



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**08.12.2010 Patentblatt 2010/49**

(51) Int Cl.:  
**F04D 15/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **09007299.2**

(22) Anmeldetag: **02.06.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**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 SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA RS**

(72) Erfinder: **Skovmose, Carsten**  
**8800 Viborg (DK)**

(74) Vertreter: **Vollmann, Heiko et al**  
**Patentanwälte Vollmann & Hemmer**  
**Bei der Lohmühle 23**  
**23554 Lübeck (DE)**

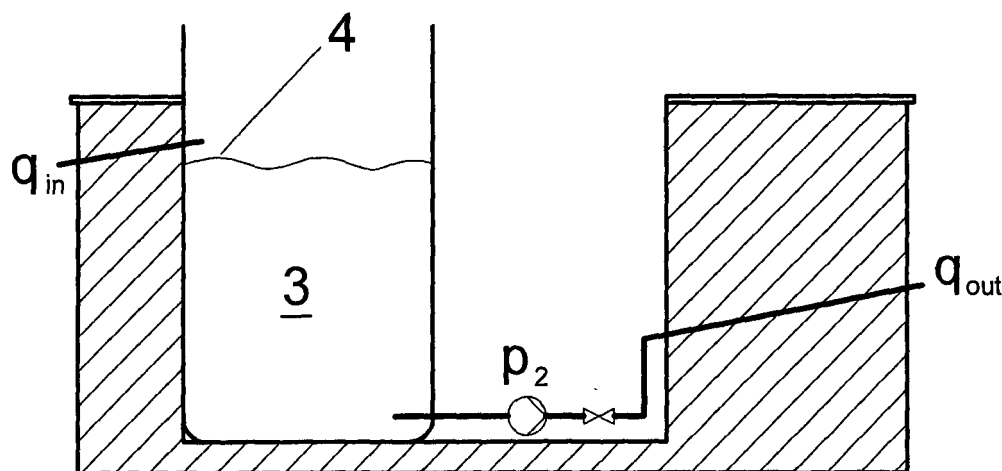
(71) Anmelder: **Grundfos Management A/S**  
**8850 Bjerringbro (DK)**

(54) **Verfahren zur Ermittlung von charakteristischen Werten, insbesondere Werten , insbesondere von Parametern, eines in einer Anlage eingebundenen elektromotorisch angetriebenen Kreiselpumpenaggregates**

(57) Das Verfahren dient zur Ermittlung von charakteristischen Werten eines in einer Anlage eingebundenen elektromotorisch angetriebenen Kreiselpumpenaggregats mit Drehzahlsteller anhand elektrischer Größen des Motors und des von der Pumpe erzeugten Drucks,

bei dem nacheinander mindestens zwei unterschiedliche Betriebspunkte der Pumpe angefahren werden, wobei die Fördermengen in den angefahrenen Betriebspunkten anlagenseitig ermittelt und die charakteristischen Werte damit bestimmt werden.

**Fig. 2**



## Beschreibung

**[0001]** Die Anwendung von Kreiselpumpen zählt heute auf nahezu allen technischen Gebieten zum Stand der Technik. Typischerweise werden Kreiselpumpen in Form von Kreiselpumpenaggregaten eingesetzt, bestehend aus der eigent-

**[0002]** Um das Kreiselpumpenaggregat einerseits energetisch günstig zu betreiben, andererseits möglichst optimal dem Einsatzzweck anzupassen, zählt es heute auch schon bei Kreiselpumpenaggregaten kleiner Bauart zum Stand der Technik, diese mit einem Drehzahlsteller, typischerweise einem elektronischen Frequenzumrichter auszustatten. Derartige Kreiselpumpenaggregate mit Drehzahlsteller werden in Anlagen eingesetzt, sei es beispielsweise in Heizungs-

**[0003]** Insbesondere in Anlagen, aber nicht nur dort, ist es wichtig, einerseits die Funktion der Anlagenteile und andererseits die Prozessgrößen zu überwachen. So ist es bei Kreiselpumpenaggregaten bekannt, innerhalb des Pumpengehäuses einen Drucksensor, typischerweise einen Differenzdrucksensor vorzusehen, welcher den von der Pumpe erzeugten Druck zwischen Saug- und Druckseite, also die Förderhöhe erfasst.

**[0004]** Darüber hinaus werden elektrische Größen des Motors wie beispielsweise die Leistungsaufnahme des Motors und die Frequenz, mit welcher der Drehzahlsteller den Motor speist, erfasst.

**[0005]** Zur Ermittlung des hydraulischen Betriebspunktes der Pumpe genügt jedoch die Erfassung der vorgenannten Werte in der Regel nicht, da sie keine Aussage über die Fördermenge ermöglichen. Die Anordnung von Strömungswächtern zur Erfassung des Durchflusses innerhalb der Pumpe ist aufwändig und häufig auch störanfällig. Ein Strömungssensor, mit welchem die strömungsgeschwindigkeit und damit auch die Fördermenge erfasst werden kann, ist noch aufwändiger und kann insbesondere in der Abwassertechnik praktisch nicht eingesetzt werden.

**[0006]** Aus GB 2 221 073 A zählt es zum Stand der Technik, die Fördermenge der Pumpe indirekt zu berechnen, indem typischerweise über eine Druckmessung innerhalb des Schachtes dessen Füllstand, insbesondere die zeitliche Änderung des Füllstandes ermittelt wird. Hierzu wird zunächst bei ausgeschalteter Pumpe die sich durchschnittlich ergebende Zulaufmenge pro Zeiteinheit ermittelt und dann bei eingeschalteter Pumpe ermittelt, um wie viel der Füllstand pro Zeiteinheit abnimmt, um dann unter der Voraussetzung, dass in der Zeit, in welcher die Pumpe läuft, der gleiche Zufluss erfolgt wie in der Zeit, in der die Pumpe nicht läuft, auf die Fördermenge zu schließen. Dieses Verfahren ist aufwändig, da nicht nur eine Zeitmessung zusätzlich erforderlich ist, sondern auch die Veränderung des Füllstandes erfasst werden muss, wenn die Pumpe nicht läuft. Im Übrigen hängt die Genauigkeit der ermittelten Pumpenfördermengen von der Kontinuität des Zulaufs ab.

