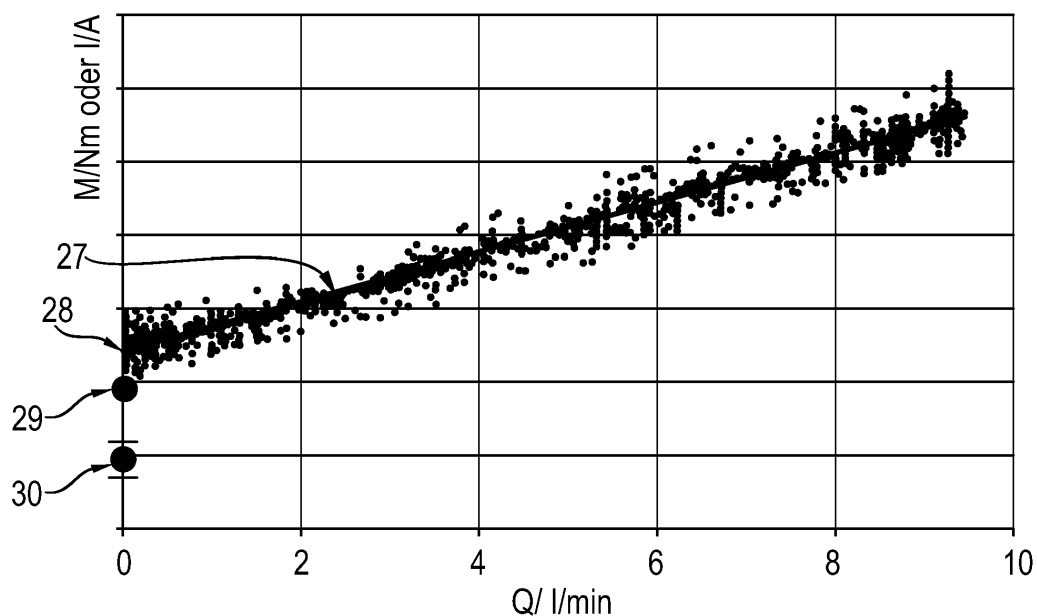
(30) Priorität: **06.07.2017 DE 102017211571**

(54) **VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES WASSERFÜHRENDEN HAUSHALTSGERÄTES MIT VERBESSERTER BESTIMMUNG EINER LEERLAUFLAST EINER PUMPE UND HAUSHALTSGERÄT HIERFÜR**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines wasserführenden Haushaltsgerätes 1, das eine Pumpe 18 zur Beförderung einer wässrigen Flüssigkeit 7, einen drehzahlvariablen, permanenterregten Synchronmotor als Pumpenantriebsmotor 26 und eine Steuerungseinheit 8 aufweist, umfassend die Schritte  
(a) Einstellen einer Pumpendrehzahl  $n$  auf einen Wert  $n_1$ ,

bei welcher ein Stutzendruck  $p$  der Pumpe 18 nicht ausreicht, um einen Förderstrom  $Q$  aufzubauen; und  
(b) Messen eines Drehmomentes  $M$  der Pumpe 18 als Maß für ein Leerlaufdrehmoment  $M_l$ .

Die Erfindung betrifft außerdem ein zur Durchführung des Verfahrens geeignetes wasserführendes Haushaltsgerät 1.

**Fig. 2****EP 3 424 398 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines wasserführenden Haushaltsgerätes, das eine Pumpe zur Beförderung einer wässrigen Flüssigkeit, einen drehzahlvariablen, permanenterregten Synchronmotor als Pumpenantriebsmotor und eine Steuerungseinheit aufweist sowie ein zur Durchführung dieses Verfahrens geeignetes wasserführendes Haushaltsgerät.

**[0002]** Ein wasserführendes Haushaltsgerät weist im Allgemeinen eine Pumpe zur Beförderung von wässrigen Flüssigkeiten auf, z.B. einer Waschlauge oder einer Spülflüssigkeit. Es ist bekannt, eine Pumpe in einem Haushaltsgerät mittels eines Einphasen-Synchronmotors anzutreiben. Dabei treten die Fälle auf, dass das Wasser nahezu oder bereits völlig abgepumpt ist und die Pumpe daher wenig oder überhaupt kein Wasser mehr fördert. Dies führt in der Regel zu einer erhöhten Lärmemission und zu einer ineffizienten Nutzung des "Antriebsmotors". Im Stand der Technik sind daher Methoden angegeben, die zum Abschalten der Pumpe bei einer plötzlich abfallenden Last führen oder zumindest auf den Förderstrom schließen lassen.

**[0003]** Die Veröffentlichung DE 10 2010 042 494 A1 beschreibt in diesem Zusammenhang ein Verfahren zum Abschalten eines Einphasen-Synchronmotors, eine Schaltungsanordnung zum Betreiben eines Einphasen-Synchronmotors und ein Hausgerät. Insbesondere ist ein Verfahren zum Abschalten eines Einphasen-Synchronmotors eines Hausgerätes, dessen Stator eine Wicklung aufweist, beschrieben, mit den Schritten:

- Anlegen einer Versorgungswechselspannung an die Wicklung des Stators und hierdurch Inbetriebnahme des Einphasen-Synchronmotors,
- Ermitteln eines mit einem Drehmoment des Einphasen-Synchronmotors korrelierten Parameters,
- Abschalten des Einphasen-Synchronmotors dann, wenn ein auf den Parameter bezogenes vorbestimmtes Kriterium erfüllt ist.

Durch den Einphasen-Synchronmotor wird insbesondere eine Pumpe in dem Hausgerät angetrieben.

**[0004]** Die Veröffentlichung DE 10 2010 042 491 A1 beschreibt eine Pumpeneinrichtung für ein Hausgerät, mit einem Antriebsmotor zum Antreiben eines Pumpenrades, wobei der Rotor des Antriebsmotors Permanentmagnete aufweist, und mit einer Schaltungsanordnung zum Betreiben des Antriebsmotors, wobei der Stator des Antriebsmotors zumindest drei Phasenstränge und die Schaltungsanordnung zu jeden Phasenstrang ein elektrisches Steuerelement zum Steuern eines Stromflusses durch den zugeordneten Phasenstrang aufweisen. Dabei ist die Schaltungsanordnung dazu ausgebildet, durch Ansteuern der Steuerelemente die Drehzahl und/oder die Drehrichtung des Antriebsmotors zu steuern. In Ausführungsformen ist die Schaltungsanordnung dazu ausgebildet, bei Unterschreiten einer vorbestimmten Stromstärke eines Stromes und/oder bei Unterschreiten eines vorbestimmten Drehmomentes des Antriebsmotors den Antriebsmotor auszuschalten. Dabei kann die Schaltungsanordnung dazu ausgebildet sein, die Drehzahl des Antriebsmotors in Abhängigkeit von dem erfassten Strom zu regeln.

**[0005]** Die Veröffentlichung EP 2 933 365 A1 beschreibt ein Verfahren zur Regelung eines Umflutungspumpen-Systems mit einer Umflutungspumpe mit messbaren Laufeigenschaften für das Umwälzen von Waschlauge mit einstellbarem Volumenstrom in einem Laugenbehälter einer Waschmaschine, wobei das Verfahren unter anderem die folgenden Verfahrensschritte aufweist:

- Analyse der Laufeigenschaften des Umflutungspumpen-Systems während des Betriebes des Umflutungspumpen-Systems zum Detektieren eines Schlürfpumpens eines Waschlauge-Luft-Gemisches durch die Umflutungspumpe;
- Speichern von Schlürfpumpen-Informationen, wenn das Schlürfpumpen der Umflutungspumpe detektiert worden ist;
- Vergleichen der Schlürfpumpen-Informationen mit mindestens einem vorgegebenen und zugeordneten Schlürfpump-Richtwert, und Verändern mindestens einer der Betriebsparameter bestehend aus dem Volumenstrom und dem Volumenstrom-Zeitintervall derart, dass ein vom Umwälzpumpen-System umgewälzter zeitlich gemittelter Volumenstrom reduziert wird, wenn der mindestens eine Schlürfpump-Richtwert überschritten worden ist.

**[0006]** Die Veröffentlichung DE 10 2008 029 910 B4 beschreibt ein Verfahren zur Lastzustandserkennung einer ein Fluid fördernden, von einem Elektromotor angetriebenen Pumpe eines Haushaltsgerätes, wobei die Pumpe von einem dreisträngigen, dreiphasigen permanenterregten, als Synchronmotor ausgebildeten Elektromotor unter Verwendung einer Vektorregelung angetrieben wird, wobei die Vektorregelung aus einem gemessenen Strangstrom aus zwei der drei Strangströme eine Drehmoment bildende Stromkomponente ermittelt und aus dieser mindestens ein Lastzustand der Pumpe ermittelt wird.

**[0007]** Die Veröffentlichung EP 2 918 721 A1 betrifft eine Pumpeneinrichtung für ein wasserführendes Gerät wie Waschmaschine oder Spülmaschine mit einem Behandlungsbehälter zur Aufnahme von Waschflüssigkeit zum Behandeln von Behandlungsgut innerhalb des Behandlungsbehälters, zum Abpumpen oder Umpumpen von Waschflüssigkeit, umfassend eine Pumpe mit einem elektrischen Motor und einem drehbaren Pumpenrad zur Förderung der Flüssigkeit, die

mit einer mittels einer Steuervorrichtung gesteuerten Leistungsstufe verbunden ist zur Steuerung der Förderleistung, wobei die Steuervorrichtung dazu eingerichtet ist, der Pumpe bzw. dem Motor zugeführte elektrische Parameter zu erfassen und in Abhängigkeit dieser Parameter die Zuführung der elektrischen Leistung oder Stromes zum Motor zu beeinflussen. Als elektrischer Parameter dient die von dem Motor aufgenommene elektrische Leistung oder der aufgenommene Strom, wobei die Steuereinrichtung dazu ausgebildet ist, mittels der Leistungsstufe die dem Motor zugeführte elektrische Leistung oder Strom in Abhängigkeit der erfassten Parameter zu regeln, sodass sich eine vorgegebene elektrische Leistung oder ein vorgegebener Strom einstellt.

