



(11)

EP 3 534 000 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**04.09.2019 Patentblatt 2019/36**

(51) Int Cl.:

**F04B 35/04** (2006.01)**F04B 49/02** (2006.01)**F04B 49/06** (2006.01)(21) Anmeldenummer: **18159462.3**(22) Anmeldetag: **01.03.2018**

(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: **Nidec Global Appliance Germany GmbH  
24939 Flensburg (DE)**

(72) Erfinder:  

- **Freiberger, Alfred  
Grosswilfersdorf (AT)**
- **Schögler, Hans Peter  
Fehring (AT)**

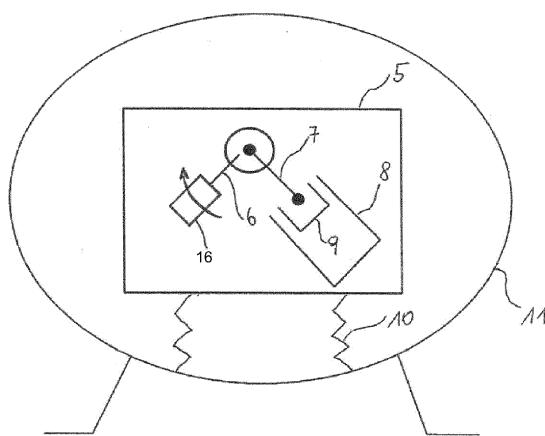
(74) Vertreter: **KLIMENT & HENHAPEL  
Patentanwälte OG  
Gonzagagasse 15/2  
1010 Wien (AT)**

(54) **SYSTEM UMFASSEND EINEN KÄLTEMITTELKOMPRESSOR UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN DES KÄLTEMITTELKOMPRESSORS**

(57) System umfassend einen Kältemittelkompressor und eine elektronische Steuerungseinrichtung (13) für den Kältemittelkompressor (1), welcher Kältemittelkompressor (1) zumindest umfasst eine Antriebseinheit (16), einen mittels der Antriebseinheit (16) antreibbaren Kompressionsmechanismus (5) mit einem über eine Kurbelwelle (6) antreibbaren Kolben (9), wobei die elektronische Steuerungseinrichtung (13) dazu eingerichtet ist, eine Drehzahl ( $\omega$ ) der Kurbelwelle (6) zu erfassen und zu steuern und/oder regeln sowie eine Kolbenposition des Kolbens (9) zumindest annähernd zu erfassen. Erfindungsgemäß ist die elektronische Steuerungseinrichtung (13) dazu eingerichtet, bei abgeschalteter Antriebseinheit (16) eine Energiebeurteilungsgrößendifferenz (W) zu bestimmen, die proportional zu einer für die Durchführung einer Kurbelwellenumdrehung benötigten Energie ist, bei einer Messdrehzahl ( $\omega_0$ ) eine Energiebeurteilungsgröße ( $E(\omega_0)$ ), die proportional zu einer Rotationsenergie bei der Messdrehzahl ( $\omega_0$ ) ist, zu bestimmen sowie die Anzahl der bei abgeschalteter Antriebseinheit (16) verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen (N) bis zum Stillstand des Kompressionsmechanismus (5), zu prüfen, ob die verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen (N) bei Abschalten der Antriebseinheit (16) bei einer Referenz-Kolbenposition ein Anhalten des Kompressionsmechanismus (5) in dessen Saugphase ermöglichen.

urteilungsgrößendifferenz (W) zu bestimmen, die proportional zu einer für die Durchführung einer Kurbelwellenumdrehung benötigten Energie ist, bei einer Messdrehzahl ( $\omega_0$ ) eine Energiebeurteilungsgröße ( $E(\omega_0)$ ), die proportional zu einer Rotationsenergie bei der Messdrehzahl ( $\omega_0$ ) ist, zu bestimmen sowie die Anzahl der bei abgeschalteter Antriebseinheit (16) verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen (N) bis zum Stillstand des Kompressionsmechanismus (5), zu prüfen, ob die verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen (N) bei Abschalten der Antriebseinheit (16) bei einer Referenz-Kolbenposition ein Anhalten des Kompressionsmechanismus (5) in dessen Saugphase ermöglichen.

Fig. 2



## Beschreibung

### GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein System umfassend einen Kältemittelkompressor und eine elektronische Steuerungseinrichtung für den Kältemittelkompressor, welcher Kältemittelkompressor zumindest umfasst

eine Antriebseinheit,

einen mit einem Rotor der Antriebseinheit in Wirkverbindung stehenden Kompressionsmechanismus mit zumindest einem in einem Zylinder eines Zylinderblocks hin und her bewegbaren, über eine Kurbelwelle antreibbaren Kolben, um zyklisch Kältemittel während einer Saugphase in den Zylinder zu saugen und das Kältemittel während einer auf die Saugphase folgenden Verdichtungsphase im Zylinder zu verdichten,

wobei die elektronische Steuerungseinrichtung dazu eingerichtet ist,

eine Drehzahl der Kurbelwelle zu erfassen und zu steuern und/oder regeln,

eine Kolbenposition des Kolbens zumindest annähernd zu erfassen.

**[0002]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich außerdem auf ein Verfahren zum Betreiben eines Kältemittelkompessors mit einer Antriebseinheit, einem mittels der Antriebseinheit antreibbaren Kompressionsmechanismus umfassend einen Kolben sowie eine mit diesem über ein Pleuel in Verbindung stehende Kurbelwelle.

### STAND DER TECHNIK

**[0003]** Derartige elektronische Steuerungseinrichtungen kommen bei drehgeschwindigkeitsvariablen bzw. drehzahlvariablen Kältemittelkompessoren zum Einsatz, insbesondere auch bei Kältemittelkompessoren, die auf dem Hubkolbenprinzip aufbauen. Drehzahlvariable Kältemittelkompessoren haben den Vorteil, dass sie spezifischer auf Kälteanforderungen des zu kühlen Objekts abgestimmt werden können indem sie beispielsweise im Falle geringerer Kälteanforderungen mit geringerer Drehzahl und im Falle einer erhöhten Kälteanforderung, mit entsprechend erhöhter Drehzahl betrieben werden können.

**[0004]** Der Aufbau von drehzahlvariablen Hubkolbenkältemittelkompessoren ist hinlänglich bekannt. Sie bestehen im Wesentlichen aus einer Antriebseinheit und einem Kompressionsmechanismus in Form eines in einem Zylindergehäuse sich zwischen einem oberen und unteren Totpunkt hin und her bewegenden Kolben, der über ein Pleuel mit einer Kurbelwelle verbunden ist, die wiederum drehstarr mit einem Rotor der Antriebseinheit gekoppelt ist.

**[0005]** Als Antriebseinheit kommt typischerweise ein bürstenloser Gleichstrommotor zum Einsatz. Dabei ist es möglich die relative Position des Rotors des Gleichstrommotors und damit auch die Drehgeschwindigkeit

sowie die Drehzahl des Motors bzw. des Kompressionsmechanismus auf Basis der in der Motorwicklung induzierten Gegenspannung (Induktionsgegenspannung) zu bestimmen. Dieses Verfahren kommt ohne separate Sensoren aus und ist daher besonders einfach zu implementieren und wenig störanfällig.

**[0006]** Problematisch gestaltet sich bei Hubkolbenkältemittelkompessoren der Anhalteprozess. Im Betriebszustand des Kältemittelkompessors wirken in der Saug- und Kompressionsphase unterschiedliche Gaskräfte (bewirkt durch die Kältemitteldruckverhältnisse im System) und Reibungskräfte (beide gemeinsam werden als Lastmoment bezeichnet) auf den Kompressionsmechanismus, was bei genauerer Betrachtung in einer über den Kurbelwinkel ungleichförmigen, weil variierenden Drehgeschwindigkeit resultiert. In der vorliegenden Anmeldung wird grundsätzlich zwischen den Begriffen Drehzahl und Drehgeschwindigkeit unterschieden. Der Begriff Drehgeschwindigkeit wird verwendet, wenn die tatsächliche, momentane Drehgeschwindigkeit gemeint ist, die bei Hubkolbenkältemittelkompessoren nach dem Stand der Technik über den Kurbelwinkel variiert, wohingegen der Begriff Drehzahl dann verwendet wird, wenn die durchschnittliche Drehzahl einer Kurbelwellenumdrehung gemeint ist, also jener Wert der gemeinhin gemeint ist, wenn man von der Drehzahl eines Hubkolbenkältemittelkompessors spricht.

**[0007]** Konkret wirkt während der Kompressionsphase, welche im Wesentlichen einer Bewegung des Kolbens vom unteren Totpunkt zum oberen Totpunkt entspricht, ein gegenüber der Saugphase erhöhtes Lastmoment auf den Kompressionsmechanismus, welches vom Betriebsdrehmoment der Antriebseinheit überwunden werden muss, um den Verdichtungsprozess in Gang zu halten. Das erhöhte Lastmoment in der Kompressionsphase führt bei Hubkolbenkältemittelkompessoren nach dem Stand der Technik, die mit konstanter Spannung betrieben werden, zu einer Verringerung der Drehgeschwindigkeit des Kompressionsmechanismus in der Kompressionsphase.

**[0008]** Während der Saugphase, welche im Wesentlichen einer Bewegung des Kolbens vom oberen zum unteren Totpunkt entspricht, hingegen, bewirken die Gaskräfte gegenüber der Kompressionsphase ein verringertes Lastmoment. Dies führt zu einer Erhöhung der Drehgeschwindigkeit des Kompressionsmechanismus während der Saugphase.

**[0009]** Insgesamt wirkt somit ein über den Kurbelwinkel variierendes Lastmoment auf den Kompressionsmechanismus, wobei die Schwankungsbreite des Lastmoments vor allem vom Druckverhältnis im Kältemittelkreislauf abhängt und zu unterschiedlich hohen Winkelbeschleunigungen und damit zu einer über den Kurbelwinkel ungleichförmigen Drehgeschwindigkeit des Kompressionsmechanismus während einer Kurbelwellenumdrehung führt.

**[0010]** Um Schwingungen und Vibrationen des Kompressionsmechanismus während des Betriebs auszu-

gleichen, ist dieser samt Antriebseinheit über Federelemente in einem Gehäuse gelagert. Die Eigenfrequenzen dieses Schwingungssystems liegen je nach Kompressionsotyp zwischen 5 Hz und 16 Hz.

**[0011]** Somit führt das während jeder Kurbelwellenumdrehung wiederkehrende, erhöhte Lastmoment während der Kompressionsphase, insbesondere bei Betrieb des Hubkolbenkältemittelkompressors bei Drehgeschwindigkeiten bzw. Drehzahlen unterhalb eines Bereichs zwischen 1000 U/min und 700 U/min zu Stößen auf den Kompressionsmechanismus, welche den Kompressionsmechanismus samt Antriebseinheit in die Federelemente drücken und diese auslenken, wobei die Stoßfrequenz im Bereich der Eigenfrequenz des Schwingungssystems liegt, sodass sich die Auslenkungen der Federelemente mit jeder Kurbelwellenumdrehung derart vergrößern, dass der Kompressionsmechanismus und/oder die Antriebseinheit gegen das Gehäuse schlagen können, wodurch es zu unerwünschten Schallemissionen kommen kann. Dieser Umstand ist auch ein Grund, dass bekannte Hubkolbenkältemittelkompressoren in der normalen, geregelten Betriebsphase nicht unterhalb eines Bereichs zwischen 1000 U/min und 700 U/min betrieben werden.

**[0012]** Die beschriebenen, unerwünschten Schallemissionen eines Hubkolbenkältemittelkompressors bei geringen Drehgeschwindigkeiten/Drehzahlen treten aber nicht nur im normalen, geregelten Betrieb auf sondern vor allem auch während des Anhalteprozesses, wo diese geringen Drehgeschwindigkeiten/Drehzahlen durchfahren werden müssen. Der Anhalteprozess läuft in der Regel wie folgt ab:

Ist nach einer entsprechend andauernden normalen, geregelten Betriebsphase des Kältemittelkompressors die Zieltemperatur des zu kühlenden Objektes, beispielsweise eines Kühlfachs eines Kühlschranks erreicht, sendet die elektronische Steuerungseinrichtung des Kühlschranks ein Signal an die elektronische Steuerungseinrichtung des Kältemittelkompressors, mit welchem dieser mitgeteilt wird, dass keine Kühlleistung mehr benötigt wird, da die Zieltemperatur erreicht ist. Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, dass daraufhin die elektronische Steuerungseinrichtung des Kältemittelkompressors den Antrieb abschaltet (Abschaltzeitpunkt) und der Anhalteprozess beginnt.

**[0013]** Die Kurbelwelle des Kompressionsmechanismus durchläuft auch nach dem Abschaltzeitpunkt jeweils vollständige Umdrehungen beginnend beim oberen Totpunkt (Kurbelwinkel 0°), wobei zunächst eine Saugphase (korrekt: Saug- und Rückexpansionsphase) durchlaufen wird, während welcher Kältemittel in den Zylinder gesaugt wird. Diese Saugphase endet, theoretisch wenn der Zylinder den unteren Totpunkt (Kurbelwinkel 180°) erreicht hat. Danach beginnt die Kompressionsphase (korrekt: Kompressions- und Ausschiebephase), wäh-

rend welcher das im Zylinder befindliche Kältemittel komprimiert wird und aus dem Zylinder ausgeschoben wird. Die Kompressionsphase endet theoretisch, wenn der Kolben den oberen Totpunkt (Kurbelwinkel 360°) wieder erreicht hat. In der Praxis beginnt die tatsächliche Kompression des Kältemittels allerdings erst bei einem Kurbelwinkel von in etwa 210° (abhängig vom Kältemittelkompressor, den Druckverhältnisse, der Ventilauslegung etc.) jedenfalls aber nach 180° und die Saugphase in etwa bei 30°, jedenfalls aber nach dem oberen Totpunkt.

**[0014]** Das Abschalten der Antriebseinheit des Kältemittelkompressors zu einem Abschaltzeitpunkt leitet den Anhalteprozess ein und führt dazu, dass sich der Kompressionsmechanismus in einem antriebslosen Zustand (ohne Betriebsdrehmoment) befindet und sich nur aufgrund seiner Massenträgheit noch weiter dreht, bis er vollkommen zum Stillstand gekommen ist, d.h. seine Drehgeschwindigkeit bzw. Drehzahl 0 ist. Umgangssprachlich könnte man auch sagen, dass der Kältemittelkompressor "ausläuft".