**[0007]** Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit dem die vorgenannten Nachteile nach Möglichkeit vermieden werden können und das mit einfachen technischen Mitteln eine Erfassung auch der hydraulischen Größen der Pumpe im Betrieb erlaubt.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung. Sowohl die Merkmale der Unteransprüche als auch die der nachfolgenden Beschreibung können, soweit dies zweckmäßig erscheint, auch für sich sowie in anderer als der beschriebenen Kombination eingesetzt werden.

**[0009]** Das erfindungsgemäße Verfahren dient zur Ermittlung von charakteristischen Werten, insbesondere von Parametern eines in einer Anlage eingebundenen elektromotorisch angetriebenen Kreiselpumpenaggregates mit Drehzahlsteller. Diese charakteristischen Werte werden anhand elektrischer Größen des Motors und/oder des Drehzahlstellers einerseits sowie des von der Pumpe erzeugten Drucks andererseits ermittelt. Es werden hierzu nacheinander mindestens zwei unterschiedliche Betriebspunkte der Pumpe angefahren, wobei die Fördermengen in den angefahrenen Betriebspunkten anlagenseitig ermittelt und die charakteristischen Werte damit bestimmt werden.

**[0010]** Nach Bestimmung der charakteristischen Werte, insbesondere der Parameter, können dann im Weiteren nur unter Heranziehung elektrischer Größen des Motors bzw. des Drehzahlstellers und des von der Pumpe erzeugten Drucks sowohl die hydraulischen Betriebsgrößen der Pumpe als auch weitergehende Funktionen erfasst bzw. kontrolliert werden. Dabei ist gemäß der Erfindung vorgesehen, dass mindestens zwei Betriebspunkte angefahren werden, um die charakteristischen Werte zumindest mit einer Genauigkeit festzulegen, die sinnvolle Rückschlüsse im späteren Betrieb ermöglicht. Es versteht sich, dass beim Anfahren von nur zwei Betriebspunkten die charakteristischen Werte nicht notwendigerweise eindeutig ermittelt werden können. Bevorzugt werden daher gemäß der Erfindung mindestens drei, vier oder neun, dreizehn oder gar mehr Betriebspunkte angefahren, um eine ausreichende Anzahl von charakteristischen Werten mit genügender Genauigkeit zu erfassen, um dann später auf die Erfassung von Fördermengen auch anlagenseitig weitgehend verzichten zu können. Es versteht sich, dass mit zunehmender Anzahl der Betriebspunkte nicht nur die Genauigkeit der ermittelten charakteristischen Werte, insbesondere Parameter, zunimmt, sondern darüber hinaus auch die Genauigkeit der anlagenseitig zu bestimmenden Fördermengen.

**[0011]** Unter elektromotorisch angetriebenem Kreiselpumpenaggregat im Sinne der Erfindung ist ein Elektromotor

mit davon angetriebener Kreiselpumpe zu verstehen, die typischerweise eine gemeinsame Welle aufweisen. Dem Aggregat zugeordnet ist ein Drehzahlsteller, typischerweise ein Frequenzumrichter, welcher die dem Motor zugefügte elektrische Energie zumindest hinsichtlich der Frequenz, typischerweise jedoch auch hinsichtlich der Spannung in weiten Bereich verändern kann. Die dabei unter anderem zu erfassenden elektrischen Größen des Motors, nämlich die Leistungsaufnahme und die Frequenz können ggf, durch entsprechende Größen des Drehzahlstellers ersetzt werden. Diese Größen stehen drehzahlstellerseitig üblicherweise zur Verfügung, brauchen also nicht durch gesonderte Messaufnehmer erfasst zu werden. Der von der Pumpe erzeugte Druck kann durch einen Differenzdruckaufnehmer an der Pumpe, aber auch durch geeignete andere Druckaufnehmer auch an anderer Stelle, z. B. mit Abstand zum Druckausgang der Pumpe gemessen werden.

**[0012]** Unter Anlage im Sinne der Erfindung ist jede Einbindung eines Kreiselpumpenaggregates zu verstehen, beispielsweise eine Abwasserhebeanlage, eine Anlage, bei der ein Kreiselpumpenaggregat als Tauchpumpe aus einem Bohrloch fördert, eine Anlage, bei der ein Kreiselpumpenaggregat in einen Ausgleichsbehälter fördert, Abwasseranlagen mit mehreren Kreiselpumpenaggregaten und dergleichen.

**[0013]** Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens handelt es sich bei den zu ermittelnden charakteristischen Werten um Parameter, die Teil einer den Modellgesetzen von Motor und/oder Pumpe folgenden Funktion oder auch Funktionen sind, die vorzugsweise in parameterlinearer Form gebildet sind. Letzteres ermöglicht es, in einfacher Weise konkrete Werte anhand konkreter Betriebspunkte zu ermitteln, ohne weitere differentiale Betrachtung. Da diese Funktion oder Funktionen den Modellgesetzen von Motor und/oder Pumpe folgen, ergibt sich schon beim Anfahren nur weniger Betriebspunkte ein praxisverwertbares Ergebnis.