**[0008]** Überdies beschreiben die folgenden Veröffentlichungen Pumpen in einem Haushaltsgerät.

**[0009]** So beschreibt die Veröffentlichung DE 10 2011 000 287 A1 ein Verfahren zur Einstellung eines von einer Umwälzpumpe in einem wasserführenden Haushaltsgerät, insbesondere Geschirrspülautomat oder Waschmaschine geförderten Volumenstroms, wobei der von der Umwälzpumpe geförderte Ist-Volumenstrom gemessen wird und mit einem Soll-Volumenstrom verglichen wird, wobei in Abhängigkeit der Differenz zwischen Soll-Volumenstrom und Ist-Volumenstrom die Drehzahl eines Motors der Umwälzpumpe gewählt wird.

**[0010]** Die Veröffentlichung DE 10 2009 002 150 A1 beschreibt ein Verfahren zum Betreiben eines wasserführenden Haushaltsgerätes, insbesondere einer Geschirrspülmaschine, bei dem ein Siebbelegungsgrad eines im Hydraulikkreislauf des Haushaltsgerätes geschalteten Filtersystems erfasst wird, wobei auf ein Erfassen eines Unterschreitens eines vorgegebenen Grenz-Siebbelegungsgrades Spülflüssigkeit nur teilweise aus dem Haushaltsgerät abgeführt wird.

**[0011]** Die Veröffentlichung DE 10 2007 030 072 A1 betrifft eine elektrische Antriebseinrichtung für ein wasserführendes Haushaltsgerät und beschreibt, dass durch die Erfassung von Motorparametern auf den Leerlauf einer Pumpe mit einem BLDC-Pumpenantriebsmotor geschlossen werden kann, um durch Abschaltung auf einen Schnorchelzustand zu regieren.

**[0012]** Die Veröffentlichung DE 44 18 721 A1 beschreibt ein Steuerungsverfahren für Laugenumwälzpumpen in Haushalt-Geschirrspülmaschinen, mit dessen Hilfe die Kontinuität des Volumenstroms pro Zeiteinheit und dessen Konsistenz überwacht werden und der Laugenumwälzpumpen-Antriebsmotor samt Drehzahlnehmer mit Hilfe einer Phasenschnittsteuerung in seiner Drehzahl regelbar ist, wobei bei sich ändernder Volumenströmung die Drehzahlschwankungen sowie die Motorstromaufnahme-Schwankungen des Laugenumwälzpumpen-Antriebsmotors erfasst werden.

**[0013]** Die Veröffentlichung DE 691 10 356 T2 beschreibt eine Vorrichtung zum Messen der Wassermenge in einer Waschmaschine, in der die Waschflüssigkeit rezirkuliert und auf die Wäsche gesprüht wird, wobei eine Umwälzpumpe verwendet wird. Insbesondere wird beschrieben, dass der Ansaug- und Trockenlaufzustand einer Umwälzpumpe einer Waschmaschine z.B. durch Messen der Strom-Spannungs-Phasenverschiebung bestimmt werden kann. Ohne eine Initialisierung werden die kennzeichnenden Größen in der Steuerung vorprogrammiert.

**[0014]** Vor diesem Hintergrund war es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Betrieb eines wasserführenden Haushaltsgerätes mit verbesserter Bestimmung einer Leerlaufast einer Pumpe bereitzustellen, bei welchem vorzugsweise Motorreibung, Motortemperatur und Pumpenförderdruck berücksichtigt werden. Aufgabe der Erfindung war auch die Bereitstellung eines zur Durchführung dieses Verfahrens geeigneten wasserführenden Haushaltsgeräts.

**[0015]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zum Betrieb eines wasserführenden Haushaltsgerätes und ein wasserführendes Haushaltsgerät (im Folgenden auch als "Haushaltsgerät" abgekürzt) gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den jeweils abhängigen Patentansprüchen aufgeführt. Bevorzugten Ausgestaltungen des Verfahrens entsprechen bevorzugte Ausgestaltungen des Haushaltsgeräts, auch wenn hierin nicht jeweils gesondert darauf hingewiesen wird.

**[0016]** Die Erfindung betrifft somit ein Verfahren zum Betrieb eines wasserführenden Haushaltsgerätes, das eine Pumpe zur Beförderung von wässrigen Flüssigkeiten, einen drehzahlvariablen, permanenterregten Synchronmotor als Pumpenantriebsmotor und eine Steuerungseinheit aufweist, umfassend die Schritte

(a) Einstellen einer Pumpendrehzahl  $n$  auf einen Wert  $n_l$ , bei welcher ein Stützendruck  $p$  der Pumpe nicht ausreicht, um einen Förderstrom  $Q$  aufzubauen; und

(b) Messen eines Drehmomentes  $M$  der Pumpe als Maß für ein Leerlaufdrehmoment  $M_l$ .

$n_l$  ist somit eine Leerlaufdrehzahl.

**[0017]** Vorzugsweise erfolgt beim Verfahren das Messen des Drehmomentes  $M$  durch Messung einer elektrischen Größe des Pumpenantriebsmotors. Dabei ist es wiederum bevorzugt, dass im Pumpenantriebsmotor eine Stromstärke  $I$  als Leerlaufstromstärke  $I_l$  gemessen wird und das Drehmoment  $M_l$  anhand eines in der Steuereinrichtung hinterlegten Zusammenhanges zwischen der Stromstärke  $I$  und dem Drehmoment  $M$  bestimmt wird.

**[0018]** In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Drehmoment  $M$  der Pumpe über einen vorgegebenen Zeitraum  $\Delta t$  gemessen und das in diesem Zeitraum gemessene mittlere Drehmoment  $M_m$  wird als Leerlaufdrehmoment  $M_l$  angesehen. Hierbei beträgt der Zeitraum  $\Delta t$  vorzugsweise von 0,2 bis 3 sec, mehr bevorzugt von 0,5 bis 2 sec und noch mehr bevorzugt von 0,8 bis 1,5 sec.

**[0019]** Es ist überdies ganz besonders bevorzugt, dass der Pumpenantriebsmotor in einem geregelten Bereich arbeitet,

indem die Drehzahl  $n_l$  größer ist als eine Drehzahl  $n_s$  an einem Synchronisationszeitpunkt. Beim Betrieb eines Pumpenantriebsmotors wird insbesondere zwischen einem "geregelten" und einem "gesteuerten" Betrieb unterschieden. Beim gesteuerten Betrieb wird im Allgemeinen gleich ein hoher elektrischer Strom aufgeprägt, der dann später beim Regeln ("geregelter Betrieb") deutlich reduziert wird, beispielsweise auf ca. 1/3 bis 1/2 des davon gewählten Wertes. Dies

führt zu einer Stromersparnis.

**[0020]** Der "Synchronisationszeitpunkt" ist gemäß der DE 10 2008 029 910 B4 (cf. Fig. 3) ein durch einen Blitz gekennzeichnete Zeitpunkt in einer Auftragung des aufgeprägten Stromes  $I_q$  gegen die Zeit  $t$  nach einem gesteuerten Anlauf, bei dem der Start einer Lasterkennung und einer Leerlauferkennung der Pumpe erfolgt.

**[0021]** Der Rotor des Pumpenantriebsmotors läuft häufig in einem Öl (Silikonöl) als Arbeitsmedium, so dass es einen Spalt zwischen dem Rotor und der Wand der entsprechenden Kammer gibt (Spaltrohrfüllung). Wenn diese Kammer undicht wird, kann das Öl entweichen und es können auch Verunreinigungen in die Kammer gelangen. In beiden Fällen wird die Reibung beeinflusst.

**[0022]** In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist daher ein Rotor des Pumpenantriebsmotors in einem flüssigen Arbeitsmedium gelagert, insbesondere einem Öl, das vorzugsweise ein Silikonöl oder eine Öl-Wasser-Emulsion ist.

**[0023]** Überdies ist es erfindungsgemäß bevorzugt, dass das Leerlaufdrehmoment  $M_l$  bei der Drehzahl  $n_l$  auf ein Vergleichsdrehmoment  $M_N$  für die Drehzahl  $n_N$  extrapoliert wird, bei welcher die Pumpe einen von Null verschiedenen Förderstrom aufweist. Hierbei werden vorzugsweise zur Extrapolation die drehzahl- und/oder temperaturabhängigen Beiträge der magnetischen Flussdichte, der Motorreibung und/oder des Förderdrucks der Pumpe durch die gemessene Leerlaufast kompensiert.

**[0024]** Zur Steuerung der Pumpe ist es erfindungsgemäß vorteilhaft, wenn die Ausgangsbedingungen für die Bestimmung der Leerlaufdrehzahl, d.h. der Leerlaufast, möglichst gut bekannt sind. Außerdem bestimmt das Wissen der Leerlaufdrehzahl die Auswertung von Betriebsparametern des Pumpenantriebsmotors im Förderbetrieb der Pumpe. Beim erfindungsgemäßen Verfahren ist es daher bevorzugt, dass es vor jedem Pumpen, d.h. Abpumpen oder Umpumpen, von Flüssigkeit in einem Behandlungsverfahren im Haushaltsgerät durchgeführt wird. Dabei kann das Behandlungsverfahren beispielsweise ein Waschprogramm in einer Waschmaschine sein.