**[0015]** Während des antriebslosen Zustandes drehen sich der Kompressionsmechanismus und die Antriebseinheit ausschließlich aufgrund der kinetischen Energie, die sie zum Abschaltzeitpunkt innehaben, sowie der Massenträgheit. Sie drehen sich damit sozusagen unkontrolliert und ihr Drehgeschwindigkeitsverhalten bzw. Drehzahlverhalten ist abhängig von dem auf den Kompressionsmechanismus wirkenden Lastmoment. Das Lastmoment führt zu einer Verringerung der Drehgeschwindigkeit bzw. der Drehzahl des antriebslos ausdrehenden Kältemittelkompressors, so dass die kinetische Energie des Kompressionsmechanismus immer geringer wird, bis sie, abhängig von den Druckverhältnissen im Kältemittelkreislauf, möglicherweise nicht mehr ausreicht, um das Lastmoment zu überwinden.

**[0016]** Besonders problematisch ist dabei jener Fall, in welchem sich der Kolben gerade in einer Kompressionsphase befindet, wenn die kinetische Energie des Kompressionsmechanismus/der Antriebseinheit nicht mehr ausreicht, das Lastmoment zu überwinden, und der Kolben des Kompressionsmechanismus wieder in Richtung unterer Totpunkt zurückgedrückt wird, wobei sich die Drehrichtung des Kompressionsmechanismus damit umkehrt. Mit anderen Worten reicht die kinetische Energie nicht mehr aus, die Kompressionsphase abzuschließen und das verdichtete Kältemittel auszuschieben, sodass das verdichtete Kältemittel im Zylinder rückexpandiert und so den Kolben in Richtung des unteren Totpunkts zurückdrückt.

**[0017]** Mit der Drehrichtungsumkehr ist ein zusätzlicher, auf den Kompressionsmechanismus wirkender Anhalteruck verbunden, der den Kompressionsmechanismus/die Antriebseinheit in die Federelemente drückt und diese zusätzlich auslenkt.

**[0018]** Gerade während des Anhalteprozesses, wo, wie oben bereits beschrieben, kein positives Betriebsdrehmoment dem Lastmoment entgegenwirkt, trägt der

Anhaltruck aufgrund der Drehrichtungsumkehr maßgeblich zur Auslenkung der Federelemente bei, so dass die Wahrscheinlichkeit, dass der Kompressionsmechanismus/die Antriebseinheit an der Gehäusewand anschlagen und damit unerwünschte Geräuschemissionen verursachen werden, wesentlich erhöht wird. Dieser Effekt resultiert im Wesentlichen aus dem Impulserhaltungssatz, gemäß welchem der Anhaltruck durch eine Gegenauslenkung der Antriebseinheit ausgeglichen wird. Insbesondere für Antriebseinheiten mit verringerten Massenträgheitsmomenten, wie beispielsweise bürstenlose Gleichstrommotoren (Brushless DC Motoren), führt dieselbe Anhaltruck zu einer entsprechend größeren Auslenkung.

**[0019]** Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, die antriebslose Phase durch Anlegen eines Bremsmomentes zu beenden und dadurch zumindest ein Zurückschlagen des Kältemittelkompressors und damit des Anhaltrucks zu vermeiden. Konkret ist es aus der EP 2669519 A1 und der daraus abgezweigten DE 202012013046 U1 bekannt, den antriebslos drehenden Kompressionsmechanismus/Antriebseinheit nach dem Abschaltzeitpunkt bei Unterschreiten einer bestimmten Drehzahl mittels eines Bremsmomentes abzubremsen. Dazu ist es erforderlich, die Drehzahl des antriebslos drehenden Kompressionsmechanismus nach dem Abschaltzeitpunkt ständig zu überwachen und bei einer definierten Drehzahl, die jedenfalls noch ausreichend hoch sein muss, um das Lastmoment bis dahin zu überwinden, den Kompressionsmechanismus mittels eines Bremsmomentes, welches an den Kompressionsmechanismus angelegt wird, aktiv abzubremsen.

**[0020]** Ein Nachteil des Stands der Technik äußert sich darin, dass der aktive Bremsvorgang die Energieeffizienz des Kältemittelkompressors negativ beeinflusst, da bei jedem Anhalteprozess Bremsenergie aufgebracht werden muss. Zusätzlich dazu wird das Bremsmoment bereits bei einer verhältnismäßig hohen Drehzahl angelegt werden, was energetisch nachteilig ist und darüberhinaus auch zusätzliche Schallemissionen verursacht.

#### AUFGABE DER ERFINDUNG

**[0021]** Ziel der Erfindung ist es daher, ein System mit einem Kältemittelkompressor, vorzugsweise einem Hubkolbenkältemittelkompressor, und einer elektronischen Steuerungseinrichtung für den Kältemittelkompressor vorzusehen sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Kältemittelkompressors, vorzugsweise eines Hubkolbenkältemittelkompressors, welche das Auftreten des Anhaltrucks zuverlässig verhindern, ohne dass dafür aktiv ein Bremsmoment angelegt werden muss, womit ein optimierter Betrieb des Kältemittelkompressors hinsichtlich Energieeffizienz und Schallemissionen ermöglicht wird.

#### DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0022]** Kern der gegenständlichen Erfindung zur Lösung der oben genannten Aufgabe ist es, wesentliche

- 5 Parameter des Anhalteprozess nicht dem Zufall zu überlassen, sondern so einzustellen, dass nach dem Abschalten der Antriebseinheit beim Auslaufen des Kompressionsmechanismus möglichst kein Anhaltruck auftritt, indem der Kompressionsmechanismus in der Saugphase zum Stillstand kommt. Hierdurch wird ausgeschlossen, dass eine weitere Kompressionsphase begonnen wird und damit ein Anhaltruck entsteht. Konkret ist es bei einem System umfassend einen Kältemittelkompressor und eine elektronische Steuerungseinrichtung für den Kältemittelkompressor, welcher Kältemittelkompressor zumindest umfasst eine Antriebseinheit,
- 10 einen mit einem Rotor der Antriebseinheit in Wirkverbindung stehenden Kompressionsmechanismus mit zumindest einem in einem Zylinder eines Zylinderblocks hin und her bewegbaren, über eine Kurbelwelle antreibbaren Kolben, um zyklisch Kältemittel während einer Saugphase in den Zylinder zu saugen und das Kältemittel während einer auf die Saugphase folgenden Verdichtungsphase
- 15 im Zylinder zu verdichten, wobei die elektronische Steuerungseinrichtung dazu eingerichtet ist, eine Drehzahl der Kurbelwelle zu erfassen und zu steuern und/oder regeln,
- 20 eine Kolbenposition des Kolbens zumindest annähernd zu erfassen, erfindungsgemäß vorgesehen, dass die elektronische Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, bei abgeschalteter Antriebseinheit eine
- 25 Energiebeurteilungsgrößendifferenz zu bestimmen, die proportional zu einer für die Durchführung einer Kurbelwellenumdrehung benötigten Energie ist, bei einer Messdrehzahl eine Energiebeurteilungsgröße, die proportional zu einer Rotationsenergie bei der Messdrehzahl ist, zu bestimmen sowie die Anzahl der bei abgeschalteter Antriebseinheit verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen bis zum Stillstand des Kompressionsmechanismus,
- 30 zu prüfen, ob die verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen bei Abschalten der Antriebseinheit bei einer Referenz-Kolbenposition ein Anhalten des Kompressionsmechanismus in dessen Saugphase ermöglichen, gegebenenfalls die Antriebseinheit einzuschalten und unter Berücksichtigung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz eine Abschalt-Drehzahl zu bestimmen, bei welcher die Antriebseinheit bei der Referenz-Kolbenposition abzuschalten ist, um einen Stillstand des Kompressionsmechanismus in der Saugphase zu bewirken und die Antriebseinheit bei der Abschalt-Drehzahl abzuschalten,
- 35 oder gegebenenfalls die Antriebseinheit einzuschalten und diese mit einer vorgebbaren Grenz-Drehzahl zu betreiben und unter Berücksichtigung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz eine Abschalt-Kolbenposition zu
- 40
- 45
- 50
- 55

bestimmen und die Antriebseinheit bei der Grenz-Drehzahl und der Abschalt-Kolbenposition abzuschalten.

**[0023]** Analog ist es bei einem Verfahren zum Betreiben eines Kältemittelkompressors mit einer Antriebseinheit, einem mittels der Antriebseinheit antreibbaren Kompressionsmechanismus umfassend einen Kolben sowie eine mit diesem über ein Pleuel in Verbindung stehende Kurbelwelle erfundungsgemäß vorgesehen, dass das Verfahren folgende Schritte umfasst:

bei abgeschalteter Antriebseinheit, Bestimmen einer Energiebeurteilungsgrößendifferenz, die proportional zu einer für die Durchführung einer Kurbelwellenumdrehung benötigten Energie ist,  
 bei einer Messdrehzahl, Bestimmen einer Energiebeurteilungsgröße, die proportional zu einer Rotationsenergie bei der Messdrehzahl ist, und Berechnen der Anzahl der bei abgeschalteter Antriebseinheit verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen bis zum Stillstand des Kompressionsmechanismus, Prüfen, ob die verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen bei Abschalten der Antriebseinheit bei einer Referenz-Kolbenposition ein Anhalten des Kompressionsmechanismus in dessen Saugphase ermöglichen,  
 gegebenenfalls Einschalten der Antriebseinheit und unter Berücksichtigung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz Bestimmen einer Abschalt-Drehzahl, bei welcher die Antriebseinheit bei der Referenz-Kolbenposition abzuschalten ist, um einen Stillstand des Kompressionsmechanismus in der Saugphase zu bewirken und Abschalten der Antriebseinheit bei der Abschalt-Drehzahl,  
 oder gegebenenfalls Einschalten der Antriebseinheit und Betreiben derselben mit einer vorgebbaren Grenz-Drehzahl und unter Berücksichtigung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz Bestimmen einer Abschalt-Kolbenposition und Abschalten der Antriebseinheit bei der Grenz-Drehzahl und bei der Abschalt-Kolbenposition.

**[0024]** Die Erfassung der Drehzahl schließt prinzipiell nicht aus, dass auch die Drehgeschwindigkeit erfasst werden kann.

**[0025]** Unter Kolbenposition ist klarerweise eine aktuelle Kolbenposition zu verstehen, die insbesondere als Kurbelwellendrehposition in Grad angegeben werden kann, wobei beispielsweise der obere oder untere Totpunkt des Kolbens als  $0^\circ$  definiert werden kann.

**[0026]** Unter "abgeschalteter Antriebseinheit" ist zu verstehen, dass die Antriebseinheit kein positives (also beschleunigendes) oder negatives (also bremsendes) Betriebsdrehmoment erzeugt und der Kompressionsmechanismus antriebslos, d.h. aufgrund der Massenträgheit bzw. der Trägheitsmomente des Rotors und Kompressionsmechanismus, weiterläuft bzw. ausläuft. Die Antriebseinheit wird also in der Praxis im abgeschalteten Zustand nicht mit Strom versorgt bzw. betrieben. Dies

schließt freilich nicht aus, dass z.B. aufgrund unvermeidbarer Reibung in der Antriebseinheit die Antriebseinheit im abgeschalteten Zustand ein gewisses negatives Drehmoment auf den Kompressionsmechanismus ausübt.

**[0027]** Im sich drehenden Kompressionsmechanismus und Rotor ist Rotationsenergie gespeichert. Sofern das Trägheitsmoment des Rotors gegenüber jenem des Kompressionsmechanismus vernachlässigt werden kann, kann man auch sagen, ist die Rotationsenergie im Wesentlichen im Kompressionsmechanismus gespeichert. Die Energiebeurteilungsgrößendifferenz ist ein Maß dafür, wieviel dieser Rotationsenergie pro Kurbelwellenumdrehung beim Auslaufen aufgebraucht wird.  
**[0028]** Die pro Kurbelwellenumdrehung aufgebrauchte Rotationsenergie könnte man auch als Rotationsenergiедekrement bezeichnen. Insbesondere genügt es, wenn die Energiebeurteilungsgröße in einem bestimmten, nicht notwendigerweise bekannten Verhältnis zum Rotationsenergiедekrement steht. Es ist freilich auch der Fall denkbar, wo das Verhältnis einfach 1:1 ist, d.h. wo ein Proportionalitätsfaktor zwischen dem Rotationsenergiедekrement und der Energiebeurteilungsgrößendifferenz einfach 1 ist. Da das Auslaufen rasch vonstatten geht (typischerweise innerhalb von 1 bis 2 Sekunden), ändert sich die Belastung bzw. das Lastmoment durch Drücke und Temperatur während des Auslaufens praktisch nicht. Folglich kann zumindest in erster Näherung davon ausgegangen werden, dass die Energiebeurteilungsgrößendifferenz tatsächlich konstant während des gesamten Auslaufens, also bis zum Stillstand des Kompressionsmechanismus bzw. Rotors (letzterer steht zwangsläufig still, wenn der Kompressionsmechanismus stillsteht und umgekehrt), ist.

**[0029]** Entsprechend lässt sich für den Fall, dass die Antriebseinheit bei der betrachteten Messdrehzahl ausgeschaltet wird, die Umdrehungsanzahl bzw. die Anzahl der verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen bis zum Stillstand des Kompressionsmechanismus durch eine einfache Division der entsprechenden Energiebeurteilungsgröße durch die Energiebeurteilungsgrößendifferenz berechnen. Durch diese Quotientenbildung fällt der - möglicherweise unbekannte - Proportionalitätsfaktor vor der Rotationsenergie (bei der Messdrehzahl) und vor dem Rotationsdekkrement weg.

**[0030]** Unter "Anhalten des Kompressionsmechanismus in dessen Saugphase" ist klarerweise das Zum-Stillstand-Kommen des Kompressionsmechanismus in des-

sen Saugphase zu verstehen.

**[0031]** Auf Basis der Information über die Umdrehungsanzahl kann der Kompressionsmechanismus durch Ein- und Ausschalten der Antriebseinheit so betrieben und auslaufen gelassen werden, dass der Kompressionsmechanismus zum Stillstand kommt. Beim Ausschalten ist dabei der Kolbenposition, bei der ausgeschaltet wird, bezogen auf die Referenz-Kolbenposition gebührend Rechnung zu tragen.

**[0032]** Die vorgebbare Grenz-Drehzahl kann z.B. in einem Speicher der Steuereinrichtung hinterlegt sein bzw. kann ggf. dort hinterlegt werden. Sie kann - muss aber nicht - denselben Wert wie die Abschalt-Drehzahl haben.