**[0014]** Vorteilhaft wird dabei eine die Fördermenge bestimmende Funktion benutzt, die mindestens einen ersten Term mit einer hydraulischen und/oder elektrischen leistungsabhängigen Größe und einen zweiten Term mit einer hydraulischen und/oder elektrischen leistungsabhängigen Größe aufweist, die jeweils mit einem der Parameter multiplikativ verknüpft sind. Eine solche Funktion als Funktion der Fördermenge anzugeben, ist besonders günstig, da die Fördermenge in den angefahrenen Betriebspunkten anlagenseitig ermittelt wird und somit direkt zur Ermittlung der charakteristischen Werte eingesetzt werden kann. Eine die Fördermenge bestimmende Funktion der oben genannten Art zur verwenden ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Fördermenge, wie beispielsweise in Abwasseranlagen, nicht exakt, sondern beispielsweise nur zeitlich gemittelt erfasst werden kann. Dann nämlich steht dieser vergleichsweise unsichere Wert auf einer Seite der Gleichung. Es können dann gegebenenfalls durch mehrfaches Anfahren auch desselben Betriebspunktes die Parameter mit vergleichsweise hoher Genauigkeit bestimmt werden, da mit zunehmender Zahl der angefahrenen Betriebspunkte und erfassten Werte auch die Genauigkeit der angesetzten Fördermenge zunimmt. Dies gilt insbesondere unter Zugrundelegung der im Folgenden noch beschriebenen parameterlinearen Gleichungen.

**[0015]** Besonders vorteilhaft wird gemäß einer Weiterbildung der Erfindung eine Funktion verwendet, bei welcher die Parameter Teil mindestens eines Teils eines Pumpenmodells bilden und wie folgt verknüpft sind:

$$q = \gamma_1 \frac{p}{\omega_r} + \gamma_2 \frac{T}{\omega_r} + \gamma_3 \omega_r, \quad \text{Gleichung (a)}$$

**[0016]** In dieser Gleichung sind  $q$  die Fördermenge der Pumpe,  $p$  der Förderdruck der Pumpe, also beispielsweise der Differenzdruck zwischen Saug- und Druckseite,  $\omega_r$  die Drehgeschwindigkeit der Pumpe,  $T$  das Antriebsdrehmoment der Pumpe und  $\gamma_1$  bis  $\gamma_3$  die zu ermittelnden Parameter des Teilpumpenmodells. Zur Ermittlung dieser Parameter  $\gamma_1$  bis  $\gamma_3$  sind mindestens zwei Betriebspunkte anzufahren, um diese zumindest näherungsweise zu bestimmen. Es versteht sich, dass dann noch keine eindeutige Lösung gegeben ist, jedoch aufgrund dessen, dass die Gleichung (a) einen Teil eines Pumpenmodells darstellt, schon für einige Anwendungen hinreichend aussagekräftig sein kann.

**[0017]** Alternativ zu dem vorgenannten Teilpumpenmodell gemäß Gleichung (a) kann das Teilpumpenmodell gemäß Gleichung (b), die lautet

$$q = \gamma_0 \frac{1}{\omega_r} + \gamma_1 \frac{p}{\omega_r} + \gamma_2 \frac{T}{\omega_r} + \gamma_3 \omega_r, \quad \text{Gleichung (b),}$$

verwendet werden, das gegenüber dem vorbeschriebenen Teilpumpenmodell um den Term  $\gamma_0 \frac{1}{\omega_r}$  erweitert ist. Dieser

Term ist zur Kompensation eines Affinitätsfehlers bestimmt, der entstehen kann, wenn der Druck p mit Abstand zur

**[0018]** Alternativ oder zusätzlich kann gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ein Teilpumpenmodell eingesetzt werden, bei dem die Parameter wie folgt verknüpft sind:

$$p^2 = \theta_0 + \theta_1 p + \theta_2 T + \theta_3 p T + \theta_4 T^2 + \theta_5 \omega_r^2 + \theta_6 p \omega_r^2 + \theta_7 T \omega_r^2 + \theta_8 \omega_r^4$$

**Gleichung (c),**

wobei p den Förderdruck der Pumpe,  $\omega_r$  die Drehgeschwindigkeit der Pumpe, T das Antriebsdrehmoment der Pumpe und  $\theta_0$  bis  $\theta_8$  die zu ermittelnden Parameter des Teilpumpenmodells darstellen. Die Gleichungen (a), (b) und (c) stellen jeweils Teile eines Pumpenmodells dar, bilden also zusammen ((a) und (c) bzw. (b) und (c)) ein vollständiges Pumpenmodell, weshalb es besonders vorteilhaft ist, die Parameter beider Gleichungen zu bestimmen, da dann eine vollständige hydraulische Leistungskurve der Pumpe mit hoher Genauigkeit nachgebildet werden kann. Es versteht sich, dass dann eine entsprechend Vielzahl von unterschiedlichen Betriebspunkten anzufahren ist, um die Vielzahl der zu ermittelnden Parameter bestimmen zu können.

**[0019]** Eine vorteilhafte Weiterbildung, insbesondere Vereinfachung des erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt sich dadurch, dass auf die Ermittlung der Drehgeschwindigkeit der Pumpe  $\omega_r$  verzichtet wird und diese vereinfacht der Frequenz  $\omega_e$  der Spannungsversorgung des Motors gleichgesetzt wird.

$$\omega_r = \omega_e$$

**Gleichung (d)**

**[0020]** Dieser Frequenzwert  $\omega_e$  steht im Drehzahlsteller zur Verfügung und braucht daher nicht ermittelt zu werden. Entsprechendes gilt für die Ermittlung des Antriebsdrehmoments T der Pumpe. Dies kann vereinfacht dadurch ermittelt werden, dass dieses aus dem Quotient der vom Motor aufgenommenen elektrischen Leistung  $P_e$  und der Frequenz  $\omega_e$  der Spannungsversorgung des Motors bzw. der Drehgeschwindigkeit der Pumpe  $\omega_r$  gebildet wird.

$$T = \frac{P_e}{\omega_e}$$

**Gleichung (e)**

**[0021]** Auch die vom Motor aufgenommene elektrische Leistung  $P_e$  steht drehzahlstellerseitig zur Verfügung, da Spannung und Strom dort ständig erfasst werden.