**[0025]** Wie bereits erwähnt, beeinflusst die Motorreibung das Leerlaufdrehmoment. Aufgrund von verschiedenen negativen Einflüssen, von langsam wirkenden wie Verschleiß bis zu schnell wirkenden wie plötzlich auftretenden Störungen, beispielsweise durch eine Verschmutzung, kann sich das Leerlaufdrehmoment im Laufe der Zeit mehr oder weniger rasch ändern. Dies erlaubt Rückschlüsse auf den Zustand von Pumpe und/oder Pumpenantriebsmotor, so dass geeignete Gegenmaßnahmen ergriffen werden können.

**[0026]** In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird daher das Leerlaufdrehmoment  $M_l$  mit mindestens einem zuvor gespeicherten Leerlaufdrehmoment  $M_l^{old}$  verglichen, die Differenz  $\Delta M = |M_l - M_l^{old}|$  bestimmt und für den Fall, dass  $\Delta M > \Delta M^{lim}$  ist, wobei  $\Delta M^{lim}$  ein vorgegebener zulässiger Maximalwert für diese Differenz ist, auf einen fehlerhaften Betrieb der Pumpe geschlossen. Dabei kann  $M_l^{old}$  ein unmittelbar zuvor oder ein länger zurückliegend gespeichertes Leerlaufdrehmoment sein. Überdies können mehrere aufeinander folgende Werte für das Leerlaufdrehmoment gespeichert werden, um einen möglicherweise langsam voranschreitenden Verschleiß an Pumpe bzw. Pumpenantriebsmotor festzustellen.

**[0027]** So wird beispielsweise vorteilhaft für den Fall eines Pumpenantriebsmotors mit einem in einem flüssigen Arbeitsmedium eingetauchten Rotor bei einer Abnahme des Leerlaufdrehmomentes  $M_l$  um mehr als einen vorgegebenen zulässigen Wert  $\Delta M_{loss}$  auf einen Verlust an flüssigem Arbeitsmedium aufgrund einer Undichtigkeit geschlossen.

**[0028]** Die erfindungsgemäß vorgesehene verbesserte Bestimmung der Leerlaufdrehzahl erlaubt einen hinsichtlich der Genauigkeit des Pumpenbetriebs verbesserten Betrieb des wasserführenden Haushaltsgerätes.

**[0029]** Es ist daher erfindungsgemäß ein Verfahren bevorzugt, bei dem zur Bestimmung des Förderstromes  $Q$  das zur Beförderung der wässrigen Flüssigkeit erforderliche zusätzliche Drehmoment  $M_F$  herangezogen wird, das sich aus der Differenz zwischen einem gemessenen Drehmoment  $M$  bei einer Drehzahl  $n_N$ , bei welcher die Pumpe einen von Null verschiedenen Förderstrom aufweist, und dem Leerlaufdrehmoment  $M_l$  bzw. einem extrapolierten Vergleichsdrehmoment  $M_N$  ergibt. Bei Heranziehung des extrapolierten Vergleichsdrehmomentes  $M_N$  wird berücksichtigt, dass sich einige der Einflussfaktoren für die Leerlaufdrehzahl bei Erhöhung der Drehzahl, z.B. einer Nenndrehzahl zur Förderung einer bestimmten Menge an wässriger Flüssigkeit, ändern, so dass ein noch genauerer Betrieb der Pumpe möglich ist.

**[0030]** Die wässrige Flüssigkeit kann auch verallgemeinert als "Fördermedium" bezeichnet werden und insbesondere auch ein ein- oder mehrphasiges Fördermedium sein, das eine wässrige Flüssigkeit und/oder Luft enthält. Dabei kann Luft im Fördermedium insbesondere in der Form von Schaum enthalten sein. Die Dichte  $\rho$  des Fördermediums nimmt mit zunehmendem Gehalt an Luft bzw. Schaum ab.

**[0031]** "Dichte  $\rho$  des Fördermediums" bedeutet insbesondere die Dichte des Fördermediums in der Pumpe. Bei einer bekannten, beispielsweise vorgegebenen, Drehzahl der drehzahlvariablen Pumpe kann dabei die Dichte  $\rho$  des Fördermediums insbesondere anhand der Leistungsaufnahme  $P$  der Pumpe ermittelt werden. Hierzu ist vorteilhaft in der Steuereinrichtung für verschiedene Werte der Drehzahl  $n_N$  ein Zusammenhang zwischen der Leistungsaufnahme  $P$  und

der Dichte  $\rho$  hinterlegt Aufgrund der erfindungsgemäß verbesserten Bestimmung der Leerlaufdrehzahl kann hierbei die Dichte  $\rho$  genauer bestimmt werden, so dass insgesamt beispielsweise ein Waschprozess in einer Waschmaschine besser verfolgt und gesteuert werden kann.

**[0032]** Erfindungsgemäß ist daher ein Verfahren bevorzugt, bei dem zur Überwachung der Dichte  $\rho$  des Fördermediums der Motorstrom  $I_Q$  eines Pumpenantriebsmotors gemessen und ausgewertet wird. Dieser wird bisweilen auch als Reglerstrom  $I_Q$  bzw. auch drehmomentbildende Stromkomponente  $I_Q$  bezeichnet.

**[0033]** Gegenstand der Erfindung ist außerdem ein wasserführendes Haushaltsgerät, aufweisend eine Pumpe zur Beförderung von wässrigen Flüssigkeiten, einen drehzahlvariablen, permanenterregten Synchronmotor als Pumpenantriebsmotor und eine Steuerungseinheit, wobei die Steuerungseinheit eingerichtet ist zur Durchführung eines Verfahrens mit den Schritten

(a) Einstellen einer Pumpendrehzahl  $n$  auf einen Wert  $n_p$ , bei welcher ein Stutzendruck  $p$  der Pumpe nicht ausreicht, um einen Förderstrom  $Q$  aufzubauen; und

(b) Messen eines Drehmomentes  $M$  der Pumpe als Maß für ein Leerlaufdrehmoment  $M_l$ .

**[0034]** Erfindungsgemäß ist ein wasserführendes Haushaltsgerät bevorzugt, bei dem ein Rotor des Pumpenantriebsmotors in einem flüssigen Arbeitsmedium gelagert ist.

**[0035]** Das wasserführende Haushaltsgerät ist erfindungsgemäß nicht eingeschränkt. Vorzugsweise ist es jedoch ausgewählt aus der Gruppe, die aus einer Waschmaschine, einem Waschtrockner, einem Wäschetrockner und einer Geschirrspülmaschine besteht.

**[0036]** Waschmaschine, Waschtrockner und Wäschetrockner enthalten im Allgemeinen eine Trommel zur Aufnahme von zu behandelnden, insbesondere zu reinigenden und/oder zu trocknenden Wäschestücken auf.

**[0037]** Bei einer Waschmaschine ist die Pumpe über einen Laugenkanal mit dem Laugenbehälter verbunden. Die durch die Pumpe geförderte wässrige Flüssigkeit kann abgepumpt oder vorzugsweise in einem Kreisbetrieb wieder dem Laugenbehälter zugeführt werden. Eine solche Waschmaschine weist für den Kreisbetrieb einen entsprechenden Kreislauf für eine wässrige Flüssigkeit auf.

**[0038]** Die Erfindung hat zahlreiche Vorteile. Die Erfindung ermöglicht die Bestimmung der Leerlaufleistung einer in einem wasserführenden Haushaltsgerät eingesetzten Pumpe unter Berücksichtigung von Motorreibung, Motortemperatur und Pumpenförderdruck. Damit ist es möglich, die aktuelle Leerlaufleistung zu berücksichtigen, die sich aufgrund des Einflusses der Temperatur, von Verschleißerscheinungen und Medien-bedingter Reibung stets verändert und einen großen Einfluss auf die Genauigkeit aller Verfahren hat. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, diese Leerlaufleistung zu Beginn jeden Pumpvorganges eindeutig zu bestimmen.

**[0039]** Dadurch wird eine verbesserte Reaktion der Pumpe bei Unterschreitung eines definierten Förderstromes möglich, zum Beispiel eine Verringerung der Pumpendrehzahl oder das Abschalten der Pumpe. Außerdem ermöglicht die Erfindung die verbesserte Ermittlung von verschiedenen Fehlerzuständen einer in einem wasserführenden Haushaltsgerät eingesetzten Pumpe.

**[0040]** Das bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ermittelte Leerlaufdrehmoment kann beispielsweise für die folgenden zusätzlichen Zwecke gespeichert werden - abhängig von z.B. der Art und dem Aufbau einer verwendeten Pumpe:

- Bestimmung des aktuellen Förderstroms der Pumpe, um den Betriebspunkt der Pumpe anzupassen oder die geförderte Fluidmenge zu bestimmen
- Ermittlung, ob das Pumpenspaltrohr noch mit Öl oder einem sonstigen Arbeitsmedium gefüllt ist, oder das Spaltrohrmedium über die Lebensdauer aufgrund eines undichten Wellendichtelementes vollständig durch das Fördermedium verdrängt wurde
- Ermittlung, ob das Laufrad bzw. die Rotoreinheit übermäßig schwergängig ist. Ein hohes Leerlaufmoment kann durch Bauteilverschleiß bzw. -fehler oder Reibung an Fremdkörpern hervorgerufen werden.

**[0041]** Dabei kann der Messwert für das Leerlaufdrehmoment wie folgt verwendet werden:

Tiefpassgefiltert oder als gleitender Mittelwert zum Vergleich mit dem Leerlaufdrehmoment, um Reglersprünge, d.h. sprunghafte Stromänderungen, zu kompensieren.

**[0042]** Zu  $I_g$ ,  $I_{eff}$ ,  $M_{elekt}$ ,  $M_{mech}$ ,  $P_{elekt}$ ,  $P_{mech}$ ,  $P_q$ ,  $Q$ ,  $c_m$  umgerechnet werden.