**[0033]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems ist es daher vorgesehen, dass die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, die Energiebeurteilungsgrößendifferenz durch Bildung der Differenz der Energiebeurteilungsgrößen bei zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen der Kurbelwelle zu bestimmen, um durch eine Bildung des Quotienten Energiebeurteilungsgröße/ Energiebeurteilungsgrößendifferenz bestimmen zu können, wieviele Umdrehungen der antriebslose Kompressionsmechanismus ausgehend von der Messdrehzahl und der Referenz-Kolbenposition noch weiterlaufen kann, wobei aufgrund des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl bestimmbar ist, ob der Kompressionsmechanismus in der Saugphase oder in der Verdichtungsphase zum Stillstand kommen würde,

und unter Anwendung der Quotientenbildung und Berücksichtigung des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl den Kompressionsmechanismus so anzutreiben und die Antriebseinheit so abzuschalten, dass der Kompressionsmechanismus während der Saugphase zum Stillstand kommt.

**[0034]** Analog ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass

die Energiebeurteilungsgrößendifferenz durch Bildung der Differenz der Energiebeurteilungsgrößen bei zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen der Kurbelwelle bestimmt wird,

durch eine Bildung des Quotienten Energiebeurteilungsgröße/ Energiebeurteilungsgrößendifferenz bestimmt wird, wieviele Umdrehungen der antriebslose Kompressionsmechanismus ausgehend von der Messdrehzahl und der Referenz-Kolbenposition noch weiterlaufen kann, wobei aufgrund des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl bestimmt wird, ob der Kompressionsmechanismus in der Saugphase oder in der Verdichtungsphase zum Stillstand kommen würde, unter Anwendung der Quotientenbildung und Berücksichtigung des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl den Kompressionsmechanismus so angetrieben und die Antriebseinheit so abgeschaltet wird, dass der Kompressionsmechanismus während der Saugphase zum Stillstand kommt.

**[0035]** Die Energiebeurteilungsgrößendifferenz lässt

sich auf die geschilderte Weise, wenn die Antriebseinheit ausgeschaltet ist und der Kompressionsmechanismus ausläuft, besonders leicht und rasch bestimmen. Durch Berücksichtigung des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl lässt sich genau einstellen, ob der Kompressionsmechanismus in der Saugphase zum Stillstand kommt oder nicht.

**[0036]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems ist vorgesehen, dass die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, die Antriebseinheit nur dann abzuschalten und die Energiebeurteilungsgrößendifferenz zu bestimmen, wenn die Drehzahl größer gleich einer, vorzugsweise vorgebbaren, Mindestdrehzahl ist. Analog ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass die Antriebseinheit nur dann abgeschaltet und die Energiebeurteilungsgrößendifferenz bestimmt wird, wenn die Drehzahl größer gleich einer, vorzugsweise vorgebbaren, Mindestdrehzahl ist. Insbesondere kann auf diese Weise sichergestellt werden, dass nach dem Abschalten noch zwei Umdrehungen möglich sind, sodass die Energiebeurteilungsgrößendifferenz zuverlässig und genau bestimmt werden kann. Wiederum kann die Mindestdrehzahl z.B. im Speicher der Steuereinrichtung hinterlegt sein bzw. werden.

**[0037]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems bzw. Verfahrens ist vorgesehen, dass die Referenz-Kolbenposition der obere Totpunkt (OT) des Kolbens im Zylinder ist. Der obere Totpunkt ist wohldefiniert und eignet sich daher sehr gut als Referenz-Kolbenposition.

**[0038]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems ist vorgesehen, dass die elektronische Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, den Kompressionsmechanismus so anzutreiben, dass die Abschalt-Drehzahl ( $\omega_{abschalt}$ ) erreicht wird, und die Antriebseinheit bei der Abschalt-Drehzahl und der Referenz-Kolbenposition abzuschalten, wobei die Abschalt-Drehzahl bestimmt wird, indem die Energiebeurteilungsgröße bei einer als Messdrehzahl fungierenden Bestimmungsdrehzahl ( $\omega_b$ ), die vorzugsweise bei zur Bestimmung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz abgeschalteter Antriebseinheit vorliegt, bestimmt wird, die Umdrehungsanzahl durch Quotientenbildung berechnet wird:

$$N = E(\omega_b) / \bar{W},$$

**50** eine adaptierte Umdrehungsanzahl (N') berechnet wird, indem die Umdrehungsanzahl auf die nächstgrößere ganze Zahl aufgerundet wird und anschließend eine Anpassungszahl zwischen 0 und 1 addiert wird, und die Abschalt-Drehzahl bis auf einen konstanten Faktor (c) berechnet wird als die Wurzel aus dem Produkt der adaptierten Umdrehungsanzahl und der Energiebeurteilungsgrößendifferenz:

$$\omega_{\text{abschalt}} = C * (N' * W)^{0,5}.$$

**[0039]** Analog ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der Kompressionsmechanismus so getrieben wird, dass die Abschalt-Drehzahl ( $\omega_{\text{abschalt}}$ ) erreicht wird, und die Antriebseinheit bei der Abschalt-Drehzahl und der Referenz-Kolbenposition abgeschaltet wird, wobei die Abschalt-Drehzahl bestimmt wird, indem die Energiebeurteilungsgröße bei einer als Messdrehzahl fungierenden Bestimmungsdrehzahl ( $\omega_b$ ), die vorzugsweise bei zur Bestimmung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz abgeschalteter Antriebseinheit vorliegt, bestimmt wird, die Umdrehungsanzahl durch Quotientenbildung berechnet wird:

$$N = E(\omega_b) / W,$$

eine adaptierte Umdrehungsanzahl ( $N'$ ) berechnet wird, indem die Umdrehungsanzahl auf die nächstgrößere ganze Zahl aufgerundet wird und anschließend eine Anpassungszahl zwischen 0 und 1 addiert wird, und die Abschalt-Drehzahl bis auf einen konstanten Faktor (c) berechnet wird als die Wurzel aus dem Produkt der adaptierten Umdrehungsanzahl und der Energiebeurteilungsgrößendifferenz:

$$\omega_{\text{abschalt}} = C * (N' * W)^{0,5}.$$

**[0040]** Durch die Addition der Anpassungszahl wird sichergestellt, dass der Nachkommaanteil der adaptierten Umdrehungsanzahl so ist, dass bezogen auf die Referenz-Kolbenposition der Kompressionsmechanismus sicher in der Saugphase zum Stillstand kommt. D.h. wenn der Kompressionsmechanismus zum Stillstand kommt, muss die Kolbenposition hinreichend nach dem oberen Totpunkt und hinreichend vor der Verdichtungsphase, vorzugsweise vor dem unteren Totpunkt, sein.

**[0041]** Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems bzw. Verfahrens ist vorgesehen, dass die Bestimmungsdrehzahl in einem Bereich von  $500 \text{ min}^{-1}$  bis  $1500 \text{ min}^{-1}$ , vorzugsweise von  $800 \text{ min}^{-1}$  bis  $1200 \text{ min}^{-1}$ , liegt. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Bestimmungsdrehzahl über einer niedrigsten Betriebsdrehzahl des Kompressors liegt und die Energiebeurteilungsgrößendifferenz entsprechend zuverlässig und genau bestimmt werden kann.

**[0042]** Der oben genannte konstante Faktor c richtet sich entsprechend danach, wie die Energiebeurteilungsgröße  $E(\omega)$  berechnet wird. Wird für die Berechnung der Energiebeurteilungsgröße einfach  $E(\omega) = \omega^2$  verwendet, so ist  $c=1$ . Entsprechend ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems vorgesehen, dass die elektronische Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, die Energiebeurteilungsgröße für die

Messdrehzahl durch Quadrieren der Messdrehzahl zu bestimmen. Analog ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass die elektronische Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, die Energiebeurteilungsgröße für die Messdrehzahl durch Quadrieren der Messdrehzahl zu bestimmen.

**[0043]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems ist vorgesehen, dass die elektronische Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, den Kompressionsmechanismus so antreiben, dass die Grenz-Drehzahl ( $\omega_{\text{grenz}}$ ) erreicht wird, und die Antriebseinheit bei der Grenz-Drehzahl und der Abschalt-Kolbenposition abzuschalten, wobei die Abschalt-Kolbenposition bestimmt wird, indem die Energiebeurteilungsgröße bei der Grenz-Drehzahl bestimmt wird, die Umdrehungsanzahl (N) durch Quotientenbildung berechnet wird:  $N = E(\omega_{\text{grenz}}) / W$ , der Nachkommaanteil der Umdrehungsanzahl bestimmt wird,

ein adaptierter Nachkommaanteil bestimmt wird, indem vom Nachkommaanteil der Umdrehungsanzahl eine Anpassungszahl zwischen 0 und 1 subtrahiert wird, der adaptierte Nachkommaanteil in eine Kolbenposition umgerechnet und diese von der Referenz-Kolbenposition abgezogen wird.

**[0044]** Analog ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der Kompressionsmechanismus so angetrieben wird, dass die Grenz-Drehzahl ( $\omega_{\text{grenz}}$ ) erreicht wird, und die Antriebseinheit bei der Grenz-Drehzahl und der Abschalt-Kolbenposition abgeschaltet wird, wobei die Abschalt-Kolbenposition bestimmt wird, indem die Energiebeurteilungsgröße bei der Grenz-Drehzahl bestimmt wird, die Umdrehungsanzahl (N) durch Quotientenbildung berechnet wird:  $N = E(\omega_{\text{grenz}}) / W$ , der Nachkommaanteil der Umdrehungsanzahl bestimmt wird,

ein adaptierter Nachkommaanteil bestimmt wird, indem vom Nachkommaanteil der Umdrehungsanzahl eine Anpassungszahl zwischen 0 und 1 subtrahiert wird, der adaptierte Nachkommaanteil in eine Kolbenposition umgerechnet und diese von der Referenz-Kolbenposition abgezogen wird.

**[0045]** Bei dieser Variante wird der Kompressionsmechanismus also gewissermaßen fix mit der vorgebbaren bzw. vorgegebenen Grenz-Drehzahl mittels der Antriebseinheit angetrieben. Statt der Abschalt-Drehzahl wird eine geeignete Kolbenposition, nämlich die Abschalt-Kolbenposition, bestimmt, bei der die Antriebseinheit abgeschaltet wird um sicherzustellen, dass der Kompressionsmechanismus in der Saugphase zum Stillstand kommt.

**[0046]** Es sei bemerkt, dass die Mindestdrehzahl größer sein muss als die Grenz-Drehzahl. Um dies leicht sicherstellen zu können, ist es bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen

Systems bzw. Verfahrens vorgesehen, dass die Grenz-Drehzahl in einem Bereich von  $500 \text{ min}^{-1}$  bis  $1500 \text{ min}^{-1}$ , vorzugsweise von  $800 \text{ min}^{-1}$  bis  $1200 \text{ min}^{-1}$ , liegt.

**[0047]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems ist vorgesehen, dass die elektronische Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist,

- a) die Antriebseinheit abzuschalten und
- b) bei abgeschalteter Antriebseinheit
  - b1) die Energiebeurteilungsgrößendifferenz zu bestimmen,
  - b2) die Energiebeurteilungsgröße ( $E(\omega_{\text{auslauf}})$ ) für eine dann vorliegende, als Messdrehzahl fungierende Auslauf-Drehzahl ( $\omega_{\text{auslauf}}$ ) zu bestimmen,
  - b3) die Umdrehungsanzahl (N) durch Quotientenbildung zu berechnen:  $N = E(\omega_{\text{auslauf}}) / W$
  - b4) und den Nachkommaanteil der Umdrehungsanzahl mit einer Anpassungszahl zwischen 0 und 1 zu vergleichen und
- c) wenn der Nachkommaanteil größer als die Anpassungszahl ist, den Kompressionsmechanismus nur für die Dauer eines Teils einer vollständigen Umdrehung der Kurbelwelle anzutreiben.

**[0048]** Analog ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass

- a) die Antriebseinheit geschaltet wird und
- b) bei abgeschalteter Antriebseinheit
  - b1) die Energiebeurteilungsgrößendifferenz bestimmt wird,
  - b2) die Energiebeurteilungsgröße ( $E(\omega_{\text{auslauf}})$ ) für eine dann vorliegende, als Messdrehzahl fungierende Auslauf-Drehzahl ( $\omega_{\text{auslauf}}$ ) bestimmt wird,
  - b3) die Umdrehungsanzahl (N) durch Quotientenbildung berechnet wird:  $N = E(\omega_{\text{auslauf}}) / W$
  - b4) und der Nachkommaanteil der Umdrehungsanzahl mit einer Anpassungszahl zwischen 0 und 1 verglichen wird und
- c) wenn der Nachkommaanteil größer als die Anpassungszahl ist, der Kompressionsmechanismus nur für die Dauer eines Teils einer vollständigen Umdrehung der Kurbelwelle angetrieben wird.

**[0049]** Vereinfacht gesagt, wird bei dieser Variante während des Auslaufens zunächst bestimmt, ob der Kompressionsmechanismus in der Saugphase zum Stillstand kommen würde (durch Vergleich des Nachkommaanteils der für die aktuell vorliegende Auslauf-Drehzahl bestimmten Umdrehungsanzahl mit der Anpas-

sungszahl). Sofern der Kompressionsmechanismus nicht - oder nicht sicher genug - in der Saugphase zum Stillstand kommen würde, wird der Kompressionsmechanismus ein wenig "angeschubst", um dessen Anhalten in der Saugphase sicherzustellen. Besagtes Anschubsen findet statt, indem der Kompressionsmechanismus nur für einen Bruchteil der Dauer einer vollständigen Kurbelwellenumdrehung angetrieben wird, was wiederum durch ein entsprechend kurzes Einschalten der Antriebseinheit bewerkstelligt wird.

**[0050]** Es ist denkbar, dass ein einmaliges Anschubsen nicht ausreicht, um die Rotationsenergie soweit und/oder genau genug zu erhöhen, dass der auslaufende Kompressionsmechanismus in der Saugphase zum Stillstand kommt. Daher ist es bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems vorgesehen, dass die elektronische Steuereinrichtung (13) dazu eingerichtet ist, zumindest die Schritte b2), b3), b4) und c) iterativ zu wiederholen. Analog ist es bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass zumindest die Schritte b2), b3), b4) und c) iterativ wiederholt werden.

**[0051]** D.h. die besagten Schritte werden solange wiederholt, bis sichergestellt ist, dass der auslaufende Kompressionsmechanismus in der Saugphase zum Stillstand kommen wird, was in Schritt c) festgestellt wird. Mit anderen Worten entscheidet sich in Schritt c) ob eine weitere Iteration durchgeführt wird oder nicht.

**[0052]** Theoretisch ist es dabei denkbar auch Schritt b1) zu wiederholen, was in der Praxis aber üblicherweise nicht notwendig ist, da die Energiebeurteilungsgrößendifferenz zumindest näherungsweise konstant ist.