**[0022]** Das erfindungsgemäße Verfahren benötigt zur Ermittlung der charakteristischen Werte in den angefahrenen Betriebspunkten zumindest abschätzungsweise die sich ergebende Fördermenge q der Pumpe. Gemäß der Erfindung kann diese beim Einsatz des Pumpenaggregats in einem druckausgeglichenen Behälter, typischerweise einem Brunenschacht oder dergleichen, zumindest in Näherung dadurch ermittelt werden, dass die zeitliche Änderung des Flüssigkeitsstandes im Schacht erfasst wird, aus dem die Pumpe fördert, und zwar einerseits bei ausgeschalteter Pumpe, um den Zulauf zu erfassen, und andererseits bei eingeschalteter Pumpe in dem jeweiligen Betriebspunkt. Weiter erforderlich ist die Kenntnis der Schachtgeometrie, d. h., insbesondere die Größe des Schachtquerschnitts, ggf. in Abhängigkeit der Füllstandshöhe, wenn der Schacht beispielsweise konisch zulaufend ausgebildet ist, um die der Höhendifferenz des Flüssigkeitsstandes entsprechende Flüssigkeitsmenge zuordnen zu können. Die Erfassung des Flüssigkeitsstandes kann in einfacher Weise durch eine Druckmessung erfolgen, also zum Beispiel durch einen Drucksensor in der Pumpe, welcher bei abgeschalteter Pumpe den statischen Druck erfasst. Alternativ kann der Füllstand auch mechanisch erfasst oder die Fördermenge der Pumpe unmittelbar erfasst werden, wenn dies vorteilhaft ist.

**[0023]** Wenn die Anlage durch ein Bohrloch mit einer darin befindlichen Bohrlochpumpe gebildet ist, kann gemäß einer Weiterbildung der Erfindung die Fördermenge in dem jeweils angefahrenen Betriebspunkt anhand der zeitlichen

Änderung des Flüssigkeitsstandes im Bohrloch ermittelt werden. Dabei ist die Flüssigkeitsstandsänderung, die sich bei abgeschalteter Pumpe einerseits und bei eingeschalteter Pumpe in einem Betriebspunkt andererseits über einen vorbestimmten Zeitabschnitt ergibt, zu vergleichen, um die Fördermenge der Pumpe zu ermitteln. Da bei derartigen Bohr-  
 löchern der Zulauf typischerweise nicht linear erfolgt, ist es vorteilhaft, die Zulaufmenge zum Bohrloch unter Anwendung  
 der folgenden Gleichungen zu bestimmen:

$$\frac{\Delta z_m}{\Delta t} = \eta_0 + \eta_1 z_m + \eta_2 z_m^2 + \dots + \eta_k z_m^k \quad \text{Gleichung (f)}$$

$$q_{in} = \frac{1}{A_w} (\eta_0 + \eta_1 z_m + \eta_2 z_m^2 + \dots + \eta_k z_m^k) \quad \text{Gleichung (g),}$$

15

in denen

- $z_m$  der Flüssigkeitsstand im Bohrloch,  
 $\Delta t$  ein Zeitabschnitt,  
 $\Delta z_m$  die Flüssigkeitsstandsänderung während eines Zeitabschnitts  $\Delta t$ ,  
 $q_{in}$  der berechnete Zufluss in das Bohrloch und  
 $A_w$  der Querschnitt des Bohrlochs sowie  
 $\eta_0, \dots, \eta_k$  die Parameter eines den Zulauf in das Bohrloch nachbildenden mathematischen Modells sind.

**[0024]** Da diese Gleichungen ebenfalls in parameterlinearer Form vorliegen, können die Parameter mit üblichen Ver-  
 fahren ermittelt werden, wie dies bei Berechnung des Zulaufs von Bohrlöchern an sich hinlänglich bekannt ist.

**[0025]** Das erfindungsgemäße Verfahren wird für Anwendungen, bei welchen das Pumpenaggregat in einen Expan-  
 sionsbehälter fördert, vorteilhaft dadurch weiter gebildet, dass die Fördermengen in den angefahrenen Betriebspunkten  
 anhand der zeitlichen Änderung des Drucks in dem Expansionsbehälter der Anlage bestimmt werden, in den die Pumpe  
 fördert, und zwar unter Berücksichtigung der zeitlichen Änderung des Behälterdrucks einmal bei eingeschalteter und  
 das andere Mal bei ausgeschalteter Pumpe, jeweils über einen vorbestimmten Zeitabschnitt.

**[0026]** Dabei wird gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens die Fördermenge der Pumpe unter An-  
 wendung der folgenden Gleichung bestimmt:

$$q_{out} - q_{pump} = -\frac{K_e}{p_{out}^2} \frac{dp_{out}}{dt} \approx -\frac{K_e}{p_{out}^2} \frac{\Delta p_{out}}{\Delta t} \quad \text{Gleichung (h),}$$

in der

- $q_{out}$  der aus der Anlage austretende Förderstrom,  
 $q_{pump}$  die Fördermenge der Pumpe,  
 $p_{out}$  der Druck im Expansionsbehälter,  
 $\Delta t$  ein Zeitabschnitt,  
 $\Delta p_{out}$  die Druckänderung im Expansionsbehälter wäh- rend des Zeitabschnitts  $\Delta t$  und  
 $K_e$  eine Konstante des Expansionsbehälters sind.