**[0043]** Als Volumenstrom umgerechnet über ein zeitliches Integral (vgl. DE 10 2008 029 910 B4) zur Bestimmung der geförderten Menge genutzt werden, um im Vergleich mit einer gemessenen Einspülmenge die Saugfähigkeit der in der Trommel vorhandenen Wäschestücke zu beurteilen oder Geräteleckagen zu entdecken, hierbei als Zusatz oder Redundanz zu einem Aqua-Stop-Schwimmer. Die im wasserführenden Haushaltsgerät befindliche Wassermenge kann genau bestimmt werden, um eine Schleuderdrehzahl in einer Waschmaschine vorteilhaft zu beeinflussen. In einem Waschtrockner kann die entstandene Menge an Kondenswasser mit verbesserter Genauigkeit bestimmt werden.

**[0044]** In Ausführungsformen der Erfindung kann bei Anwesenheit eines Timeout-Timers der Messwert für das Leerlaufdrehmoment dazu verwendet werden, verstopfte Wasserwege, einen blockierten Wasserzulauf oder eine zu hoch gewählte Einhänghöhe des Abflussschlauches zu erkennen. Daraufhin kann eine Fehleranzeige oder eine Kundeninformation erfolgen. Ggf. kann die Drehzahl des Pumpenantriebsmotors erhöht werden, um eine Blockade zu lösen oder

die gewählte hohe Einhänghöhe zu überwinden.  
**[0045]** Schließlich kann der Messwert für das Leerlaufdrehmoment dazu verwendet werden, um mit verbesserter Genauigkeit anhand des mittleren Förderstromes Querschnittsverengungen der Wasserwege, Defekte am Laufrad der Pumpe oder eine vom Kunden angeschlossene Schlauchverlängerung zu erkennen. Auch hier kann als Maßnahme eine Fehleranzeige oder eine Kundeninformation erfolgen. Es kann zudem die Drehzahl erhöht werden, um den Betriebspunkt zu einem größerem Förderstrom  $Q$  zu verschieben.

**[0046]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand einer nicht einschränkenden Ausführungsform für ein erfindungsgemäßes wasserführendes Haushaltsgerät sowie von graphischen Zusammenhängen zwischen erfindungsrelevanten Größen illustriert, wobei Bezug genommen wird auf die Figuren 1 bis 5.

**[0047]** Figur 1 zeigt in einer nicht einschränkenden Ausführungsform eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Waschmaschine als ein nicht einschränkendes Beispiel für ein wasserführendes Haushaltsgerät.

**[0048]** Figur 2 zeigt die Abhängigkeit eines Drehmomentes  $M$  bzw. eines aufgeprägten elektrischen Stromes  $I$  des Pumpenantriebsmotors vom Förderstrom  $Q$ , wobei  $Q$  die Menge pro Zeiteinheit an einer geförderten wässrigen Flüssigkeit ist, sowie die Abhängigkeit des Leerlaufdrehmomentes vom Fördermedium.

**[0049]** Fig. 3 zeigt in Form von Auftragungen eines aufgeprägten elektrischen Stromes  $I$  des Pumpenantriebsmotors von der Drehzahl  $n$  die Drehzahlabhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren.

**[0050]** Fig. 4 zeigt die Abhängigkeit eines aufgeprägten elektrischen Stromes  $I$  des Pumpenantriebsmotors vom Förderstrom  $Q$ , wobei  $Q$  die Menge pro Zeiteinheit an einer geförderten wässrigen Flüssigkeit ist.

**[0051]** Fig. 5 zeigt in Form von Auftragungen des Drehmomentes  $M$  bzw. des aufgeprägten elektrischen Stromes  $I$  gegen die Temperatur  $T_{\text{Paket}}$  des Pakets des Pumpenantriebsmotors als Maß für die Temperatur des Pumpenantriebsmotors häufiger bzw. verwendeter Bauform schematisch den Einfluss der Motortemperatur auf die Verlust-Terme, d.h. Motorreibung, magnetischer Fluss, wobei das Lastmoment, also das direkt dem Pumpen von wässriger Flüssigkeit zugeordnete Drehmoment, konstant gehalten ist.

**[0052]** Fig. 1 zeigt als nicht einschränkendes Beispiel für ein wasserführendes Haushaltsgerät eine Waschmaschine 1, die einen Laugenbehälter 2 aufweist, in dem eine Trommel 3 drehbar gelagert und durch einen Trommelantriebsmotor 5 antreibbar ist. Für eine verbesserte Ergonomie ist bzw. kann die Drehachse 19 der Trommel 3 aus der Horizontalen um einen kleinen Winkel (z.B.  $13^\circ$ ) nach vorne oben gerichtet sein, so dass der Benutzer der Waschmaschine 1 einen leichteren Zugang und Einblick in das Innere der Trommel 3 hat. Durch diese Anordnung wird im Zusammenwirken mit Wäschemitteln 14 und Schöpfereinrichtungen 17 für die waschmittelhaltige wässrige Flüssigkeit 7, z.B. Waschlauge, an der Innenfläche des Trommelmantels außerdem auch eine Intensivierung der Durchflutung der Wäschestücke 4 mit Waschlauge 7 erreicht.

**[0053]** Die Waschmaschine 1 weist zudem ein Wasserzulaufsystem auf, das eine Wasseranschlussarmatur für das Hauswassernetz 20, ein elektrisch steuerbares Ventil 21 und eine Zuleitung 13 zum Laugenbehälter 2 umfasst, die gegebenenfalls auch über eine Waschmitteleinspülschale 12 geführt sein kann, aus der das zulaufende Wasser Waschmittelportionen in den Laugenbehälter 2 transportieren kann. Außerdem befindet sich im Laugenbehälter 2 eine Heizeinrichtung 16 zur Erwärmung von Wasser oder Waschlauge 7. Das Ventil 21 wie auch die Heizeinrichtung 16 können durch eine Steuerungseinheit 8 in Abhängigkeit von einem Programmablaufplan gesteuert werden, der an ein Zeitprogramm und/oder an das Erreichen von gewissen Messwerten von Parametern wie Laugenniveau, Laugentemperatur, Drehzahl der Trommel usw. innerhalb der Waschmaschine 1 gebunden sein kann. 9 bedeutet eine Motor-Trommel-Kontrolleinheit, welche insbesondere die Trommeldrehzahl  $n_T$ , den Antriebsstromwert  $I_{AT}$  und einen Trommeldrehzeitraum  $\Delta t_T$  bestimmen und speichern kann.

**[0054]** Außerdem ist die Steuerungseinheit 8 eingerichtet, um in der Waschmaschine 1 ein Verfahren durchzuführen, welches die Schritte

(a) Einstellen einer Pumpendrehzahl  $n$  auf einen Wert  $n_l$ , bei welcher ein Stutzendruck  $p$  der Pumpe 18 nicht ausreicht, um einen Förderstrom  $Q$  aufzubauen; und

(b) Messen eines Drehmomentes  $M$  der Pumpe 18 als Maß für ein Leerlaufdrehmoment  $M_l$

umfasst. Hierzu ist die Steuerungseinheit 8 insbesondere eingerichtet, die Betriebsparameter eines Pumpenantriebsmotors 26 zu ermitteln.

**[0055]** 6 bedeutet einen Drucksensor, d.h. einen Sensor für die Messung des hydrostatischen Druckes, im Laugenbehälter 2. Der hydrostatische Druck  $p$  ergibt sich aus dem Füllstand, der sich im Laugenbehälter 2 ausbildenden freien Flotte 7 und den bereits durchtränkten, zu reinigenden Wäschestücken.

**[0056]** Darüber hinaus umfasst die Waschmaschine 1 der hier gezeigten Ausführungsform eine Messeinrichtung 15

zum Ermitteln der eingefüllten Wassermenge, z.B. einen Wassermengenzähler oder einen Durchflussmesser. Im Falle eines Durchflussmessers wird die eingeflossene Wassermenge in Verbindung mit einer erfassten Füllzeit berechnet. Der Durchfluss kann als Redundanzsystem auch durch Messung der Zeit bis zum Erreichen einer vorgegeben Niveauhöhe, die einer bestimmten festen Wassermenge entspricht, bestimmt werden. Nicht gezeigt ist eine Waage zur Bestimmung der Menge an eingefüllten Wäschestücken. Bei der hier gezeigten Ausführungsform ermöglichen Durchfluss-

messer und Waage eine noch bessere Ausgestaltung einer Spülphase bzw. einer darin stattfindenden Schleuderphase. **[0057]** Da das erfindungsgemäße Verfahren über eine verbesserte Bestimmung des Leerlaufdrehmomentes  $M_l$  letztlich eine genauere Bestimmung des Förderstromes  $Q$  ermöglicht, kann durch Vergleich der eingefüllten Wassermenge mit der abgepumpten Wassermenge auf Menge und/oder Art der in der Trommel 3 befindlichen Wäschestücke 4 geschlossen werden.

**[0058]** 11 bedeutet eine Anzeigevorrichtung, mit der beispielsweise Verfahrensparameter, insbesondere ein Ablaufen eines Waschprogramms oder eine Leistungsaufnahme  $P$  des Pumpenantriebsmotors 26 angezeigt werden können.

**[0059]** 18 bedeutet eine Pumpe, bei dieser Ausführungsform z.B. eine radiale Kreiselpumpe, zum Pumpen der wässrigen Flüssigkeit 7 aus dem Laugenbehälter 2. Hierzu ist die Pumpe 18 im Ansaugkanalkanal 23 angeordnet. Die hier verwendete radiale Kreiselpumpe 18 ist mit der Steuerungseinheit 8 verbunden. Die Steuerungseinheit 8 ist dabei eingerichtet, die Leistungsaufnahme  $P$  der radialen Kreiselpumpe 18 zu erfassen und zu überwachen, den Antriebsstromwert  $I$ , d.h. den aufgeprägten elektrischen Strom, zu bestimmen und die Drehzahl  $n$  der radialen Kreiselpumpe 18 zu regeln.