**[0053]** Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems bzw. Verfahrens ist vorgesehen, dass die Auslauf-Drehzahl in einem Bereich von  $500 \text{ min}^{-1}$  bis  $1500 \text{ min}^{-1}$ , vorzugsweise von  $800 \text{ min}^{-1}$  bis  $1200 \text{ min}^{-1}$ , liegt. Bei einer derartigen Auslauf-Drehzahl kann durch das Anschubsen die Rotationsenergie sehr genau gezielt erhöht werden. Entsprechend kann besonders zuverlässig sichergestellt werden, dass der Kompressionsmechanismus in der Saugphase zum Stillstand kommt.

**[0054]** Wie bereits gesagt, eignet sich der obere Totpunkt besonders gut als Referenz-Kolbenposition. Für diesen Fall ist es bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems bzw. Verfahrens vorgesehen, dass die (jeweilige) Anpassungszahl im Bereich von 0,1 bis 0,4, vorzugsweise von 0,2 bis 0,3, liegt, um zu garantieren, dass der Kompressionsmechanismus in der Saugphase zum Stillstand kommt. Dies gilt für alle drei oben geschilderten Spezialfälle, bei denen wahlweise die Bestimmungsdrehzahl, die Grenz-Drehzahl oder die Auslauf-Drehzahl herangezogen wird.

**[0055]** Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems ist vorgesehen, dass die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, die Energiebeurteilungsgrößendifferenz so zu bestimmen,

dass mehrere Energiebeurteilungsgrößendifferenzen für Drehzahlen bei jeweils zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen in einer Abfolge von mehr als zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen bestimmt werden und aus diesen Energiebeurteilungsgrößendifferenzen ein Mittelwert gebildet wird. Analog ist es bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass die Energiebeurteilungsgrößendifferenz so bestimmt wird, dass mehrere Energiebeurteilungsgrößendifferenzen für Drehzahlen bei jeweils zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen in einer Abfolge von mehr als zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen bestimmt werden und aus diesen Energiebeurteilungsgrößendifferenzen ein Mittelwert gebildet wird. Durch besagte Mittelwertbildung kann die Energiebeurteilungsgrößendifferenz besonders genau bestimmt werden. Entsprechend genau gestaltet sich die Berechnung der Umdrehungsanzahl bzw. in weiterer Folge die Sicherstellung, dass der Kompressionsmechanismus in der Saugphase zum Stillstand kommt.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

**[0056]** Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die Zeichnungen sind beispielhaft und sollen den Erfindungsgedanken zwar darlegen, ihn aber keinesfalls einengen oder gar abschließend wiedergeben.

**[0057]** Dabei zeigt:

- Fig.1 eine schematische Darstellung eines Hubkolbenkältemittelkompressors in einem Kältemittelkreislauf gemäß dem Stand der Technik
- Fig.2 eine schematische Ansicht eines Kompressionsmechanismus gemäß dem Stand der Technik
- Fig.3 ein Diagramm betreffend den Lastmomentverlauf und Betriebsdrehmomentverlauf über dem Kurbelwinkel bei einem Hubkolbenkältemittelkompressor gemäß dem Stand der Technik, wobei aus Übersichtsgründen das Lastmoment und das Betriebsdrehmoment unterschiedlich skaliert sind
- Fig. 4 einen Drehzahlverlauf mit einem Anhalteprozess eines Kältemittelkompressors eines erfindungsgemäßen Systems
- Fig. 5 einen Drehzahlverlauf mit einem Anhalteprozess des Kältemittelkompressors einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems
- Fig. 6 einen Drehzahlverlauf mit einem Anhalteprozess des Kältemittelkompressors einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen

Systems

#### WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

- 5 **[0058]** Fig.1 zeigt eine schematische Darstellung eines an eine elektrische Stromversorgung 12 angeschlossenen, über eine elektronische Steuereinrichtung 13 geregelten Hubkolbenkältemittelkompressors 1 in einem an sich bekannten Kühlmittelkreislauf mit einem Kondensator 2 einer Drosselvorrichtung 3 sowie einem Verdampfer 4. Das Kältemittel nimmt im Verdampfer 4 Wärme aus einem Kühlraum auf, wodurch dieser gekühlt wird. Das verdampfte Kältemittel wird über einen Kompressionsmechanismus 5 des Hubkolbenkältemittelkompressors 1 auf eine höhere Temperatur verdichtet und in weiterer Folge im Kondensator 2 wieder verflüssigt, um schlussendlich über die Drosselvorrichtung 3 wieder dem Verdampfer 4 des Kühlraums zugeführt zu werden.
- 10 **[0059]** In Fig. 1 kommuniziert die elektronische Steuerungseinrichtung 13 das Kältemittelkompressors 1 mit einer elektronischen Steuerungseinrichtung 14 eines Kühlschranks 15. Allerdings wird eine solche Kommunikationsmöglichkeit als nicht erfindungswesentlich angesehen, denn es ist auch denkbar, dass die elektronische Steuerungseinrichtung 13 mit einem Kühlschrank 15 kommuniziert, der selbst keine eigene elektronische Steuerungseinrichtung aufweist sondern lediglich einen Thermostat.
- 15 **[0060]** Fig.2 zeigt eine schematische Ansicht des Kompressionsmechanismus 5 bestehend aus einer mittels einer Antriebseinheit 16 angetriebenen Kurbelwelle 6, einem Pleuel 7 sowie einem in einem Zylinderblock 8 auf und ab bewegbaren Kolben 9. Der Kompressionsmechanismus 5 ist über Federelemente 10 in einem Gehäuse 11 gelagert, welche Federelemente 10 die aufgrund der Drehung der Kurbelwelle 6 sowie der Bewegungen des Kolbens 9 auftretenden Schwingungen der Einheit bestehend aus Kompressionsmechanismus 5 und Antriebseinheit 16 aufnehmen und ausgleichen sollen.
- 20 **[0061]** Bei der von der elektronischen Steuerungseinrichtung 13 gesteuerten Antriebseinheit 16 handelt es sich um eine drehzahlvariable Antriebseinheit 16, typischerweise um einen bürstenlosen Gleichstrommotor, dessen Drehzahl  $\omega$  mittels der elektronischen Steuerungseinrichtung 13 geregelt werden kann. Die für die Regelung der Drehzahl  $\omega$  erforderliche Erfassung der Istdrehzahl erfolgt durch Detektion der in einer Motorwicklung der Antriebseinheit 16 induzierten Gegenspannung (Induktionsgegenspannung), so dass keine weiteren Sensoren erforderlich sind und womit auch die Istdrehgeschwindigkeit detektiert wird. Es sei jedoch bemerkt, dass die erfindungsgemäße elektronische Steuerungseinrichtung 13 selbstverständlich auch mit separaten Sensoren zur Drehgeschwindigkeitsmessung bzw. Drehzahlmessung zusammenarbeiten kann, wie beispielsweise mit Hall-Sensoren.

**[0062]** Während der Betriebsdauer eines drehzahlvariablen Hubkolbenkältemittelkompressors 1 sind grundsätzlich 3 Phasen zu unterscheiden:

- die Startphase
- die normale, geregelte Betriebsphase
- der Anhalteprozess

**[0063]** Basis bildet eine vom Benutzer eines Kühlschranks 15 in Grenzen vorwählbare Kühlraumtemperatur (=Zieltemperatur) des Kühlschranks 15. Geht man von einem auf die Zieltemperatur gekühlten Kühlraum aus und wird der Kühlschrank 15 beladen bzw. wird die Kühlschrantür geöffnet, strömt warme Luft in den Kühlraum. Die elektronische Steuerungseinrichtung 14 des Kühlschranks 15 detektiert, dass die Kühlraumtemperatur ansteigt und sendet ein Signal (in der Regel ein Frequenzsignal) an die elektronische Steuerungseinrichtung 13 des Kältemittelkompressors 1, mit welchem letzterer mitgeteilt wird, dass Kühlleistung benötigt wird, woraufhin diese den Kältemittelkompressor 1 entsprechend ihrer Programmierung steuert und regelt, um (mehr oder weniger) Kühlleistung zu liefern.

**[0064]** Im gegenständlichen Beispiel wird die elektronische Steuerungseinrichtung 13 des Kältemittelkompressors 1 diesen starten, um das Kältemittel zu verdichten und dem Kühlraum Wärme zu entziehen und die Zieltemperatur wieder zu erreichen. Dieses "Anspringen" leitet die Startphase ein. Dabei wird der Kältemittelkompressor 1, konkret dessen Antriebseinheit 16, auf eine bestimmte, von der elektronischen Steuerungseinrichtung 13 des Kältemittelkompressors 1 vorgegebene Drehzahl  $\omega$  beschleunigt. Das Erreichen dieser Drehzahl  $\omega$  beendet die Startphase. Zu diesem Zeitpunkt ist die Zieltemperatur in der Regel noch nicht erreicht.

**[0065]** Der Kältemittelkompressor 1 geht dann in die normale, geregelte Betriebsphase über. Diese hält an, solange der Kältemittelkompressor 1 eingeschaltet ist oder etwas technischer formuliert, solange dem Kältemittel über den Kompressionsmechanismus 5 Energie zugeführt wird und die Antriebseinheit 16 des Kältemittelkompressors 1 ein Betriebsdrehmoment  $B_m$  erzeugt. Der Kompressionsmechanismus 5 kann sich während dieser normalen, geregelten Betriebsphase mit unterschiedlichen Drehzahlen  $\omega$  drehen, je nach dem, ob dem Kühlraum mehr oder weniger Wärme entzogen werden soll. Öffnet man beispielsweise die Türe des Kühlschranks 15 während einer solchen normalen, geregelten Betriebsphase, so wird aufgrund der einströmenden warmen Luft, die elektronische Steuerungseinrichtung 14 des Kühlschranks 15 mehr Kühlleistung vom Kältemittelkompressor 1 fordern, sodass die elektronische Steuerungseinrichtung 13 des Kältemittelkompressors 1 die Drehzahl  $\omega$  der Antriebseinheit 16 und damit des Kompressionsmechanismus 5 erhöht, um die in den Kühlraum einströmende Wärme abtransportieren zu

können.

**[0066]** Die Erhöhung der Drehzahl  $\omega$  ist verbunden mit einem erhöhten Energiebedarf des Kältemittelkompressors 1. Erkennt die elektronische Steuerungseinrichtung

5 14 des Kühlschranks 15, dass sich die aktuelle Kühlraumtemperatur der Zieltemperatur annähert, so wird die elektronische Steuerungseinrichtung 14 des Kühlschranks 15 ein entsprechendes Signal an die elektronische Steuerungseinrichtung 13 des Kältemittelkompressors 1 senden, um weniger Kühlleistung zu fordern und nicht über die Zieltemperatur "hinauszuschließen" und sich dieser langsam anzunähern. Die elektronische Steuerungseinrichtung 13 des Kältemittelkompressors 1 wiederum wird aufgrund dieser Anforderung die Drehzahl  $\omega$  der Antriebseinheit 16 / des Kompressionsmechanismus 5 reduzieren.

**[0067]** Erkennt die elektronische Steuerungseinrichtung 14 des Kühlschranks 15, dass zwischenzeitlich die Kühlraumtemperatur wieder ansteigt, weil beispielsweise

20 der Kühlraum neu beladen wurde, so wird die elektronische Steuerungseinrichtung 14 des Kühlschranks 15 von der elektronischen Steuerungseinrichtung 13 des Kältemittelkompressors 1 wieder mehr Kühlleistung fordern, so dass diese die Drehzahl  $\omega$  der Antriebseinheit 16 / des Kompressionsmechanismus 5 wieder erhöhen wird.

**[0068]** Ist nach einer entsprechend andauernden normalen, geregelten Betriebsphase die Zieltemperatur erreicht, sendet die elektronische Steuerungseinrichtung

30 14 des Kühlschranks 15 ein Signal an die elektronische Steuerungseinrichtung 13 des Kältemittelkompressors 1, mit welchem dieser mitgeteilt wird, dass die Zieltemperatur erreicht ist. Daraufhin schaltet die elektronische Steuerungseinrichtung 13 des Kältemittelkompressors 1 35 die Antriebseinheit 16 ab. Das Abschalten der Antriebseinheit 16 führt dazu, dass sich der Kompressionsmechanismus 5 samt Antriebseinheit 16 in einem antrieblosen Zustand befindet und nur aufgrund der Massenträgheit weiter dreht, bis die Drehzahl  $\omega$  bzw. die Drehgeschwindigkeit 0 ist. Umgangssprachlich könnte man auch sagen, dass der Kältemittelkompressor 1 "ausläuft".

**[0069]** Während des Betriebs des Kompressionsmechanismus 5 kommt es zu vom Lastmoment  $L_m$  während

45 der Kompressionsphase auf den Kompressionsmechanismus 5 ausgeübten Stößen, die sich mit jeder Kurbelwellenumdrehung wiederholen und bei geringen Drehzahlen  $\omega$  mit der Eigenfrequenz des durch die Federelemente 10 gebildeten Schwingungssystems zusammenfallen können, wodurch deren Auslenkung derart ansteigt, dass es zu Berührungen zwischen der Einheit bestehend aus Kompressionsmechanismus 5 und Antriebseinheit 16 mit dem Gehäuse 11 kommen kann, wodurch unerwünschte Schallemissionen erzeugt werden.

**[0070]** Darüberhinaus kann es während des Anhalteprozesses, wenn die Antriebseinheit 16 kein - weder ein positives noch negatives - Betriebsdrehmoment  $B_m$  mehr erzeugt, zu einer Drehrichtungsumkehr des Kompressi-

onsmechanismus 5 kommen, wodurch ein zusätzlicher Stoß auf den Kompressionsmechanismus 5 ausgeübt wird, der ebenfalls eine unerwünscht starke Auslenkung der Federelemente 10 zur Folge hat, mit dem Resultat, dass auch durch diese Drehrichtungsumkehr die Gefahr besteht, dass die Einheit bestehend aus Kompressionsmechanismus 5 und Antriebseinheit 16 mit dem Gehäuse 11 in Kontakt gebracht wird und Schallemissionen verursacht.

**[0071]** Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass geringe Drehzahlen  $\omega$ , unabhängig davon, ob sich der Kältemittelkompressor 1 in der Startphase, der normalen, geregelten Betriebsphase oder aber im Anhalteprozess befindet, stets die Gefahr bergen, dass das durch die Federelemente 10 gebildete Schwingungssystem im Bereich seiner Eigenfrequenz angeregt wird und es dadurch zu den beschriebenen, Lärm verursachenden Berührungen zwischen der Einheit bestehend aus Kompressionsmechanismus 5 und Antriebseinheit 16 und dem Gehäuse 11 kommt.