**[0027]** Dabei ist der Differentialquotient  $\frac{dp_{out}}{dt}$  vereinfacht durch den Differen-zenquotient  $\frac{\Delta p_{out}}{\Delta t}$  ersetzt worden,

was jedoch beim Anfahren einer ausreichenden Menge von Betriebspunkten in der Regel unproblematisch ist.

**[0028]** Vorteilhaft kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren insbesondere unter Zugrundelegung eines Teilpum-  
 penmodells, wie es in Anspruch 4 bzw. Anspruch 5 gemäß den Gleichungen (a) oder (b) angegeben ist, im späteren

Betrieb der Pumpe die Fördermenge ermittelt werden, ohne einen Strömungswächter oder einen Sensor hierfür einzusetzen. Es kann also vorteilhaft einzig anhand der elektrischen Kenngrößen wie z.B. Leistungsaufnahme und Frequenz des Motors sowie einer Druckmessung die Fördermenge bestimmt werden. Dabei können gegebenenfalls auch weitere Anlagengrößen ermittelt werden, beispielsweise die in den Brunnen oder das System zufließende Flüssigkeitsmenge.

**[0029]** Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann dieses auch zur Überwachung der Funktion des Pumpenaggregats herangezogen werden, indem die charakteristischen Werte, insbesondere die Parameter in zeitlichem Abstand erneut ermittelt werden und mit den zuvor ermittelten verglichen werden. Wenn diese Werte in einem vorgegebenen Toleranzmaß übereinstimmen, ist davon auszugehen, dass die Funktion des Pumpenaggregats unverändert gegeben ist. Weichen diese jedoch von den zuvor ermittelten deutlich oder erheblich ab, so ist eine Funktionsbeeinträchtigung der Pumpe festzustellen, beispielsweise durch die Undichtigkeit einer Dichtung, durch die erhöhte Reibung beim Defekt eines Lagers oder dergleichen.

**[0030]** Wenn, was gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen ist, nicht nur die charakteristischen Werte, insbesondere Parameter eines Teilpumpenmodells, sondern die eines vollständigen Pumpenmodells in zeitlichem Abstand ermittelt und verglichen werden, typischerweise ein solches, wie es in den Ansprüchen 4 oder 5 und 6 angegeben ist, dann ist es sogar möglich, den Wirkungsgrad des Pumpenaggregats, also dessen Effektivität zu überwachen. Dabei wird durch das Pumpenmodell z.B. die Kurve des Wirkungsgrades in Abhängigkeit der Förderung der Pumpe nachgebildet, so dass bei Vergleich der Kurven ein Leistungsabfall auch nur in Teilbereichen sichtbar wird,

**[0031]** Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise selbsttätig mit Hilfe einer entsprechenden Steuerung, die beispielsweise Teil der digitalen Steuerung eines Frequenzumrichters sein kann, durchgeführt, indem die charakteristischen Werte selbsttätig ermittelt und verarbeitet werden. Dazu wird das Pumpenaggregat zunächst in einem Identifizierungsmodus betrieben, in dem es mehrere hydraulische Betriebspunkte selbsttätig anfährt, um die charakteristischen Werte, insbesondere Parameter zu bestimmen und nachfolgend in einen Betriebsmodus versetzt, in dem die zuvor ermittelten charakteristischen Werte zur Ermittlung von Betriebsgröße der Anlage, insbesondere der Fördermenge des Pumpenaggregats eingesetzt werden. Wenn zur Überwachung des Pumpenaggregats noch einer gewissen Zeit die charakteristischen Werte erneut ermittelt werden müssen, wird das Pumpenaggregat wieder in den 1-identifizierungsmodus gesetzt und werden diese Werte erneut ermittelt und sodann mit den vorermittelten oder den ursprünglich ermittelten verglichen.

**[0032]** Die Erfindung ist nachfolgend anhand der Figuren noch näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Diagramm betreffend die möglichen Anwendungen des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 in stark vereinfachter schematischer Darstellung eine Anlage zum Einsatz eines Pumpenaggregates in der Abwassertechnik,

Fig. 3 die zeitliche Flüssigkeitsstandsänderung in der Anlage gemäß Fig. 2 und der daraus ableitbare Förderstrom der Pumpe,

Fig. 4 in Diagrammdarstellung gemäß Fig. 3 eine Erfassung des Förderstroms der Pumpe unter Zugrundelegung von Zeitabschnitten, die kleiner als das jeweilige Förderintervall sind,

Fig. 5 in schematischer Darstellung eine Anlage mit Bohrloch und Pumpenaggregat,

Fig. 6 in schematischer Darstellung eine Anlage, bei der das Pumpenaggregat in einen Ausgleichsbehälter fördert,

Fig. 7 ein Diagramm, welches die Ermittlung der zeitlichen Druckänderungen und deren Auswertung verdeutlicht und

Fig. 8 eine Kurve, welche den Wirkungsgrad in Abhängigkeit der Fördermenge darstellt.

**[0033]** Wie das Diagramm gemäß Fig. 1 verdeutlicht, wird in einem Identifizierungsmodus 1 das Pumpenaggregat identifiziert, d. h. es werden die charakteristischen Größen des Pumpenaggregats ermittelt, indem mindestens zwei, bevorzugt jedoch eine Vielzahl von Betriebspunkte angefahren wird, in jedem der Betriebspunkte die elektrische Leistung des Motors, die Drehzahl des Motors bzw. vereinfacht die Frequenz der Versorgungsspannung des Motors sowie der von der Pumpe geleistete Förderdruck ermittelt wird. Die dabei jeweils geförderte Menge wird anlagenseitig ermittelt. Wenn dieser Identifizierungsmodus 1 abgeschlossen ist, dann kann, nachdem die Parameter  $\gamma_1$  bis  $\gamma_3$  der Gleichung (a) oder die Parameter  $\gamma_0$  bis  $\gamma_3$  der Gleichung (b) bestimmt sind, mithilfe dieser Gleichungen (a) bzw. (b) im späteren Betriebsmodus 2 die Fördermenge der Pumpe ermittelt werden.