**[0060]** Figur 2 zeigt die Abhängigkeit eines Drehmomentes  $M$  bzw. eines aufgeprägten elektrischen Stromes  $I$  des Pumpenantriebsmotors vom Förderstrom  $Q$ , wobei  $Q$  die Menge pro Zeiteinheit an einer geförderten wässrigen Flüssigkeit ist, sowie die Abhängigkeit des Leerlaufdrehmomentes vom Fördermedium. 27 ist eine Kennlinie für die Abhängigkeit des Drehmomentes  $M$  bzw. aufgeprägten elektrischen Stromes  $I$  des Pumpenantriebsmotors vom Förderstrom  $Q$ , wobei nur der über das Leerlaufdrehmoment  $M_l$  28 hinausgehende Anteil des Drehmomentes  $I$  für die Beförderung, d.h. das Pumpen der wässrigen Flüssigkeit verwendet wird. Das Leerlaufdrehmoment  $M_l$  28 ist für den Fall einer mit einer wässrigen Flüssigkeit gefüllten Pumpe größer als für eine teilbelüftete Pumpe (vgl. Punkt 29) oder für eine belüftete, freilaufende Pumpe (vgl. Punkt 30).

**[0061]** Fig. 2 illustriert das erfindungsgemäße Verfahren. Zur Ermittlung des Leerlaufdrehmomentes  $M_l$ , d.h. der Leerlaufast, bei der das lineare Verhältnis aus Drehmoment und Förderstrom bei 0 l/min die y-Achse schneidet, wird die Drehzahl  $n$  der Pumpe auf eine Leerlaufdrehzahl  $n_l$  angehoben, bei der der Pumpenantriebsmotor im geregelten Bereich arbeitet, der Stutzendruck der Pumpe jedoch noch nicht genügt, um hinsichtlich der wässrigen Flüssigkeit einen Förderstrom aufzubauen. Dadurch wird sichergestellt, dass jenes Drehmoment des Pumpenantriebsmotors erfasst wird, welches lediglich dafür aufgebracht wird, die Motorreibung und eine im Allgemeinen bekannte Leistung zum Druckaufbau zu überwinden. Sehr bevorzugt und daher im Allgemeinen durchgeführt, wird beim erfindungsgemäßen Verfahren die Drehzahl am Synchronisationszeitpunkt eines Reglers der Steuerungseinheit überschritten, so dass der Regler bzw. der Pumpenantriebsmotor in den geregelten Bereich übergeht. Dann lassen sich Stromwerte, insbesondere der drehmomentbildende Reglerstrom  $I_q$ , bzw. die Werte für das Drehmoment gut erfassen. Diese Messwerte, die auch als Kalibrierungsmesswerte bezeichnet werden können, werden vorzugsweise über eine vorgegebene Zeitperiode, z.B. 1 Sekunde, gemittelt und repräsentieren das Leerlaufdrehmoment  $M_l$  der Pumpe bei aktueller Motortemperatur und Drehzahl. Verallgemeinert kann dies auch so beschrieben werden, dass das Drehmoment  $M$  der Pumpe über einen vorgegebenen Zeitraum  $\Delta t$  gemessen wird und das in diesem Zeitraum gemessene mittlere Drehmoment  $M_m$  als Leerlaufdrehmoment  $M_l$  angesehen wird.

**[0062]** Allerdings ist vorzugsweise auf den Vergleichswert für den laufenden Betrieb, d.h. einen Pumpbetrieb bei höherer Drehzahl zur Beförderung der wässrigen Flüssigkeit, zu schließen, wie es im Folgenden anhand von Fig. 3 illustriert wird.

**[0063]** Fig. 3 zeigt in Form von Auftragungen eines aufgeprägten elektrischen Stromes  $I$  des Pumpenantriebsmotors von der Drehzahl  $n$  die Drehzahlabhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren. Anhand von Fig. 3 lässt sich zeigen, wie das bei einer Leerlaufdrehzahl bestimmte Leerlaufdrehmoment  $M_l$  auf eine anschließend beim tatsächlichen Pumpen benutzte Nenndrehzahl  $n$  der Pumpe extrapoliert werden kann.

**[0064]** In Fig. 3 bedeutet 31 die Kennlinie für den drehzahlunabhängigen Anteil der magnetischen Flussdichte am Drehmoment bzw. dem hier entsprechend verwendeten aufgeprägten Strom  $I$ . Die Kennlinie 32 berücksichtigt zusätzlich einen linear mit der Drehzahl  $n$  zunehmenden Anteil der Motorreibung, hierin für den flüssig gelagerten Rotor auch als Couette-Reibung bezeichnet. Kennlinie 33 berücksichtigt zusätzlich eine hier nicht gesondert gezeigte Kennlinie für einen quadratisch mit der Drehzahl  $n$  zunehmenden Anteil des Förderdrucks. Die Kennlinie 34 ergibt sich durch Addition eines auf den Förderstrom zurückgehenden Anteils am aufgeprägten Strom  $I$  zur Kennlinie 33.

**[0065]** Die Extrapolation auf eine beim tatsächlichen Pumpen benutzte Nenndrehzahl  $n$  der Pumpe lässt sich beispielhaft wie folgt illustrieren. Es wird von einer unbekannten, aber temporär konstanten Motortemperatur zum Zeitpunkt der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, das in diesem Zusammenhang auch als Initialisierung bezeichnet werden kann, ausgegangen. Wie erwähnt sind in Fig. 3 die vier Anteile an der Pumpenmotorlast, hier ausgedrückt als

aufgeprägter Strom  $I$ , über der Drehzahl  $n$  des Pumpenantriebsmotors dargestellt.

**[0066]** Die temperaturabhängige magnetische Flussdichte der Rotormagneten und damit der einzuprägenden reziprok-proportionale elektrische Strom sind von der Drehzahl  $n$  unabhängig, wobei deren Schnittpunkt mit der Ordinate jedoch im Allgemeinen bekannt ist. Dieser wird bei der Initialisierung ermittelt und damit berücksichtigt.

**[0067]** Die Motorreibung ist im Allgemeinen linear von der Drehzahl abhängig, mit dem Startpunkt im Koordinatenursprung. Der Rotor des Pumpenantriebsmotors, im Allgemeinen ein Permanentmagnet, ist bei den in wasserführenden Haushaltsgeräten verwendeten Pumpenantriebsmotoren im Allgemeinen in einem flüssigen Arbeitsmedium gelagert. Insbesondere ist dort ein Rotor vorzugsweise in einem Lauf- bzw. Spaltrohr in Silikonöl oder einem andere Arbeitsmedium gelagert. Daher wird der Rotor bisweilen auch als Nassläufer bezeichnet. Durch den im Allgemeinen engen Spalt zwischen Laufrohr und Rotor sowie aufgrund von messtechnischen Ergebnissen ist davon auszugehen, dass sich dort als Spaltströmung eine Couette-Strömung einstellt. Bei dieser Spaltströmung nimmt die Fluidreibung trotz Turbulenz proportional zur Strömungsgeschwindigkeit zu. Deshalb ist die Kennlinie 32, welche die Summe aus dem Beitrag von magnetischer Flussdichte und Motorreibung darstellt, linear, zumal die Lagerreibung oder Reibung an Dichtungen im Vergleich zur Fluidreibung in der Regel zu vernachlässigen ist.

**[0068]** Die Kennlinie des Förderdruckes, der durch das Laufrad der Pumpe erzeugt wird, ist im Allgemeinen quadratisch von der Drehzahl des Laufrades abhängig. Die Kennlinie 33 berücksichtigt im Vergleich zur Kennlinie 32 zusätzlich den Förderdruck.

**[0069]** Sobald sich bei Überschreitung der Nullförderdrehzahl, also der Drehzahl bei der gerade noch keine Förderung einer wässrigen Flüssigkeit stattfindet, z.B. 1800 Umdrehungen pro Minute (rpm) (Punkt 36 in Fig. 3) ein Förderstrom einstellt, schneidet die entsprechende quadratische Kennlinie die Abszisse.

**[0070]** Durch die Initialisierung wird also zunächst ein als Kalibrierungsmesswert 35 bezeichneter Stromwert  $I$  bei einer Leerlaufdrehzahl  $n_l$ , z.B. 1000 Umdrehungen pro Minute, gemessen, der den eingepprägten Strom in Abhängigkeit von der magnetischen Flussdichte, der Couette-Reibung der Magnetlaufrührströmung und den Anteil des aufgebauten Drucks enthält. Diese drei Terme addiert ergeben die Kennlinie 33, hier eine Parabel, auf der durch Gleichsetzen gemäß der Formel

$$M_{\text{liquid}} = M_{\text{idle}} + b_{\text{liquid}} (n_{\text{nom}} - n_{\text{idle}}) + c_{\text{liquid}} (n_{\text{nom}}^2 - n_{\text{idle}}^2)$$

auf das Leerlaufdrehmoment  $M_l$  37 der Nominaldrehzahl, beispielsweise 2800 Umdrehungen pro Minute, extrapoliert wird. Das damit ermittelte Leerlaufdrehmoment  $M_{\text{liquid}}$  für die zum Pumpen verwendete Nominaldrehzahl entspricht der Last, die durch die Pumpe bei 0 l/min Förderstrom  $Q$  aufgenommen wird, als dem Startwert der Drehmoment ( $iq$ )-Förderstrom-Kennlinie, z.B. der Kennlinie 27 von Fig. 2.