**[0072]** Fig.3 zeigt ein Diagramm des Verlaufs des Lastmomentes  $L_m$  (strichpunktierter Linie in Fig. 3) über dem Kurbelwinkel  $\phi$  während einer normalen, geregelten Betriebsphase eines aus dem Stand der Technik bekannten Hubkolbenkältemittelkompressors 1, dessen Antriebseinheit 16 den Kompressionsmechanismus 5 mit einem Betriebsdrehmoment  $B_m$  (strichlierte Linie in Fig. 3) antriebt. Dabei wurde angenommen, dass sich die Kurbelwelle 6 im Uhrzeigersinn dreht. Die Drehrichtung erfolgt somit von  $0^\circ$  (oberer Totpunkt (OT)) zu  $360^\circ$  (wiederum oberer Totpunkt (OT)). Weiters sei darauf hingewiesen, dass aus Darstellungsgründen das Lastmoment  $L_m$  und das Betriebsdrehmoment  $B_m$  in Fig. 3 unterschiedlich skaliert sind.

**[0073]** Wie sich aus dem Diagramm ergibt, ist das Lastmoment  $L_m$  kurz bevor der Kolben 9 in der Kompressionsphase den oberen Totpunkt erreicht, also bei ca.  $330^\circ$ , betragsmäßig am höchsten und wirkt dem Betriebsdrehmoment  $B_m$  entgegen. Zu Beginn der Saugphase, also im vorliegenden Fall bei ca.  $10^\circ$ , wirkt das Lastmoment  $L_m$  in die gleiche Drehrichtung wie das Betriebsdrehmoment  $B_m$ , d.h. dass das Lastmoment  $L_m$  in diesem Abschnitt der Saugphase (Rückexpansionsphase) die Drehung des Kompressionsmechanismus 5 sogar unterstützt.

**[0074]** Zur Verhinderung eines Anhaltrucks und damit einhergehender Schallemissionen, ohne dass dafür aktiv ein Bremsmoment angelegt werden muss, ist es bei einem System aus Kältemittelkompressor 1 und zugehöriger elektronischer Steuereinrichtung 13 erfundsgemäß vorgesehen, dass die elektronische Steuereinrichtung 13 zur Durchführung eines erfundsgemäßen Verfahrens zum Betreiben des Kältemittelkompressors 1 eingerichtet ist, nämlich dazu,

- bei abgeschalteter Antriebseinheit 16 eine Energiebeurteilungsgrößendifferenz  $W$  zu bestimmen, die proportional zu einer für die Durchführung einer Kur-

belwellenumdrehung benötigten Energie ist,

- bei einer Messdrehzahl  $\omega$  eine Energiebeurteilungsgröße  $E(\omega)$ , die proportional zu einer Rotationsenergie bei der Messdrehzahl  $\omega$  ist, zu bestimmen sowie die Anzahl  $N$  der bei abgeschalteter Antriebseinheit 16 verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen bis zum Stillstand des Kompressionsmechanismus 5,
  - zu prüfen, ob die verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen  $N$  bei Abschalten der Antriebseinheit 16 bei einer Referenz-Kolbenposition ein Anhalten des Kompressionsmechanismus 5 in dessen Saugphase ermöglichen,
  - gegebenenfalls die Antriebseinheit 16 einzuschalten und unter Berücksichtigung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz  $W$  eine Abschalt-Drehzahl  $\omega_{abschalt}$  zu bestimmen, bei welcher die Antriebseinheit 16 bei der Referenz-Kolbenposition abzuschalten ist, um einen Stillstand des Kompressionsmechanismus 5 in der Saugphase zu bewirken und die Antriebseinheit 16 bei der Abschalt-Drehzahl  $\omega_{abschalt}$  abzuschalten,
  - oder gegebenenfalls die Antriebseinheit 16 einzuschalten und diese mit einer vorgebbaren Grenzdrehzahl  $\omega_{grenz}$  zu betreiben und unter Berücksichtigung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz  $W$  eine Abschalt-Kolbenposition zu bestimmen und die Antriebseinheit 16 bei der Grenz-Drehzahl  $\omega_{grenz}$  und der Abschalt-Kolbenposition abzuschalten.
- [0075]** Im Folgenden werden drei Ausführungsvarianten des erfundsgemäßen Systems bzw. Verfahrens anhand von Diagrammen der Drehzahl  $\omega$  in Abhängigkeit der Zeit  $t$  näher beleuchtet. Dabei ist die Steuereinrichtung 13 jeweils dazu eingerichtet
- die Energiebeurteilungsgrößendifferenz  $W$  durch Bildung der Differenz der Energiebeurteilungsgrößen  $E(\omega_1)$ ,  $E(\omega_2)$  bei zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen der Kurbelwelle 6 zu bestimmen, um durch eine Bildung des Quotienten  $N = E(\omega)/W$  bestimmen zu können, wieviele Umdrehungen  $N$  der antriebslose Kompressionsmechanismus 5 ausgehend von der Messdrehzahl  $\omega$  und der Referenz-Kolbenposition noch weiterlaufen kann, wobei aufgrund des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl  $N$  bestimmbar ist, ob der Kompressionsmechanismus 5 in der Saugphase oder in der Verdichtungsphase zum Stillstand kommen würde,
  - und unter Anwendung der Quotientenbildung und Berücksichtigung des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl  $N$  den Kompressionsmechanismus 5 so anzutreiben und die Antriebseinheit

16 so abzuschalten, dass der Kompressionsmechanismus 5 während der Saugphase zum Stillstand kommt.

**[0076]** In den gezeigten Ausführungsbeispielen ist die Referenz-Kolbenposition der obere Totpunkt (OT) des Kolbens 9 im Zylinder 8.

**[0077]** Weiters wird in den gezeigten Ausführungsbeispielen die Energiebeurteilungsgröße  $E(\omega)$  für die Messdrehzahl  $\omega$  durch Quadrieren der Messdrehzahl  $\omega$  berechnet bzw. bestimmt, d.h.  $E(\omega) = \omega^2$ .

**[0078]** Bei der ersten Ausführungsvariante ist die Steuereinrichtung 13 dazu eingerichtet, den Kompressionsmechanismus 5 so anzutreiben, dass die Abschalt-Drehzahl  $\omega_{\text{abschalt}}$  erreicht wird, und die Antriebseinheit 16 bei der Abschalt-Drehzahl  $\omega_{\text{abschalt}}$  und der Referenz-Kolbenposition abzuschalten, wobei die Abschalt-Drehzahl  $\omega_{\text{abschalt}}$  bestimmt wird, indem

- die Energiebeurteilungsgröße  $E(\omega_b)$  bei einer als Messdrehzahl fungierenden Bestimmungsdrehzahl  $\omega_b$ , die bei zur Bestimmung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz  $W$  abgeschalteter Antriebseinheit 16 vorliegt, bestimmt wird,
- die Umdrehungsanzahl  $N$  durch Quotientenbildung berechnet wird:  $N = E(\omega_b)/W$ ,
- eine adaptierte Umdrehungsanzahl  $N'$  berechnet wird, indem die Umdrehungsanzahl  $N$  auf die nächstgrößere ganze Zahl aufgerundet wird und anschließend eine Anpassungszahl im Bereich von 0,1 bis 0,4, vorzugsweise von 0,2 bis 0,3, addiert wird, und
- die Abschalt-Drehzahl  $\omega_{\text{abschalt}}$  berechnet wird als die Wurzel aus dem Produkt der adaptierten Umdrehungsanzahl  $N'$  und der Energiebeurteilungsgrößendifferenz  $W$ :

$$\omega_{\text{abschalt}} = (N' * W)^{0,5}.$$

**[0079]** Fig. 4 zeigt das sich ergebende Diagramm aus Drehzahl  $\omega$  über der Zeit  $t$  für einen Anwendungsfall, bei dem der Kältemittelkompressor 1 zunächst mit einer bestimmten Drehzahl  $\omega_0$ , z.B.  $2000 \text{ min}^{-1}$ , betrieben wird. Zur Bestimmung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz  $W$  wird die Antriebseinheit 16 ausgeschaltet, sodass der Kompressionsmechanismus 5 antriebslos weiterläuft. Nun werden bei zwei aufeinanderfolgenden Kurbelwellenumdrehungen mit den Drehzahlen  $\omega_1$  und  $\omega_2$  die zugehörigen Energiebeurteilungsgrößen berechnet:  $E(\omega_1) = \omega_1^2$  und  $E(\omega_2) = \omega_2^2$ .

**[0080]** Bzw. ergibt sich sofort die Energiebeurteilungsgrößendifferenz

$$W = \omega_1^2 - \omega_2^2.$$

**[0081]** Der Kompressionsmechanismus läuft weiter aus, bis die Bestimmungsdrehzahl  $\omega_b$  erreicht ist, bei der der Kompressionsmechanismus 5 mittels eingeschalteter Antriebseinheit 16 betrieben wird und bei der die Energiebeurteilungsgröße  $E(\omega_b) = \omega_b^2$  berechnet wird.

**[0082]** Sodann wird die Umdrehungsanzahl  $N = \omega_b^2 / (\omega_1^2 - \omega_2^2)$  bzw. die adaptierte Umdrehungsanzahl  $N'$  berechnet und entsprechend der obigen Formel die Abschalt-Drehzahl  $\omega_{\text{abschalt}}$ , die im in Fig. 4 dargestellten Beispiel größer ist als die Bestimmungsdrehzahl  $\omega_b$ . Entsprechend ist in Fig. 4 erkennbar, dass der Kompressionsmechanismus 5 mittels der Antriebseinheit 16 auf die Abschalt-Drehzahl  $\omega_{\text{abschalt}}$  beschleunigt wird. Wenn diese eingestellt ist, wird die Antriebseinheit 16 abgeschaltet, sobald die Referenz-Kolbenposition (OT) erreicht ist. Der Kompressionsmechanismus 5 läuft dann bis Drehzahl null aus und kommt in der Saugphase zum Stillstand.

**[0083]** Bei der zweiten Ausführungsvariante ist die Steuereinrichtung 13 dazu eingerichtet,

- a) die Antriebseinheit 16 abzuschalten und
- b) bei abgeschalteter Antriebseinheit 16

25 b1) die Energiebeurteilungsgrößendifferenz  $W$  zu bestimmen,  
b2) die Energiebeurteilungsgröße  $E(\omega_{\text{auslauf}})$  für eine dann vorliegende, als Messdrehzahl fungierende Auslauf-Drehzahl  $\omega_{\text{auslauf}}$  zu bestimmen,  
b3) die Umdrehungsanzahl  $N$  durch Quotientenbildung zu berechnen:  $N = E(\omega_{\text{auslauf}}) / W$   
b4) und den Nachkommaanteil der Umdrehungsanzahl  $N$  mit einer Anpassungszahl im Bereich von 0,1 bis 0,4, vorzugsweise von 0,2 bis 0,3, zu vergleichen und

40 c) wenn der Nachkommaanteil größer als die Anpassungszahl ist, den Kompressionsmechanismus 5 nur für die Dauer eines Teils einer vollständigen Umdrehung der Kurbelwelle 6 anzutreiben.

**[0084]** Fig. 5 zeigt das zugehörige Diagramm Drehzahl  $\omega$  versus Zeit  $t$ , wiederum für einen Anwendungsfall, bei dem der Kältemittelkompressor 1 zunächst mit einer bestimmten Drehzahl  $\omega_0$ , z.B.  $2000 \text{ min}^{-1}$ , betrieben wird. Zur Bestimmung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz  $W$  wird die Antriebseinheit 16 ausgeschaltet, sodass der Kompressionsmechanismus 5 antriebslos weiterläuft. Nun werden bei zwei aufeinanderfolgenden Kurbelwellenumdrehungen mit den Drehzahlen  $\omega_1$  und  $\omega_2$  die zugehörigen Energiebeurteilungsgrößen berechnet:  $E(\omega_1) = \omega_1^2$  und  $E(\omega_2) = \omega_2^2$ .

**[0085]** Bzw. ergibt sich sofort die Energiebeurteilungsgrößendifferenz  $W = \omega_1^2 - \omega_2^2$ . Diese Berechnung erfolgt praktisch instantan, sodass die nun vorliegende Auslauf-Drehzahl  $\omega_{\text{auslauf}}$  gleich  $\omega_2$  ist, sodass  $E(\omega_{\text{auslauf}}) = E(\omega_2) = \omega_2^2$  gilt. Nun kann die

Umdrehungszahl N =  $E(\omega_{\text{auslauf}}) / W$  berechnet werden.

**[0086]** Aufgrund des Vergleichs des Nachkommaanteils von N mit der Anpassungszahl wird die Antriebseinheit 16 einen Augenblick, währenddessen nur ein Teil einer vollständigen Umdrehung der Kurbelwelle 6 erfolgt, eingeschaltet, um dem Kompressionsmechanismus 5 gewissermaßen "anzuschubsen". Entsprechend erhöht sich momentan die Drehzahl  $\omega$  geringfügig (in Fig. 5 aus Klarheitsgründen über eine nicht maßstabsgetreu dargestellte Zeitspanne eingezeichnet). Sodann läuft der Kompressionsmechanismus 5 bis Drehzahl null aus und kommt in der Saugphase zum Stillstand.

**[0087]** Bei der dritten Ausführungsvariante ist die Steuereinrichtung 13 dazu eingerichtet, den Kompressionsmechanismus 5 so antreiben, dass die Grenz-Drehzahl  $\omega_{\text{grenz}}$  erreicht wird, und die Antriebseinheit 16 bei der Grenz-Drehzahl  $\omega_{\text{grenz}}$  und der Abschalt-Kolbenposition abzuschalten, wobei die Abschalt-Kolbenposition bestimmt wird, indem

- die Energiebeurteilungsgröße  $E(\omega_{\text{grenz}})$  bei der Grenz-Drehzahl  $\omega_{\text{grenz}}$  bestimmt wird,
- die Umdrehungsanzahl N durch Quotientenbildung berechnet wird:  $N = E(\omega_{\text{grenz}}) / W$ ,
- der Nachkommaanteil der Umdrehungsanzahl N bestimmt wird,
- ein adaptierter Nachkommaanteil bestimmt wird, indem vom Nachkommaanteil der Umdrehungsanzahl N eine Anpassungszahl im Bereich von 0,1 bis 0,4, vorzugsweise von 0,2 bis 0,3, subtrahiert wird,
- der adaptierte Nachkommaanteil in eine Kolbenposition umgerechnet und diese von der Referenz-Kolbenposition (OT) abgezogen wird.