**[0034]** Soll hingegen die Funktion oder die Leistung des Pumpenaggregats überwacht werden, so ist ein ständiger

Wechsel zwischen Identifikationsmodus 1 und Betriebsmodus 2 erforderlich, wie dies im linken Teil der Fig. 1 dargestellt ist. Im Identifikationsmodus 1 werden ebenfalls die Parameter ermittelt, sodann läuft das Pumpenaggregat im Betriebsmodus 2, um nach einer vorbestimmten Zeit (z.B. einer Stunde oder einer Woche) wieder in den Identifizierungsmodus 1 zurückzukehren, wo die Parameter nochmals ermittelt werden. Ein Vergleich der nunmehr ermittelten Parameter mit den zuvor ermittelten Parametern ermöglicht eine Beurteilung in einfachster Form der Funktion der Pumpe bis hin zur Erfassung einer Wirkungsgradveränderung, wie sie anhand von Fig. 8 dargestellt ist. Zur letzteren ist die Parametererfassung der Gleichungen (a) und (c) oder (b) und (c) erforderlich, wohingegen für die reine Funktionsüberwachung die Parametererfassung der Gleichungen (a) bzw. (b) oder (c) ausreicht.

**[0035]** In Fig. 2 ist eine Anlage dargestellt, wie sie beispielsweise zur Förderung von Abwasser aus einem Schacht gegeben ist. Der Schacht 3 in Fig. 2 ist, wie bei Anlagen dieser Art üblich, wie ein nach oben offenes Gefäß ausgebildet. Der Flüssigkeitsstand 4 wandert beim Zulauf von Flüssigkeit  $q_{in}$  nach oben und bei eingeschalteter Pumpe entsprechend der Fördermenge  $q_{pump}$  nach unten. Die Pumpe fördert mit dem Druck  $p$ , welches der Differenzdruck zwischen Saug- und Druckseite ist. Dabei ist der Zulauf in den Schacht 3 zwar nicht konstant, er wird jedoch über ein Zeitintervall  $\Delta t$  gemittelt ( $\bar{q}_m$ ) als quasi konstant angenommen. Aus der Veränderung des Flüssigkeitsstands 4 und unter Zugrundelegung des Schachtquerschnitts 3 ergibt sich dann eine Zulaufmenge und bei absinkendem Flüssigkeitsstand 4, wenn die Pumpe pumpt, eine Ablaufmenge  $q_{out}$ . Da auch während der Zeit, wenn die Pumpe pumpt, Flüssigkeit in den Schacht 3 läuft,  $q_{in}$  also quasi konstant bleibt, ergibt sich aus der Summe von der Ablaufmenge  $q_{out}$  und  $q_{in}$  die Fördermenge der Pumpe.

**[0036]** Wie dies im Einzelnen ermittelt werden kann, ist anhand von Fig. 3 dargestellt. Das Diagramm zeigt die Füllstandshöhen im Schacht 3 in Abhängigkeit der Zeit  $t$ . In dem in Fig. 3 ersten Messintervall 6 wird in der Zeit, in der die Pumpe abgeschaltet ist, die sich ändernde Füllstandshöhe 6 über der Zeit  $\Delta t$  erfasst und mit dem Schachtquerschnitt  $A(h)$  multipliziert. Daraus ergibt sich eine in den Schacht 3 einfließende Zulaufmenge  $q_{in}$  pro Zeiteinheit. Im nachfolgenden Intervall 7 wird die Pumpe eingeschaltet und fährt auf einem ersten Betriebspunkt, bis der Flüssigkeitsstand 4 wieder das ursprüngliche zu Beginn des Intervalls 6 gegebene Niveau hat. Daraus lässt sich dann die Fördermenge  $q_{pump}$  der Pumpe ermitteln. Dies kann in einem nachfolgenden Intervall 8, 9 in analoger Weise erfolgen, wobei diesmal die Zulaufmenge  $q_{in}$  größer ist und somit die Pumpe im Intervall 9 länger benötigt, um wieder das ursprüngliche Niveau zu erhalten. Damit sind zwei Betriebspunkte angefahren, mit denen unter Zuhilfenahme der Gleichung (a), welche ein Teilpumpenmodell darstellt, die Parameter dieser Gleichung zumindest so weit bestimmbar sind, dass das Verfahren sinnvoll anwendbar ist. Zweckmäßigerweise wird man hier jedoch weitere Betriebspunkte anfahren, was nicht notwendigerweise aufeinanderfolgend, sondern auch in zeitlichen Abständen im Identifizierungsmodus 1 erfolgen kann.

**[0037]** Wie Fig. 3 verdeutlicht, ist bei der dort angewendeten Methode der Zufluss in den Schacht während der ganzen Zeit zu ermitteln, wenn die Pumpe ausgeschaltet ist. Insoweit günstiger ist das anhand von Fig. 4 dargestellte Verfahren, bei dem die Intervalle 10 und 11, in Teilzeitabschnitte  $\Delta t_1$  bis  $\Delta t_9$  unterteilt sind, wobei die Zeitabschnitte  $\Delta t$  willkürlich oder zufällig gewählt werden können, so dass sich eine gewisse statistische Verteilung ergibt.