**[0071]** Fig. 4 zeigt in der Kennlinie 27 die Abhängigkeit eines aufgeprägten elektrischen Stromes  $I$ , hier als  $I_q$  bezeichnet, des Pumpenantriebsmotors vom Förderstrom  $Q$ , wobei  $Q$  die Menge pro Zeiteinheit an einer geförderten wässrigen Flüssigkeit ist. 28 bedeutet das Leerlaufdrehmoment  $M_l$ , welches hier auch der Startpunkt einer  $I/Q$ -Kennlinie ist.

**[0072]** Fig. 5 zeigt in Form von Auftragungen des Drehmomentes  $M$  bzw. des aufgeprägten elektrischen Stromes  $I$  gegen die Temperatur  $T_{\text{Paket}}$  des Pakets des Pumpenantriebsmotors als Maß für die Temperatur des Pumpenantriebsmotors schematisch den Einfluss der Motortemperatur auf die Verlust-Terme, d.h. Motorreibung, magnetischer Fluss, wobei das Lastmoment, also das direkt dem Pumpen von wässriger Flüssigkeit zugeordnete Drehmoment, konstant gehalten ist.

**[0073]** In Fig. 5 zeigt der Graph 39 den Einfluss der Temperaturabhängigkeit des magnetischen Flusses, der mit zunehmender Temperatur linear abnimmt, so dass ein entsprechend aufzuprägender Strom  $I$ , hierin auch mit  $I_q$  bezeichnet, linear ansteigt. Der Graph 40 zeigt die Temperaturabhängigkeit der Motorreibung. Wegen des im Allgemeinen verwendeten Betriebsmediums, z.B. eines Silikonöles, nimmt hier die Motorreibung aufgrund der mit der Temperatur abnehmenden Viskosität des Silikonöles ab, was sich in der Abnahme eines aufzuprägenden Stromes  $I$  mit zunehmender Temperatur  $T_{\text{Paket}}$  zeigt. Der Graph 38 zeigt den von der Temperatur nicht abhängigen Einfluss des Lastmomentes.

**[0074]** In Fig. 5 ist somit der durch das hierin beschriebene Verfahren, das im Wesentlichen eine kalibrierende Initialisierung darstellt, berücksichtigte Einfluss der Motortemperatur auf die Verlust-Terme beschrieben. Erwärmt sich der Motor ausgehend von Raumtemperatur aufgrund der Last, steigt zunächst die Wicklungstemperatur an. Die Pakettemperatur folgt im Allgemeinen mit einem zeitlich nachgeschalteten Offset. Die Temperatur einer üblicherweise verwendeten Spaltrohrfüllung, also die für Ausführungsformen der Erfindung beschriebene Verwendung eines flüssigen Betriebsmediums, meist eine Öl-Wasser-Emulsion, verhält sich ähnlich der Pakettemperatur, welche messtechnisch einfacher zu erfassen ist. Die magnetische Flussdichte  $B$  sinkt dagegen proportional zur Temperatur, weshalb der Regler, d.h. insbesondere eine Steuerungseinheit des wassergebundenen Haushaltsgerätes, einen reziprok-proportionalen Strom  $\Delta I_{\text{Fluss}}$  einprägen muss, um die Drehzahl bei konstanter Last aufrecht zu erhalten. Die Viskosität der Spaltrohrfüllung

verhält sich exponentiell-degressiv zur Temperatur. Da im Spaltrohr vermutlich eine Couette-Strömung herrscht, verhalten sich die Reibung und damit das Reibmoment  $I_{\text{Reib}}$  entsprechend degressiv. Das Lastmoment ist dabei in Fig. 3 als konstant angenommen worden, was experimentell beispielsweise durch Verwendung einer Drehmomentbremse erreicht werden kann.

5 **[0075]** Die Kurve bzw. Graph 41 stellt das Ergebnis einer Addition der drei Lastterme daher. Die Kurve 41 zeigt dabei das sich insgesamt ergebende Drehmoment  $M(I_{\text{ges}})$  des Pumpenantriebsmotors bei stationärem Betrieb in Abhängigkeit von der Temperatur. Experimentell wurde gefunden, dass sich der typische Verlauf von Kurve 41 mit lokalen Minima bei mittleren Pakettemperaturen bzw. mittleren Temperaturen des Betriebsmediums für unterschiedliche Lasten zeigte.

10 Bezugszeichenliste

**[0076]**

- 1 Waschmaschine
- 15 2 Laugenbehälter
- 3 Trommel
- 4 Wäschestücke
- 5 Antriebsmotor für die Trommel, Trommelantriebsmotor
- 6 Drucksensor
- 20 7 wässrige Flüssigkeit, freie Flotte, Waschlauge
- 8 Steuereinrichtung
- 9 Motor-Trommel-Kontrolleinheit
- 10 Temperatursensor
- 11 Anzeigevorrichtung
- 25 12 (Waschmittel)Einspülschale
- 13 Zuleitung zum Laugenbehälter
- 14 Wäschemitnehmer
- 15 Messvorrichtung zum Ermitteln der eingefüllten Wassermenge
- 16 Heizeinrichtung
- 30 17 Schöpfereinrichtung
- 18 Pumpe, z.B. radiale Kreiselpumpe
- 19 Drehachse (der Trommel)
- 20 Wasserzuleitung, Hauswassernetz, Wasserversorgung
- 21 (elektrisch steuerbares) Ventil
- 35 22 Zeitmesseinrichtung
- 23 Ansaugkanal der Pumpe
- 24 Dichtesensor
- 25 Druckkanal der Pumpe
- 26 Pumpenantriebsmotor; drehzahlvariabler, permanenterregter Synchronmotor; BLDC-Motor
- 40 27 Kennlinie für die Abhängigkeit des Drehmomentes  $M$  bzw. aufgeprägten elektrischen Stromes  $I$  des Pumpenantriebsmotors vom Förderstrom  $Q$
- 28 Leerlaufdrehmoment  $M_l$
- 29 Leerlaufdrehmoment  $M_l$  für den Fall einer teilbelüfteten Pumpe
- 30 Leerlaufdrehmoment  $M_l$  für den Fall einer belüfteten, freilaufende Pumpe
- 45 31 Kennlinie für den drehzahlunabhängigen Anteil der magnetischen Flussdichte am Drehmoment bzw. einem entsprechend verwendeten aufgeprägten Strom  $I$
- 32 Kennlinie, welche zusätzlich zur Kennlinie 31 einen linear mit der Drehzahl  $n$  zunehmenden Anteil der Motorreibung berücksichtigt
- 33 Kennlinie, welche zusätzlich zur Kennlinie 32 einen quadratisch mit der Drehzahl  $n$  zunehmenden Anteil des Förderdrucks berücksichtigt
- 50 34 Kennlinie, welche zusätzlich zur Kennlinie 33 den auf einen Förderstrom zurückgehenden Anteil am aufgeprägten Strom  $I$  berücksichtigt
- 35 Kalibrierungsmesswert; Leerlaufdrehmoment  $M_l$  bzw.  $M_{\text{idle}}$  bei Leerlaufdrehzahl  $n_{\text{idle}}$
- 36 Aufgeprägter Strom als Maß für Drehmoment bei Nullförderdrehzahl
- 55 37 Vergleichsdrehmoment  $M_N$ ; extrapoliertes Leerlaufdrehmoment  $M_{\text{liquid}}$ ; d.h. im Förderbetrieb bei der Nenndrehzahl  $n_{\text{nom}}$ ; Startwert der  $I/Q$ -Kennlinie
- 38 Graph 38, welcher den von der Temperatur nicht abhängigen Einfluss des Lastmomentes zeigt
- 39 Graph, welcher den Einfluss der Temperaturabhängigkeit des magnetischen Flusses auf  $I$  bzw.  $M$  zeigt

- 40 Graph 40, welcher den Einfluss der Temperaturabhängigkeit der Motorreibung auf I bzw. M zeigt  
 41 Graph, welcher die Addition der drei Lastterme darstellt, d.h. der Graphen 38, 39 und 40