**[0088]** Fig. 6 zeigt das sich ergebende Diagramm aus Drehzahl  $\omega$  über der Zeit t für einen Anwendungsfall, bei dem der Kältemittelkompressor 1 zunächst mit einer bestimmten Drehzahl  $\omega_0$ , z.B.  $2000 \text{ min}^{-1}$ , betrieben wird. Zur Bestimmung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz W wird die Antriebseinheit 16 ausgeschaltet, sodass der Kompressionsmechanismus 5 antriebslos weiterläuft. Nun werden bei zwei aufeinanderfolgenden Kurbelwellenumdrehungen mit den Drehzahlen  $\omega_1$  und  $\omega_2$  die zugehörigen Energiebeurteilungsgrößen berechnet:  $E(\omega_1) = \omega_1^2$  und  $E(\omega_2) = \omega_2^2$ .

**[0089]** Bzw. ergibt sich sofort die Energiebeurteilungsgrößendifferenz  $W = \omega_1^2 - \omega_2^2$ . Weiters wird, wie oben geschildert, die Umdrehungsanzahl N bzw. deren Nachkommaanteil bestimmt und wird durch Subtraktion der Anpassungszahl vom Nachkommaanteil jene Kolbenposition bestimmt, die von der Referenz-Kolbenposition abgezogen wird, um die Abschalt-Kolbenposition zu erhalten.

**[0090]** Im Gegensatz zum in Fig. 4 dargestellten Fall der ersten Ausführungsvariante läuft nun der Kompressionsmechanismus 5 bis zur Grenz-Drehzahl  $\omega_{\text{grenz}}$  aus und wird dann mittels der Antriebseinheit 16 bei der Grenz-Drehzahl  $\omega_{\text{grenz}}$  gehalten. Es wäre aber natürlich

auch denkbar, dass nach Bestimmung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz W der Kompressionsmechanismus 5 mit eingeschalteter Antriebseinrichtung 16 bis zur Grenz-Drehzahl  $\omega_{\text{grenz}}$  gefahren und dort gehalten wird.

5 Das Halten bei der Grenz-Drehzahl  $\omega_{\text{grenz}}$  erfolgt jedoch nur sehr kurz bzw. einen Augenblick lang, was in Fig. 6 aus Klarheitsgründen übertrieben dargestellt ist, nämlich so lange, bis die Abschalt-Kolbenposition erreicht ist. Sobald die Abschalt-Kolbenposition erreicht ist, wird die Antriebseinheit 16 endgültig abgeschaltet, und der Kompressionsmechanismus 5 läuft bis zum Stillstand aus, wobei der Kompressionsmechanismus 5 in der Saugphase zum Stillstand kommt.

## 15 BEZUGSZEICHENLISTE

### [0091]

1	Kältemittelkompressor
20 2	Kondensator
3	Drosselvorrichtung
4	Verdampfer
5	Kompressionsmechanismus
6	Kurbelwelle
7	Pleuel
8	Zylinderblock
9	Kolben
10	Federelemente
11	Gehäuse
30 12	Stromversorgung
13	elektronische Steuerungseinrichtung des Kältemittelkompressors
14	elektronische Steuerungseinrichtung des Kühlshanks
35 15	Kühlshrank
16	Antriebseinheit
B <sub>m</sub>	Betriebsdrehmoment
L <sub>m</sub>	Lastmoment
ϕ	Kurbelwinkel bzw. Drehwinkel
40 t	Zeit
E	Energiebeurteilungsgröße
W	Energiebeurteilungsgrößendifferenz
ω	(Mess-)Drehzahl
N	Umdrehungsanzahl
45 N'	adaptierte Umdrehungsanzahl
ω <sub>abschalt</sub>	Abschalt-Drehzahl
ω <sub>grenz</sub>	Grenz-Drehzahl
ω <sub>b</sub>	Bestimmungsdrehzahl
ω <sub>auslauf</sub>	Auslauf-Drehzahl

50

## Patentansprüche

1. System umfassend einen Kältemittelkompressor und eine elektronische Steuerungseinrichtung (13) für den Kältemittelkompressor (1), welcher Kältemittelkompressor (1) zumindest umfasst

55

- eine Antriebseinheit (16),  
- einen mit einem Rotor der Antriebseinheit (16) in Wirkverbindung stehenden Kompressionsmechanismus (5) mit zumindest einem in einem Zylinder eines Zylinderblocks (8) hin und her bewegbaren, über eine Kurbelwelle (6) antreibbaren Kolben (9), um zyklisch Kältemittel während einer Saugphase in den Zylinder zu saugen und das Kältemittel während einer auf die Saugphase folgenden Verdichtungsphase im Zylinder zu verdichten,

wobei die elektronische Steuerungseinrichtung (13) dazu eingerichtet ist,

- eine Drehzahl ( $\omega$ ) der Kurbelwelle (6) zu erfassen und zu steuern und/oder regeln,
- eine Kolbenposition des Kolbens (9) zumindest annähernd zu erfassen,

**dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinrichtung (13) dazu eingerichtet ist,

- bei abgeschalteter Antriebseinheit (16) eine Energiebeurteilungsgrößendifferenz (W) zu bestimmen, die proportional zu einer für die Durchführung einer Kurbelwellenumdrehung benötigten Energie ist,
- bei einer Messdrehzahl ( $\omega$ ) eine Energiebeurteilungsgröße ( $E(\omega)$ ), die proportional zu einer Rotationsenergie bei der Messdrehzahl ( $\omega$ ) ist, zu bestimmen sowie die Anzahl der bei abgeschalteter Antriebseinheit (16) verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen (N) bis zum Stillstand des Kompressionsmechanismus (5),
- zu prüfen, ob die verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen (N) bei Abschalten der Antriebseinheit (16) bei einer Referenz-Kolbenposition ein Anhalten des Kompressionsmechanismus (5) in dessen Saugphase ermöglichen,
- gegebenenfalls die Antriebseinheit (16) einzuschalten und unter Berücksichtigung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz (W) eine Abschalt-Drehzahl ( $\omega_{abschalt}$ ) zu bestimmen, bei welcher die Antriebseinheit (16) bei der Referenz-Kolbenposition abzuschalten ist, um einen Stillstand des Kompressionsmechanismus (5) in der Saugphase zu bewirken und die Antriebseinheit (16) bei der Abschalt-Drehzahl ( $\omega_{abschalt}$ ) abzuschalten,
- oder gegebenenfalls die Antriebseinheit (16) einzuschalten und diese mit einer vorgebbaren Grenz-Drehzahl ( $\omega_{grenz}$ ) zu betreiben und unter Berücksichtigung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz (W) eine Abschalt-Kolbenposition zu bestimmen und die Antriebseinheit (16) bei der Grenz-Drehzahl ( $\omega_{grenz}$ ) und der Abschalt-Kolbenposition abzuschalten.

2. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (13) dazu eingerichtet ist,

- die Energiebeurteilungsgrößendifferenz (W) durch Bildung der Differenz der Energiebeurteilungsgrößen ( $E(\omega_1)$ ,  $E(\omega_2)$ ) bei zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen der Kurbelwelle (6) zu bestimmen, um durch eine Bildung des Quotienten Energiebeurteilungsgröße/ Energiebeurteilungsgrößendifferenz ( $E(\omega)/W$ ) bestimmen zu können, wieviele Umdrehungen ( $N$ ;  $N = E(\omega)/W$ ) der antriebslose Kompressionsmechanismus (5) ausgehend von der Messdrehzahl ( $\omega$ ) und der Referenz-Kolbenposition noch weiterlaufen kann, wobei aufgrund des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehanzahl (N) bestimmbar ist, ob der Kompressionsmechanismus (5) in der Saugphase oder in der Verdichtungsphase zum Stillstand kommen würde,

- und unter Anwendung der Quotientenbildung und Berücksichtigung des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehanzahl (N) den Kompressionsmechanismus (5) so anzutreiben und die Antriebseinheit (16) so abzuschalten, dass der Kompressionsmechanismus (5) während der Saugphase zum Stillstand kommt.

3. System nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (13) dazu eingerichtet ist, die Antriebseinheit (16) nur dann abzuschalten und die Energiebeurteilungsgrößendifferenz (W) zu bestimmen, wenn die Drehzahl ( $\omega$ ) größer gleich einer, vorzugsweise vorgebbaren, Mindestdrehzahl ( $\omega_{min}$ ) ist.

4. System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Referenz-Kolbenposition der obere Totpunkt des Kolbens (9) im Zylinder (8) ist.

5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinrichtung (13) dazu eingerichtet ist, den Kompressionsmechanismus (5) so anzutreiben, dass die Abschalt-Drehzahl ( $\omega_{abschalt}$ ) erreicht wird, und die Antriebseinheit (16) bei der Abschalt-Drehzahl ( $\omega_{abschalt}$ ) und der Referenz-Kolbenposition abzuschalten, wobei die Abschalt-Drehzahl ( $\omega_{abschalt}$ ) bestimmt wird, indem

- die Energiebeurteilungsgröße ( $E(\omega_b)$ ) bei einer als Messdrehzahl fungierenden Bestimmungs-drehzahl ( $\omega_b$ ), die vorzugsweise bei zur Bestim-mung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz (W) abgeschalteter Antriebseinheit (16) vorliegt, bestimmt wird,  
- die Umdrehanzahl (N) durch Quotienten-

bildung berechnet wird:  $N = E(\omega_b)/W$ ,  
 - eine adaptierte Umdrehungsanzahl ( $N'$ ) berechnet wird, indem die Umdrehungsanzahl ( $N$ ) auf die nächstgrößere ganze Zahl aufgerundet wird und anschließend eine Anpassungszahl zwischen 0 und 1 addiert wird, und  
 - die Abschalt-Drehzahl ( $\omega_{abschalt}$ ) bis auf einen konstanten Faktor ( $c$ ) berechnet wird als die Wurzel aus dem Produkt der adaptierten Umdrehungsanzahl ( $N'$ ) und der Energiebeurteilungsgrößendifferenz ( $W$ ):

$$\omega_{abschalt} = c * (N' * W)^{0,5}.$$

6. System nach Anspruch 5 und nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anpassungszahl im Bereich von 0,1 bis 0,4, vorzugsweise von 0,2 bis 0,3, liegt.

7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinrichtung (13) dazu eingerichtet ist, den Kompressionsmechanismus (5) so antreiben, dass die Grenzdrehzahl ( $\omega_{grenz}$ ) erreicht wird, und die Antriebseinheit (16) bei der Grenzdrehzahl ( $\omega_{grenz}$ ) und der Abschalt-Kolbenposition abzuschalten, wobei die Abschalt-Kolbenposition bestimmt wird, indem

- die Energiebeurteilungsgröße ( $E(\omega_{grenz})$ ) bei der Grenzdrehzahl ( $\omega_{grenz}$ ) bestimmt wird,  
 - die Umdrehungsanzahl ( $N$ ) durch Quotientenbildung berechnet wird:  $N = E(\omega_{grenz})/W$ ,  
 - der Nachkommaanteil der Umdrehungsanzahl ( $N$ ) bestimmt wird,  
 - ein adaptierter Nachkommaanteil bestimmt wird, indem vom Nachkommaanteil der Umdrehungsanzahl ( $N$ ) eine Anpassungszahl zwischen 0 und 1 subtrahiert wird,  
 - der adaptierte Nachkommaanteil in eine Kolbenposition umgerechnet und diese von der Referenz-Kolbenposition abgezogen wird.

8. System nach Anspruch 7 und nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anpassungszahl im Bereich von 0,1 bis 0,4, vorzugsweise von 0,2 bis 0,3, liegt.

9. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinrichtung (13) dazu eingerichtet ist,

- a) die Antriebseinheit (16) abzuschalten und  
 b) bei abgeschalteter Antriebseinheit (16)
- b1) die Energiebeurteilungsgrößendifferenz ( $W$ ) zu bestimmen,  
 b2) die Energiebeurteilungsgröße

( $E(\omega_{auslauf})$ ) für eine dann vorliegende, als Messdrehzahl fungierende Auslauf-Drehzahl ( $\omega_{auslauf}$ ) zu bestimmen,  
 b3) die Umdrehungsanzahl ( $N$ ) durch Quotientenbildung zu berechnen:  $N = E(\omega_{auslauf})/W$   
 b4) und den Nachkommaanteil der Umdrehungsanzahl ( $N$ ) mit einer Anpassungszahl zwischen 0 und 1 zu vergleichen und

c) wenn der Nachkommaanteil größer als die Anpassungszahl ist, den Kompressionsmechanismus (5) nur für die Dauer eines Teils einer vollständigen Umdrehung der Kurbelwelle (6) anzutreiben.

10. System nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinrichtung (13) dazu eingerichtet ist, zumindest die Schritte b2), b3), b4) und c) iterativ zu wiederholen.

11. System nach einem der Ansprüche 9 bis 10 und nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anpassungszahl im Bereich von 0,1 bis 0,4, vorzugsweise von 0,2 bis 0,3, liegt.

12. System nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Steuereinrichtung (13) dazu eingerichtet ist, die Energiebeurteilungsgröße ( $E(\omega)$ ) für die Messdrehzahl ( $\omega$ ) durch Quadrieren der Messdrehzahl ( $\omega$ ) zu bestimmen.

13. System nach einem der Ansprüche 2 bis 12 und nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (13) dazu eingerichtet ist, die Energiebeurteilungsgrößendifferenz ( $W$ ) so zu bestimmen, dass mehrere Energiebeurteilungsgrößendifferenzen ( $W$ ) für Drehzahlen ( $\omega_i, \omega_{i+1}$ ) bei jeweils zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen in einer Abfolge von mehr als zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen bestimmt werden und aus diesen Energiebeurteilungsgrößendifferenzen ( $W$ ) ein Mittelwert gebildet wird.