**[0038]** Anhand von Fig. 5 ist eine Anlage dargestellt, bei welcher das Pumpenaggregat als Bohrlochpumpe 12 ausgebildet ist, die in einem Bohrloch 13 angeordnet ist. Die Bohrlochpumpe 12 fördert das sich im Bohrloch 13 sammelnde Wasser an die Oberfläche. In Fig. 5 ist mit  $Z_w$  der aktuelle Wasserstand im Schacht 3, d. h. der Flüssigkeitsstand gekennzeichnet.  $Z_g$  stellt den Grundwasserstand dar, d. h. den Wasserstand, der sich einstellen würde, wenn nicht abgepumpt würde und  $Z_f$  den Filtereingangsdruck, d. h. den Wasserstand, der umliegend benötigt wird, um den typischerweise durch Sand um den Brunnenschacht umliegend gebildeten Filter zu durchdringen. Das anhand des Schachtes 3 vorbeschriebene Prinzip zur Ermittlung der Förderflüssigkeit der Pumpe führt bei dieser Anlage nur bedingt, d. h. mit größerer Ungenauigkeit zum Ergebnis, da anders als beim Schacht 3 der Zulauf in das Bohrloch 13 eine Funktion des Flüssigkeitsstandes  $Z_w$  ist, d. h. je höher der Flüssigkeitsstand  $Z_w$  im Bohrloch ist, desto geringer ist der Zulauf. Um dies zu berücksichtigen, sind bei dieser Anlage die Gleichungen (f) und (g) anzuwenden, um  $q_{in}$ , d. h. die zulaufende Flüssigkeit pro Zeiteinheit zu ermitteln. Diese linear parameterisierten Gleichungen (f) und (g) können in üblicher Weise durch Parameteridentifikation gelöst werden, wie dies an sich bei derartigen Anlagen bekannt und hier daher auch nicht im Einzelnen beschrieben ist.

**[0039]** Bei der anhand von Fig. 6 dargestellten Anlage fördert die Pumpe 14 in einen Expansionsbehälter 15, d. h. in einen geschlossenen Behälter 15, der zumindest teilweise mit einem komprimierbaren Gas gefüllt ist, das je nach Füllstand mehr oder weniger komprimiert ist, d. h., dass der Druck innerhalb des Expansionsbehälters 15 veränderlich ist. Da die Fördermenge hier sowohl ausfließend ( $p_{out}$ ) als auch einfließend ( $p_{in}$ ) abhängig vom Druck innerhalb des Behälters 15 ist, ist zur Ermittlung der Fördermenge der Pumpe die Gleichung (g) zu verwenden, welche die Fördermenge in Abhängigkeit des Drucks  $p_{out}$  im Expansionsbehälter bzw. am Ende der Abfuhrleitung sowie die Druckänderung  $\Delta p_{out}$  und eine Konstante  $K_e$  des Expansionsbehälters berücksichtigt. Auch hier ist es zweckmäßig, wie anhand von Fig. 4 dargestellt, das Zeitintervall 16, während die Pumpe ausgeschaltet ist, sowie das Zeitintervall 17, während die Pumpe eingeschaltet ist, in eine Vielzahl von Zeitintervallen  $\Delta t_1$  bis  $\Delta t_9$  beispielsweise zu unterteilen und die sich in diesen Zeitintervallen ergebenden Druckänderungen  $\Delta p_{out}$  zu erfassen, um auf diese Weise die Genauigkeit des Ergebnisses zu verbessern.

**[0040]** Es versteht sich, dass bei allen Messungen, wie sie anhand der Figuren 3, 4 und 7 beispielhaft dargestellt worden sind, diese entsprechend zu wiederholen sind, um unterschiedliche Betriebspunkte zu erfassen und damit die Parameter der durch die Gleichungen (a) bzw. (b) sowie (c) gebildeten Teilpumpenmodelle zu ermitteln. Je mehr Betriebspunkte angefahren werden, umso genauer ist die spätere Ermittlung der Fördermenge der Pumpe im Betrieb, also im Betriebsmodus. Wesentlicher ist dies jedoch für die Überwachung der Pumpenfunktion, insbesondere der Effizienz der Pumpe.

**[0041]** Die Fig. 8 zeigt beispielhaft zwei Kurven, welche mittels der Teilpumpenmodellen (b) und (c) gebildet sind und welche den Wirkungsgrad der Pumpe  $\eta$  über der Fördermenge darstellen. Die Kurve 18 ist zu Beginn des Betriebs erfasst worden, wohingegen die Kurve 19 nach einer beträchtlichen Betriebszeit, also nachdem ein- oder mehrfach in den Betriebsmodus umgeschaltet worden ist, z. B. noch fünf Monaten, erfasst worden. Wie die Kurven verdeutlichen, ist die Effizienz des Pumpenaggregats nahezu über den gesamten Förderbereich der Pumpe zurückgegangen. Dies kann z. B. auf eine Undichtigkeit innerhalb der Pumpe hindeuten, bei der ein Teilförderstrom kurzgeschlossen wird.