## 5 Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines wasserführenden Haushaltsgerätes (1), das eine Pumpe (18) zur Beförderung einer wässrigen Flüssigkeit (7), einen drehzahlvariablen, permanenterregten Synchronmotor als Pumpenantriebsmotor (26) und eine Steuerungseinheit (8) aufweist, umfassend die Schritte  
 10 (a) Einstellen einer Pumpendrehzahl  $n$  auf einen Wert  $n_l$ , bei welcher ein Stutzendruck  $p$  der Pumpe (18) nicht ausreicht, um einen Förderstrom  $Q$  aufzubauen; und  
 (b) Messen eines Drehmomentes  $M$  der Pumpe (18) als Maß für ein Leerlaufdrehmoment  $M_l$ .
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Messen des Drehmomentes  $M$  durch Messung einer elektrischen Größe des Pumpenantriebsmotors (26) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Pumpenantriebsmotor (26) eine Stromstärke  $I$  als Leerlaufstromstärke  $I_l$  gemessen wird und das Drehmoment  $M_l$  anhand eines in der Steuerungseinheit (8) hinterlegten Zusammenhanges zwischen der Stromstärke  $I$  und dem Drehmoment  $M$  bestimmt wird.  
 20
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Drehmoment  $M$  der Pumpe (18) über einen vorgegebenen Zeitraum  $\Delta t$  gemessen wird und das in diesem Zeitraum gemessene mittlere Drehmoment  $M_m$  als Leerlaufdrehmoment  $M_l$  angesehen wird.  
 25
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zeitraum  $\Delta t$  von 0,2 bis 3 sec beträgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pumpenantriebsmotor (26) in einem geregelten Bereich arbeitet, indem die Drehzahl  $n_l$  größer ist als eine Drehzahl  $n_s$  an einem Synchronisationszeitpunkt.  
 30
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Rotor des Pumpenantriebsmotors (26) in einem flüssigen Arbeitsmedium gelagert ist.
- 35 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Leerlaufdrehmoment  $M_l$  bei der Drehzahl  $n_l$  auf ein Vergleichsdrehmoment  $M_N$  für die Drehzahl  $n_N$  extrapoliert wird, bei welcher die Pumpe (18) einen von Null verschiedenen Förderstrom aufweist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Extrapolation die drehzahl- und/oder temperaturabhängigen Beiträge der magnetischen Flussdichte, der Motorreibung und/oder des Förderdrucks der Pumpe (18) berücksichtigt werden.  
 40
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** es vor jedem Pumpen von wässriger Flüssigkeit (7) in einem Behandlungsverfahren im wasserführenden Haushaltsgerät (1) durchgeführt wird.  
 45
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Leerlaufdrehmoment  $M_l$  mit mindestens einem zuvor gespeicherten Leerlaufdrehmoment  $M_l^{old}$  verglichen wird, die Differenz  $\Delta M = |M_l - M_l^{old}|$  bestimmt wird und für den Fall, dass  $\Delta M > \Delta M^{lim}$  ist, wobei  $\Delta M^{lim}$  ein vorgegebener zulässiger Maximalwert für diese Differenz ist, auf einen fehlerhaften Betrieb der Pumpe (18) geschlossen wird.  
 50
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Fall eines Pumpenantriebsmotors (26) mit einem in einem flüssigen Arbeitsmedium eingetauchten Rotor eine Abnahme des Leerlaufdrehmomentes  $M_l$  um mehr als einen vorgegebenen zulässigen Wert  $\Delta M_{loss}$  auf einen Verlust an flüssigem Arbeitsmedium aufgrund einer Undichtigkeit geschlossen wird.  
 55
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Bestimmung des Förderstromes  $Q$  das zur Beförderung der wässrigen Flüssigkeit (7) erforderliche zusätzliche Drehmoment  $M_F$  herangezogen wird, das sich aus der Differenz zwischen einem gemessenen Drehmoment  $M$  bei einer Drehzahl  $n_N$ , bei welcher die

Pumpe (18) einen von Null verschiedenen Förderstrom aufweist, und dem Leerlaufdrehmoment  $M_l$  bzw. einem extrapolierten Vergleichsdrehmoment  $M_N$  ergibt.

- 5 14. Wasserführendes Haushaltsgesät (1), aufweisend eine Pumpe (18) zur Beförderung von wässrigen Flüssigkeiten (7), einen drehzahlvariablen, permanenterregten Synchronmotor als Pumpenantriebsmotor (26) und eine Steuerungseinheit (8), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinheit (8) eingerichtet ist zur Durchführung eines Verfahrens mit den Schritten

- 10 (a) Einstellen einer Pumpendrehzahl  $n$  auf einen Wert  $n_l$ , bei welcher ein Stutzendruck  $P$  der Pumpe (18) nicht ausreicht, um einen Förderstrom  $Q$  aufzubauen; und  
(b) Messen eines Drehmomentes  $M$  der Pumpe (18) als Maß für ein Leerlaufdrehmoment  $M_l$ .

- 15 15. Wasserführendes Haushaltsgesät (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Rotor des Pumpenantriebsmotors (26) in einem flüssigen Arbeitsmedium gelagert ist.