14. Verfahren zum Betreiben eines Kältemittelkompessors mit einer Antriebseinheit (16), einem mittels der Antriebseinheit (16) antreibbaren Kompressionsmechanismus (5) umfassend einen Kolben (9) sowie eine mit diesem über ein Pleuel in Verbindung stehende Kurbelwelle (6), **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- bei abgeschalteter Antriebseinheit (16), Bestimmen einer Energiebeurteilungsgrößendifferenz ( $W$ ), die proportional zu einer für die Durchführung einer Kurbelwellenumdrehung benötigten Energie ist,

- bei einer Messdrehzahl ( $\omega$ ), Bestimmen einer Energiebeurteilungsgröße ( $E(\omega)$ ), die proportional zu einer Rotationsenergie bei der Messdrehzahl ( $\omega$ ) ist, und Berechnen der Anzahl (N) der bei abgeschalteter Antriebseinheit (16) verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen bis zum Stillstand des Kompressionsmechanismus, 5
- Prüfen, ob die verbleibenden Kurbelwellenumdrehungen (N) bei Abschalten der Antriebseinheit (16) bei einer Referenz-Kolbenposition ein Anhalten des Kompressionsmechanismus (5) in dessen Saugphase ermöglichen, 10
- gegebenenfalls Einschalten der Antriebseinheit (16) und unter Berücksichtigung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz (W) Bestimmen einer Abschalt-Drehzahl ( $\omega_{abschalt}$ ), bei welcher die Antriebseinheit (16) bei der Referenz-Kolbenposition abzuschalten ist, um einen Stillstand des Kompressionsmechanismus (5) in der Saugphase zu bewirken und Abschalten der Antriebseinheit (16) bei der Abschalt-Drehzahl ( $\omega_{abschalt}$ ), 15
- oder gegebenenfalls Einschalten der Antriebseinheit (16) und Betreiben derselben mit einer vorgebbaren Grenz-Drehzahl ( $\omega_{grenz}$ ) und unter Berücksichtigung der Energiebeurteilungsgrößendifferenz (W) Bestimmen einer Abschalt-Kolbenposition und Abschalten der Antriebseinheit (16) bei der Grenz-Drehzahl ( $\omega_{grenz}$ ) und bei der Abschalt-Kolbenposition. 20
- die Energiebeurteilungsgrößendifferenz (W) durch Bildung der Differenz der Energiebeurteilungsgrößen ( $E(\omega_1)$ ,  $E(\omega_2)$ ) bei zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen der Kurbelwelle (6) bestimmt wird, 25
- durch eine Bildung des Quotienten Energiebeurteilungsgröße/ Energiebeurteilungsgrößendifferenz ( $E(\omega)/W$ ) bestimmt wird, wieviele Umdrehungen (N;  $N = E(\omega)/W$ ) der antriebslose Kompressionsmechanismus (5) ausgehend von der Messdrehzahl ( $\omega$ ) und der Referenz-Kolbenposition noch weiterlaufen kann, wobei aufgrund des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl (N) bestimmt wird, ob der Kompressionsmechanismus (5) in der Saugphase oder in der Verdichtungsphase zum 30
- unter Anwendung der Quotientenbildung und Berücksichtigung des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl (N) der Kompressionsmechanismus (5) so angetrieben und die Antriebseinheit (16) so abgeschaltet wird, dass der Kompressionsmechanismus (5) während der Saugphase zum Stillstand kommt. 35

**15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Energiebeurteilungsgrößendifferenz (W) durch Bildung der Differenz der Energiebeurteilungsgrößen ( $E(\omega_1)$ ,  $E(\omega_2)$ ) bei zwei aufeinanderfolgenden Umdrehungen der Kurbelwelle (6) bestimmt wird, 35
- durch eine Bildung des Quotienten Energiebeurteilungsgröße/ Energiebeurteilungsgrößendifferenz ( $E(\omega)/W$ ) bestimmt wird, wieviele Umdrehungen (N;  $N = E(\omega)/W$ ) der antriebslose Kompressionsmechanismus (5) ausgehend von der Messdrehzahl ( $\omega$ ) und der Referenz-Kolbenposition noch weiterlaufen kann, wobei aufgrund des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl (N) bestimmt wird, ob der Kompressionsmechanismus (5) in der Saugphase oder in der Verdichtungsphase zum 40
- unter Anwendung der Quotientenbildung und Berücksichtigung des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl (N) der Kompressionsmechanismus (5) so angetrieben und die Antriebseinheit (16) so abgeschaltet wird, dass der Kompressionsmechanismus (5) während der Saugphase zum Stillstand kommt. 45
- unter Anwendung der Quotientenbildung und Berücksichtigung des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl (N) der Kompressionsmechanismus (5) so angetrieben und die Antriebseinheit (16) so abgeschaltet wird, dass der Kompressionsmechanismus (5) während der Saugphase zum Stillstand kommt. 50
- unter Anwendung der Quotientenbildung und Berücksichtigung des Nachkommaanteils der ermittelten Umdrehungsanzahl (N) der Kompressionsmechanismus (5) so angetrieben und die Antriebseinheit (16) so abgeschaltet wird, dass der Kompressionsmechanismus (5) während der Saugphase zum Stillstand kommt. 55