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

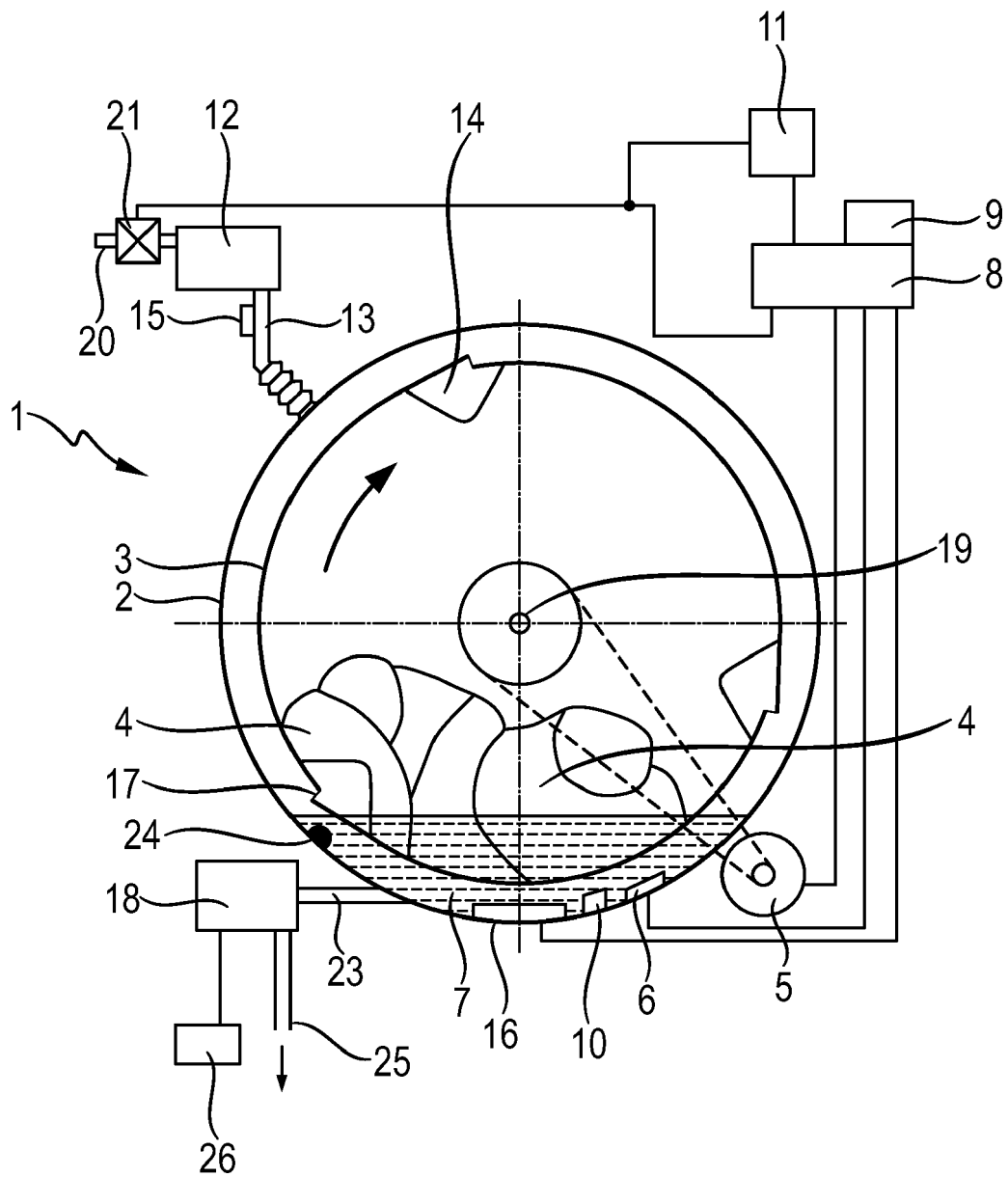


Fig. 2

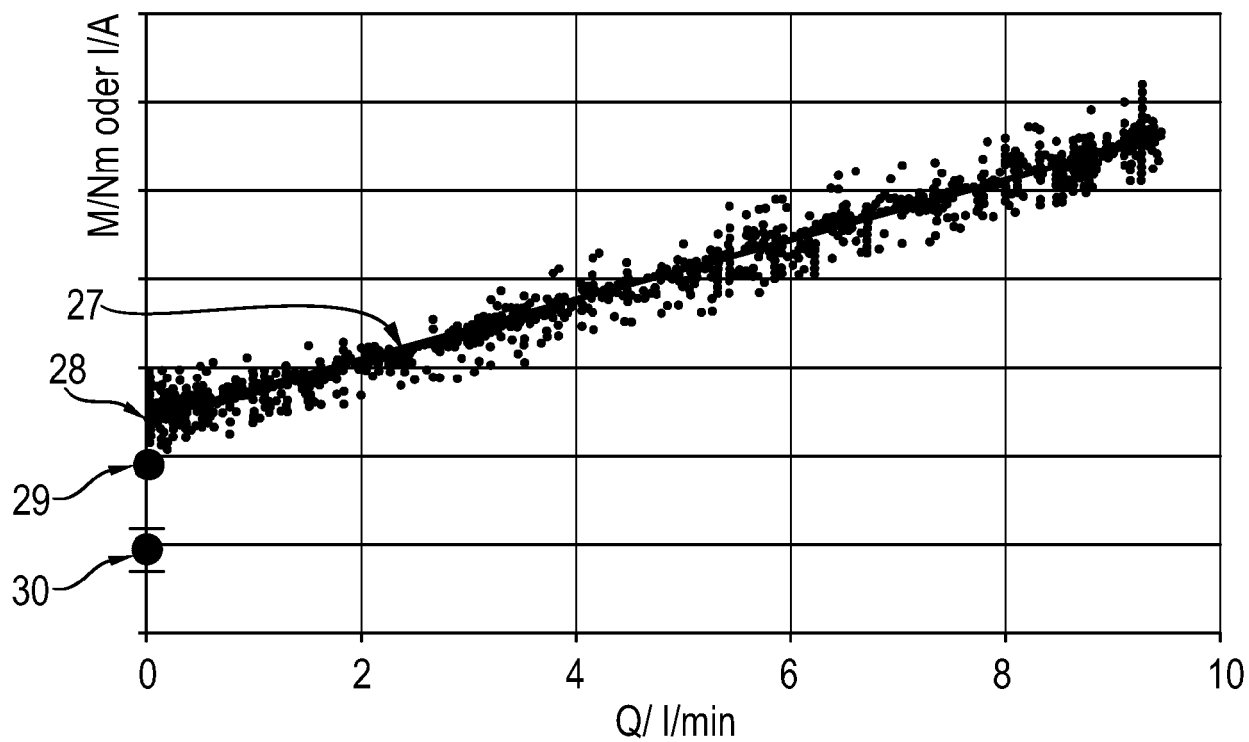


Fig. 3

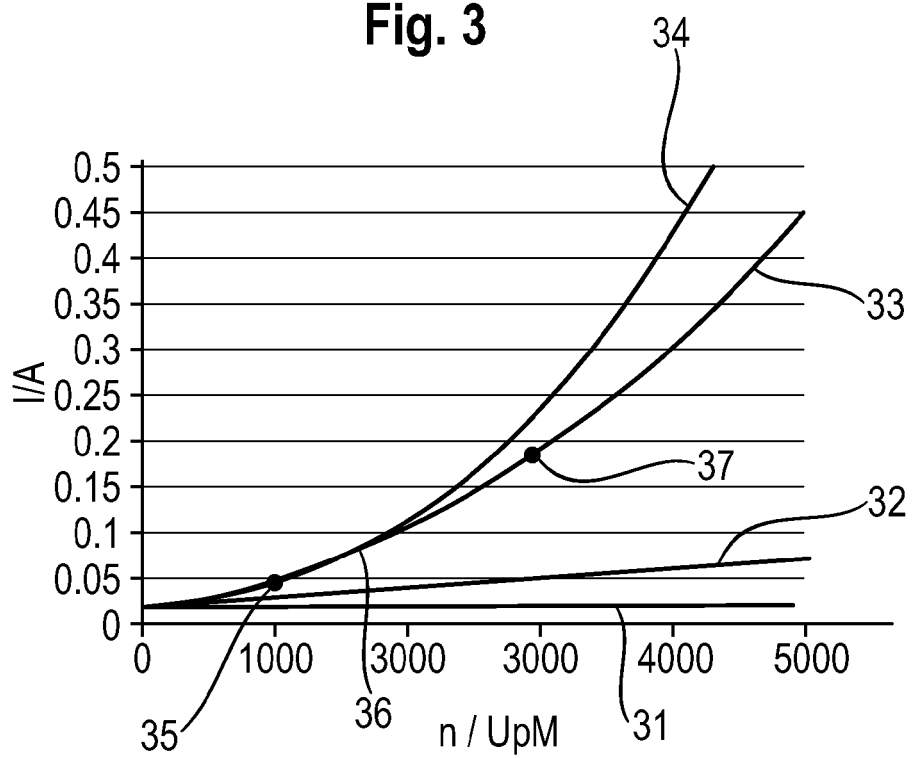


Fig. 4

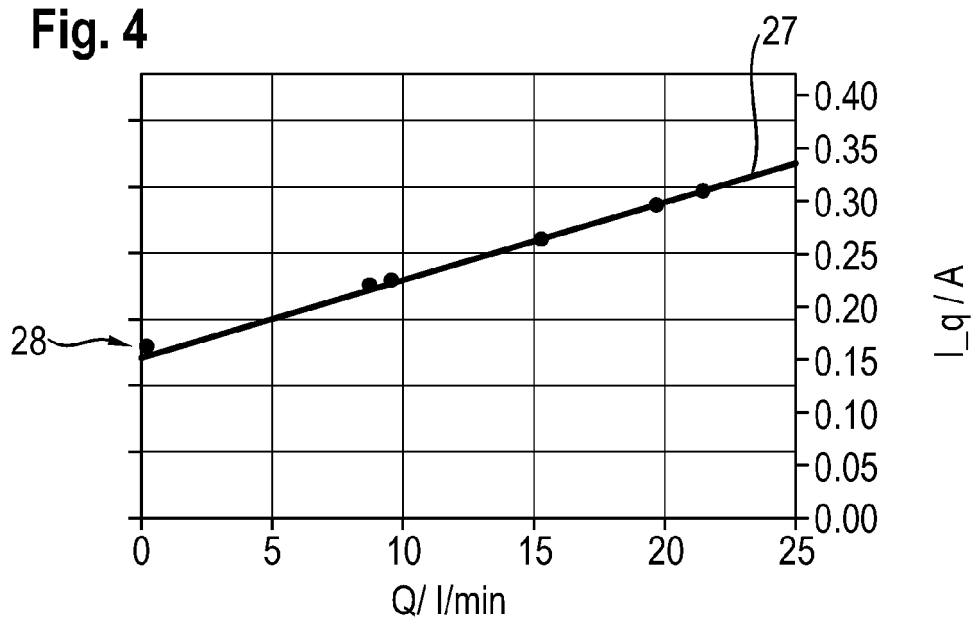
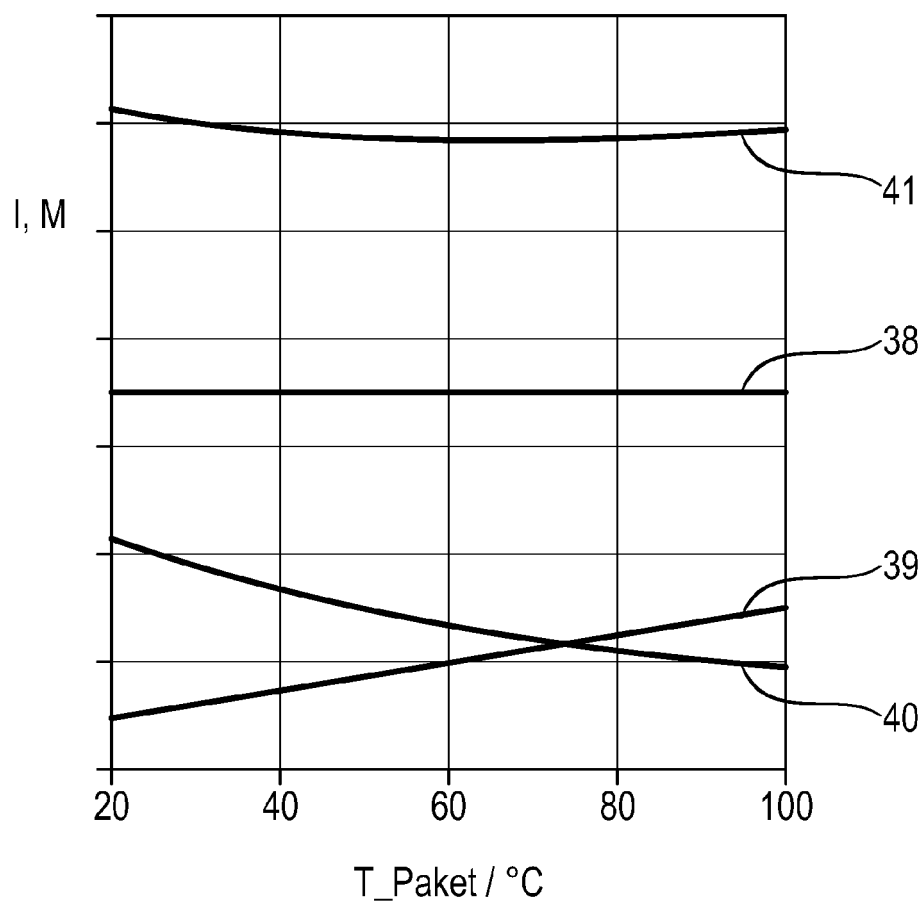


Fig. 5





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 18 17 7243

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                     | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)    |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | WO 2009/156326 A2 (BSH BOSCH & SIEMENS HAUSGERÄTE GMBH)<br>30. Dezember 2009 (2009-12-30)<br>* das ganze Dokument *     | 1,2,14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | INV.<br>A47L15/00<br>D06F33/02        |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                 | -----                                                                                                                   | 3-13,15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                       |
| A,D                                                                                                                                                                                                                                                                               | EP 2 442 438 A2 (BSH BOSCH SIEMENS HAUSGERÄTE [DE])<br>18. April 2012 (2012-04-18)<br>* Absatz [0015] - Absatz [0021] * | 1-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | -----                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | D06F<br>A47L                          |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                       |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                         | Abschlußdatum der Recherche<br><b>15. November 2018</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Prüfer<br><b>Jezierski, Krzysztof</b> |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                         | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                       |

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 17 7243

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten  
 Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-11-2018

| 10 | Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|    | WO 2009156326 A2                                   | 30-12-2009                    | CN 102077461 A                    | 25-05-2011                    |
|    |                                                    |                               | DE 102008029910 A1                | 31-12-2009                    |
| 15 |                                                    |                               | EP 2291909 A2                     | 09-03-2011                    |
|    |                                                    |                               | RU 2011101449 A                   | 27-07-2012                    |
|    |                                                    |                               | WO 2009156326 A2                  | 30-12-2009                    |
|    | -----                                              |                               |                                   |                               |
|    | EP 2442438 A2                                      | 18-04-2012                    | DE 102010042491 A1                | 03-05-2012                    |
| 20 |                                                    |                               | EP 2442438 A2                     | 18-04-2012                    |
|    | -----                                              |                               |                                   |                               |
| 25 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 30 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 35 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 40 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 45 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 50 |                                                    |                               |                                   |                               |
| 55 |                                                    |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- |                                           |                             |
|-------------------------------------------|-----------------------------|
| • DE 102010042494 A1 [0003]               | • DE 102011000287 A1 [0009] |
| • DE 102010042491 A1 [0004]               | • DE 102009002150 A1 [0010] |
| • EP 2933365 A1 [0005]                    | • DE 102007030072 A1 [0011] |
| • DE 102008029910 B4 [0006] [0020] [0043] | • DE 4418721 A1 [0012]      |
| • EP 2918721 A1 [0007]                    | • DE 69110356 T2 [0013]     |