Fig. 1

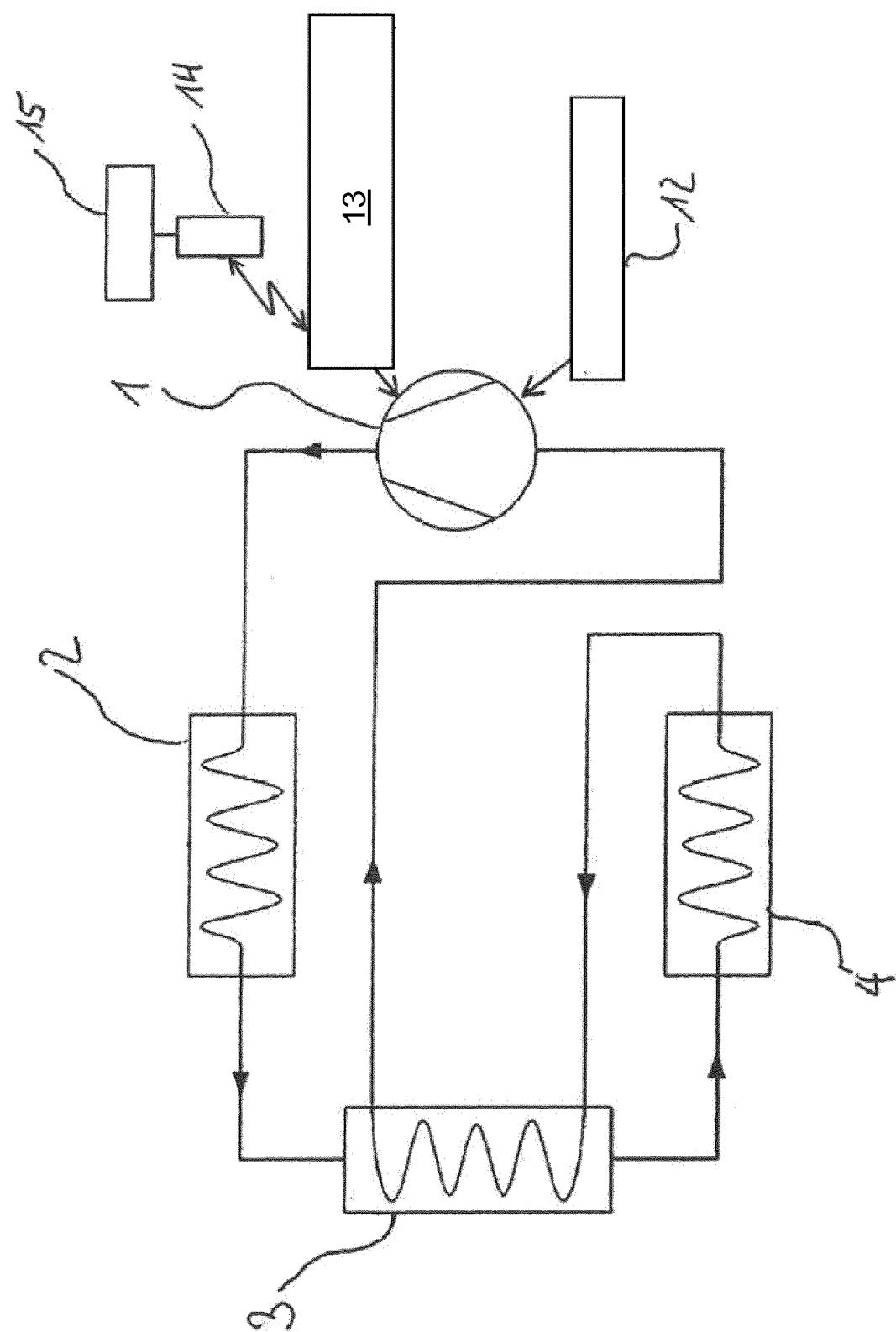


Fig. 2

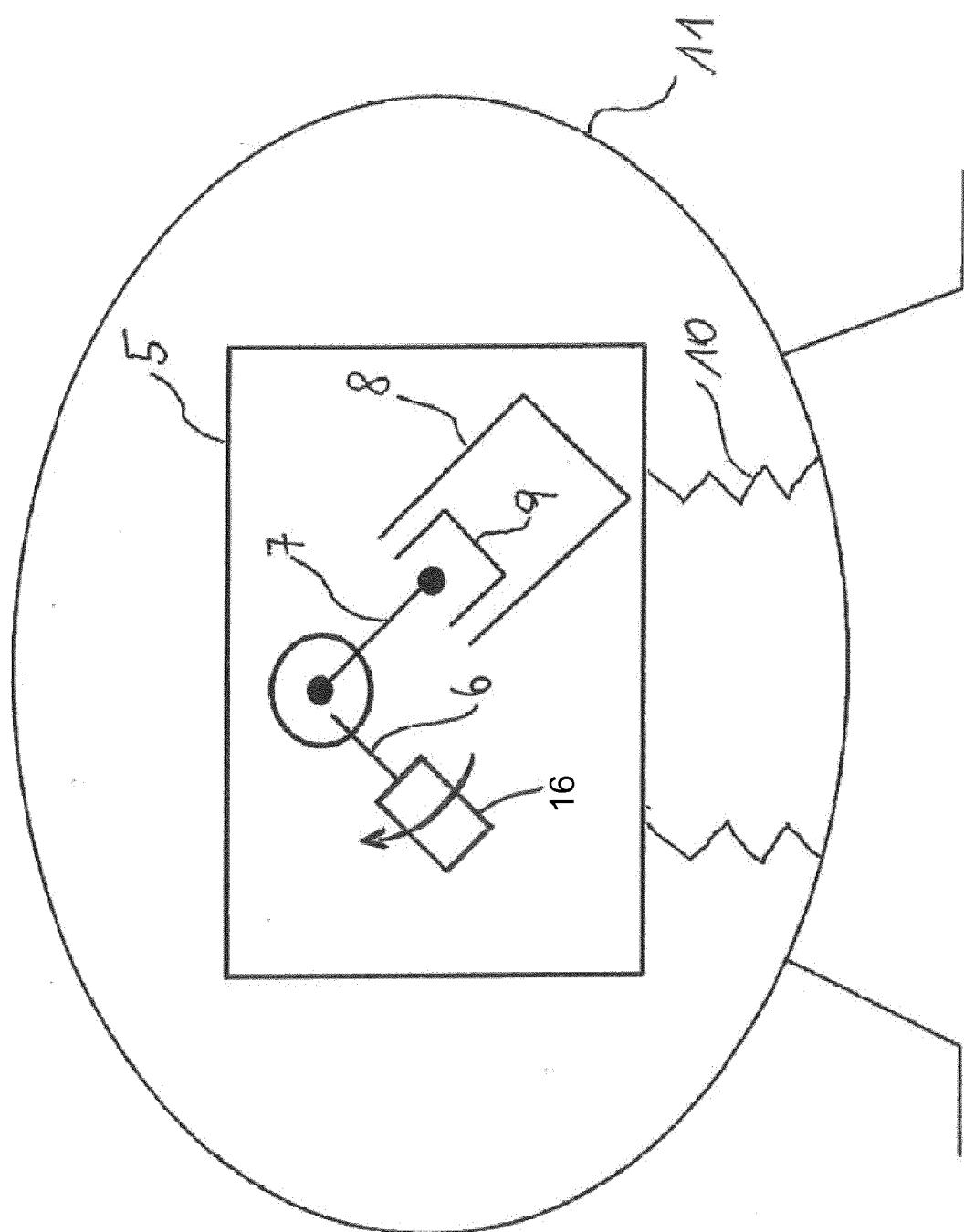


Fig. 3

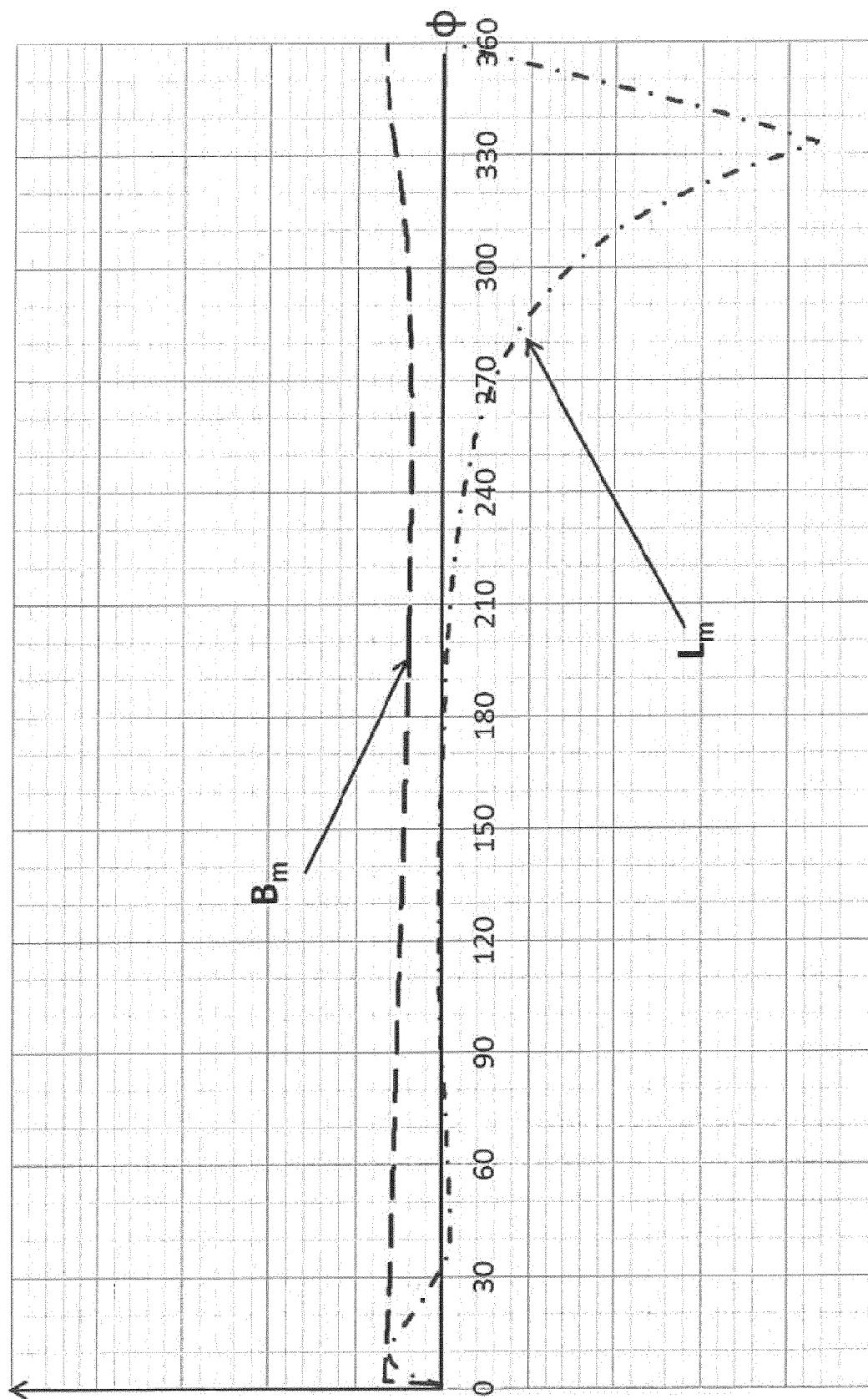


Fig. 4

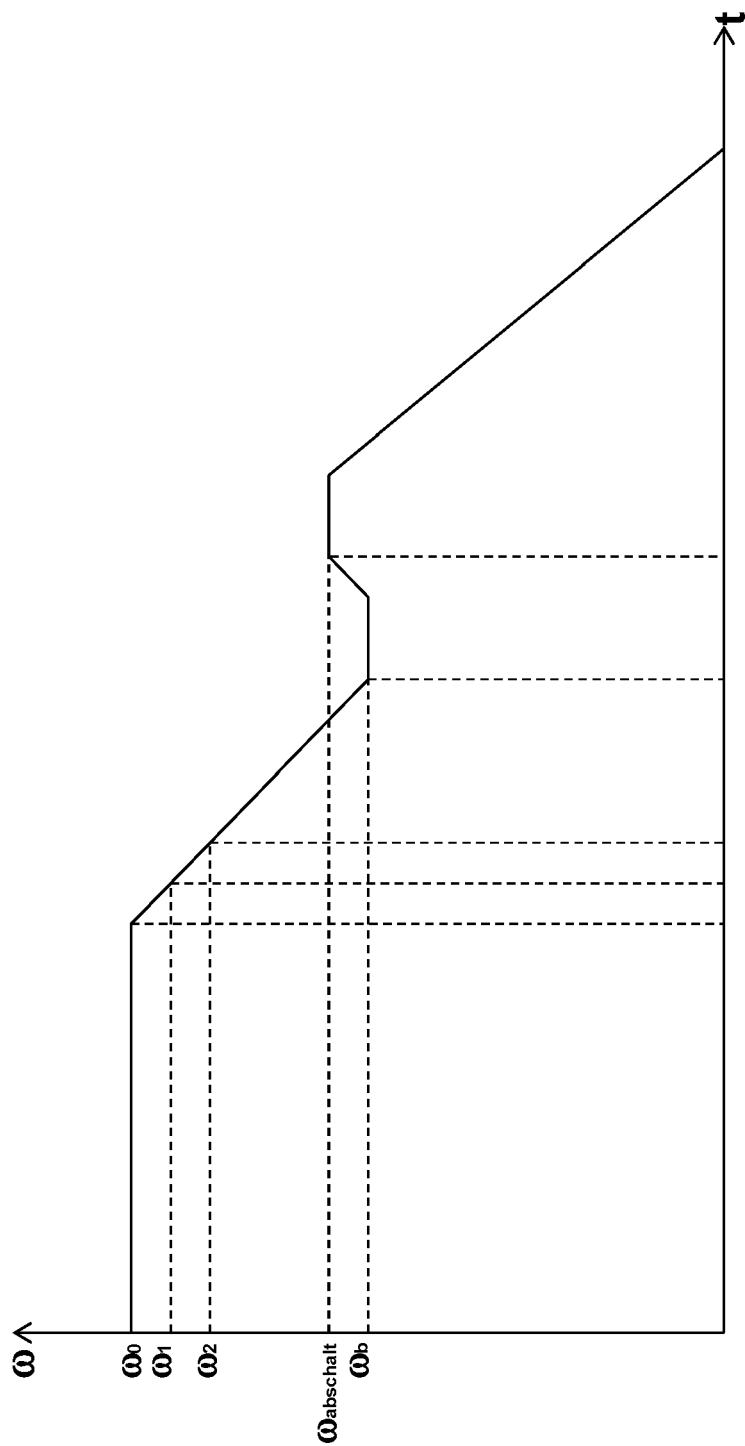


Fig. 5

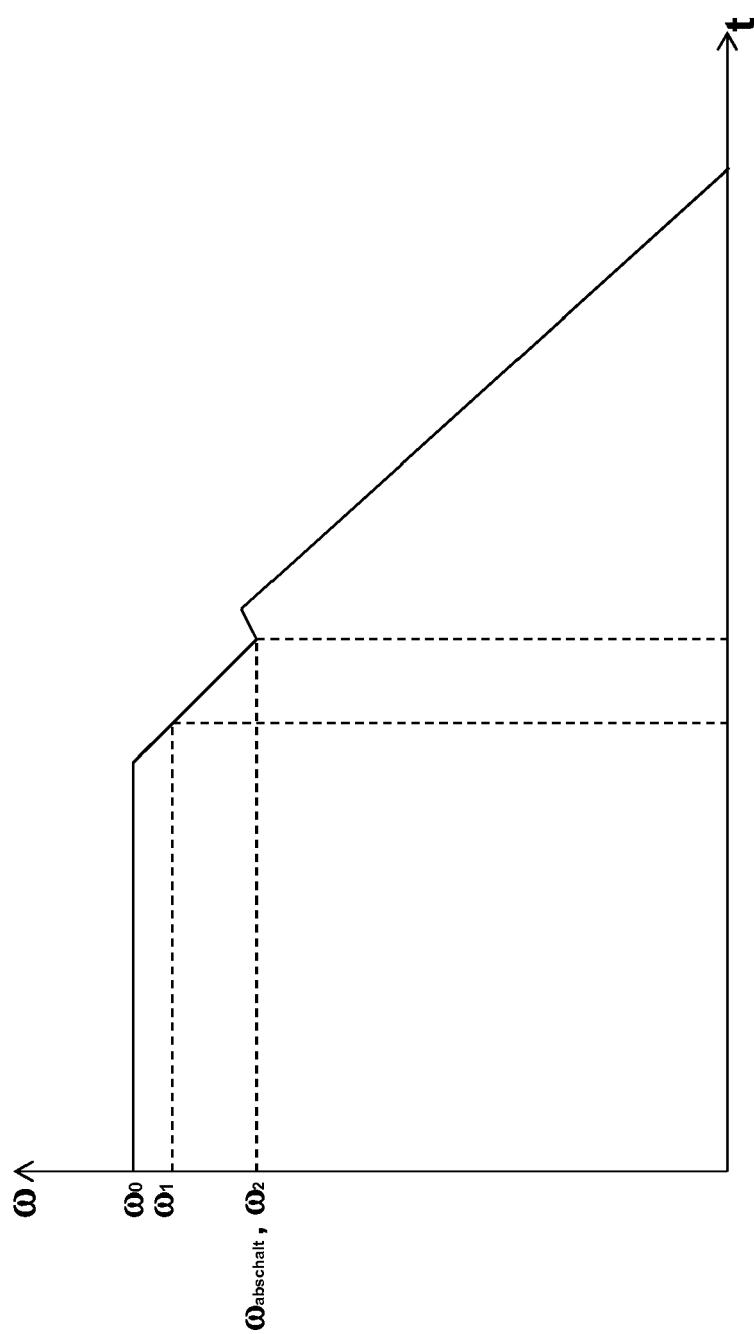
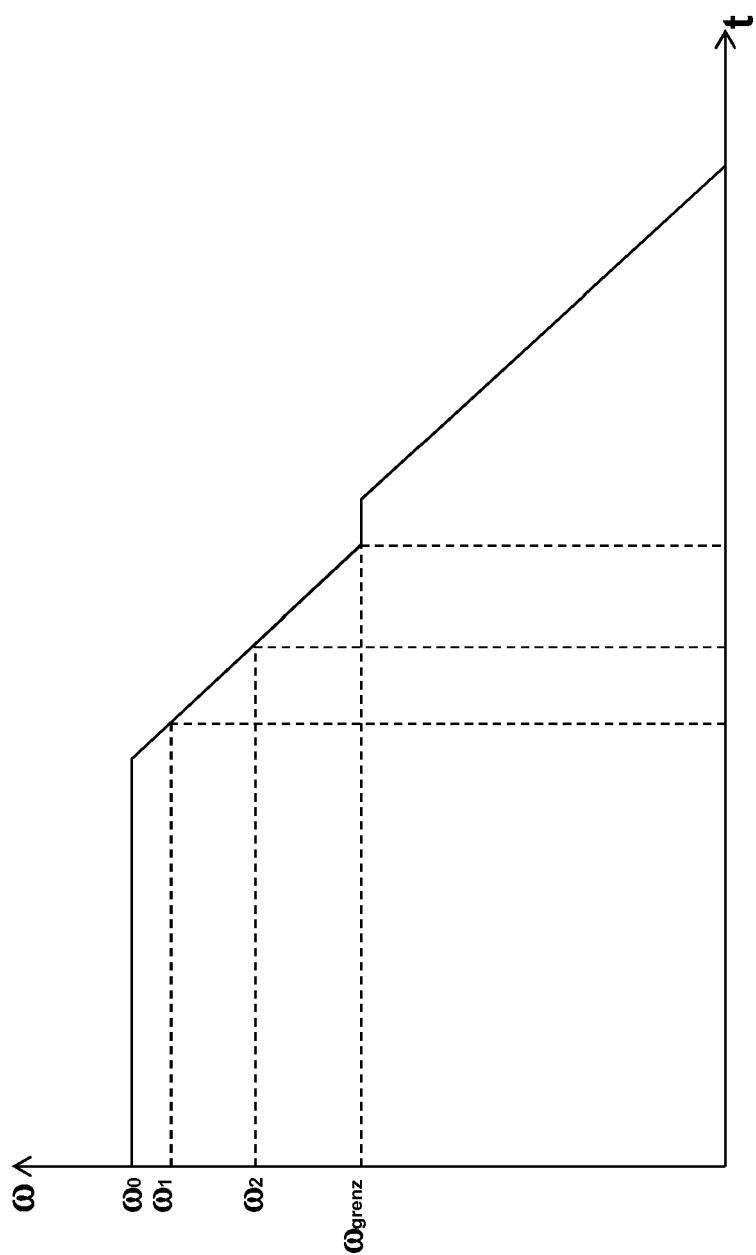


Fig. 6





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 18 15 9462

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE								
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betriefft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)					
10	A,D EP 2 669 519 A1 (WHIRLPOOL SA [BR]) 4. Dezember 2013 (2013-12-04) * Absatz [0010] - Absatz [0012]; Ansprüche 1,10 *	1-15	INV. F04B35/04 F04B49/02 F04B49/06					
15	A,D DE 20 2012 013046 U1 (BERND ZEITVOGEL) 15. September 2014 (2014-09-15) * das ganze Dokument *	1-15						
20	A EP 3 282 126 A1 (SECOP GMBH [DE]) 14. Februar 2018 (2018-02-14) * Absatz [0027] - Absatz [0032]; Ansprüche 1,13 *	1-15						
25	A EP 2 957 770 A1 (WHIRLPOOL SA [BR]) 23. Dezember 2015 (2015-12-23) * Absatz [0014] - Absatz [0016]; Ansprüche 1-16 *	1-15						
30	A WO 2007/074074 A1 (SIEMENS AG [DE]; HERFURTH ROLAND [DE]; RAMPELTSHAMMER MARTIN [DE]) 5. Juli 2007 (2007-07-05) * Anspruch 1 *	1,14	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)					
35			F04B					
40								
45								
50	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt							
55	<table border="1"> <tr> <td>Recherchenort</td> <td>Abschlußdatum der Recherche</td> <td>Prüfer</td> </tr> <tr> <td>München</td> <td>4. Mai 2018</td> <td>Fistas, Nikolaos</td> </tr> </table> <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet  Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie  A : technologischer Hintergrund  O : nichtschriftliche Offenbarung  P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze  E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist  D : in der Anmeldung angeführtes Dokument  L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	München	4. Mai 2018	Fistas, Nikolaos	
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer						
München	4. Mai 2018	Fistas, Nikolaos						

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

EP 18 15 9462

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.

04-05-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	EP 2669519 A1 04-12-2013	AR 084928 A1 BR PI1100026 A2 BR 112013018718 A2 CN 103403349 A CN 105156296 A CN 105649930 A DE 202012013046 U1 EP 2669519 A1 EP 2957770 A1 ES 2551398 T3 JP 6030576 B2 JP 6174753 B2 JP 2014507589 A JP 2016145580 A KR 20140004691 A SG 192003 A1 WO 2012100313 A1	10-07-2013 24-04-2013 25-10-2016 20-11-2013 16-12-2015 08-06-2016 15-09-2014 04-12-2013 23-12-2015 18-11-2015 24-11-2016 02-08-2017 27-03-2014 12-08-2016 13-01-2014 30-08-2013 02-08-2012	
20	DE 202012013046 U1 15-09-2014	AR 084928 A1 BR PI1100026 A2 BR 112013018718 A2 CN 103403349 A CN 105156296 A CN 105649930 A DE 202012013046 U1 EP 2669519 A1 EP 2957770 A1 ES 2551398 T3 JP 6030576 B2 JP 6174753 B2 JP 2014507589 A JP 2016145580 A KR 20140004691 A SG 192003 A1 WO 2012100313 A1	10-07-2013 24-04-2013 25-10-2016 20-11-2013 16-12-2015 08-06-2016 15-09-2014 04-12-2013 23-12-2015 18-11-2015 24-11-2016 02-08-2017 27-03-2014 12-08-2016 13-01-2014 30-08-2013 02-08-2012	
25	EP 3282126 A1 14-02-2018	EP 3225844 A1 EP 3282126 A1 WO 2017167864 A1	04-10-2017 14-02-2018 05-10-2017	
30	EP 2957770 A1 23-12-2015	AR 084928 A1 BR PI1100026 A2 BR 112013018718 A2 CN 103403349 A CN 105156296 A CN 105649930 A	10-07-2013 24-04-2013 25-10-2016 20-11-2013 16-12-2015 08-06-2016	
35				
40				
45				
50				

EPO FORM P0461

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

55

Seite 1 von 2

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

EP 18 15 9462

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.

04-05-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15			DE 202012013046 U1 EP 2669519 A1 EP 2957770 A1 ES 2551398 T3 JP 6030576 B2 JP 6174753 B2 JP 2014507589 A JP 2016145580 A KR 20140004691 A SG 192003 A1 WO 2012100313 A1	15-09-2014 04-12-2013 23-12-2015 18-11-2015 24-11-2016 02-08-2017 27-03-2014 12-08-2016 13-01-2014 30-08-2013 02-08-2012
20	WO 2007074074 A1	05-07-2007	DE 102005062500 A1 WO 2007074074 A1	05-07-2007 05-07-2007
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**

- EP 2669519 A1 [0019]
- DE 202012013046U1 [0019]