## Bezugszeichenliste

### [0042]

- |              |                        |
|--------------|------------------------|
| 1 -          | Identifikationsmodus   |
| 2 -          | Betriebsmodus          |
| 3 -          | Schacht                |
| 4 -          | Flüssigkeitsstand      |
| 6, 7, 8, 9 - | Intervalle in Fig. 3   |
| 10, 11 -     | Intervalle in Fig. 4   |
| 12 -         | Bohrlochpumpe          |
| 13 -         | Bohrloch               |
| 14 -         | Pumpe                  |
| 15 -         | Expansionsbehälter     |
| 16, 17 -     | Intervalle in Fig. 7   |
| 18, 19 -     | Kurven in Fig. 8       |
| $Z_g$        | Grundwasserstand       |
| $Z_f$        | Filtereingangsdruck    |
| $Z_w$        | Wasserstand im Brunnen |

## Patentansprüche

- Verfahren zur Ermittlung von charakteristischen Werten, insbesondere von Parametern, eines in einer Anlage eingebundenen elektromotorisch angetriebenen Kreislumpenaggregats mit Drehzahlsteller anhand elektrischer Größen des Motors und/oder des Drehzahlstellers und des von der Pumpe erzeugten Drucks, bei dem nacheinander mindestens zwei unterschiedliche Betriebspunkte der Pumpe angefahren werden, wobei die Fördermengen in den angefahrenen Betriebspunkten anlagenseitig ermittelt und die charakteristischen Werte damit bestimmt werden.
- Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Parameter Teil einer den Modellgesetzen von Motor und/oder Pumpe folgenden Funktion vorzugsweise parameterlinearer Form sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem eine die Fördermenge bestimmende Funktion mindestens einen ersten Term mit einer hydraulischen und/oder elektrischen leistungsabhängigen Größe und einen zweiten Term mit einer hydraulischen und/oder elektrischen leistungsabhängigen Größe aufweist, die jeweils mit einem der Parameter multiplikativ verknüpft sind,

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Parameter Teil mindestens eines Teils eines Pumpenmodells bilden und wie folgt verknüpft sind:

$$q = \gamma_1 \frac{p}{\omega_r} + \gamma_2 \frac{T}{\omega_r} + \gamma_3 \omega_r \quad \text{Gleichung (a),}$$

wobei

q die Fördermenge der Pumpe,  
p der Förderdruck der Pumpe,  
 $\omega_r$  die Drehgeschwindigkeit der Pumpe.  
T das Antriebsdrehmoment der Pumpe und  
 $\gamma_1$  bis  $\gamma_3$  die Parameter des Teilpumpenmodells sind.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Parameter Teil mindestens eines Teils eines Pumpenmodells bilden und wie folgt verknüpft sind:

$$q = \gamma_0 \frac{1}{\omega_r} + \gamma_1 \frac{p}{\omega_r} + \gamma_2 \frac{T}{\omega_r} + \gamma_3 \omega_r \quad \text{Gleichung (b),}$$

wobei

q die Fördermenge der Pumpe,  
p der Förderdruck der Pumpe,  
 $\omega_r$  die Drehgeschwindigkeit der Pumpe,  
T das Antriebsdrehmoment der Pumpe und  
 $\gamma_0$  bis  $\gamma_3$  die Parameter des Teilpumpenmodells sind.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Parameter Teil eines vorzugsweise weiteren Teils des Pumpenmodells bilden und wie folgt verknüpft sind:

$$p^2 = \theta_0 + \theta_1 p + \theta_2 T + \theta_3 p T + \theta_4 T^2 + \theta_5 \omega_r^2 + \theta_6 p \omega_r^2 + \theta_7 T \omega_r^2 + \theta_8 \omega_r^4 \quad \text{Gleichung (c),}$$

wobei

p der Förderdruck der Pumpe,  
 $\omega_r$  die Drehgeschwindigkeit der Pumpe,  
T das Antriebsdrehmoment der Pumpe und  
 $\theta_0$  bis  $\theta_8$  die Parameter des Teilpumpenmodells sind.

7. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, bei dem

$$\omega_r = \omega_e \text{ und}$$

Gleichung (d)

$$T = \frac{P_e}{\omega_e} \text{ gesetzt wird,}$$

Gleichung (e)

wobei  $\omega_e$  die Frequenz der Spannungsversorgung des Motors und  $P_e$  die vom Motor aufgenommene elektrische Leistung sind.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Fördermengen in den angefahrenen Betriebspunkten anhand der zeitlichen Änderung des Flüssigkeitsstandes in mindestens einem Bohrloch, das Teil der Anlage bildet und aus dem die Pumpe fördert, ermittelt werden, durch Vergleich der Flüssigkeitsstandsänderung und der sich daraus ergebenden Zulauf- bzw. Ablaufmenge bei abgeschalteter und bei eingeschalteter Pumpe.

9. Verfahren nach Anspruch 8 bei dem die Zulaufmenge zum Bohrloch unter Anwendung der folgenden Gleichungen bestimmt wird

$$\frac{\Delta z_m}{\Delta t} = \eta_0 + \eta_1 z_m + \eta_2 z_m^2 + \dots + \eta_k z_m^k$$

Gleichung (f)

$$q_{in} = \frac{1}{A_w} (\eta_0 + \eta_1 z_m + \eta_2 z_m^2 + \dots + \eta_k z_m^k)$$

Gleichung (g),

in denen

$Z_m$  der Flüssigkeitsstand im Bohrloch,

$\Delta t$  ein Zeitabschnitt,

$\Delta z_m$  die Flüssigkeitsstandsänderung während eines Zeitabschnitts  $\Delta t$ ,

$q_{in}$  der berechnete Zufluss in das Bohrloch,

$A_w$  der Querschnitt des Bohrlochs und

$\eta_0, \dots, \eta_k$  die Parameter eines den Zulauf in das Bohrloch nachbildenden mathematischen Modells sind.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Fördermengen in den angefahrenen Betriebspunkten anhand der zeitlichen Änderung des Flüssigkeitsstandes in einem Schacht der Anlage, aus dem die Pumpe fördert, ermittelt werden, und zwar unter Berücksichtigung der zeitlichen Änderung des Flüssigkeitsstandes bei ausgeschalteter und bei eingeschalteter Pumpe sowie der Schachtgeometrie.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Fördermengen in den angefahrenen Betriebspunkten anhand der zeitlichen Änderung des Drucks in einem Expansionsbehälter der Anlage bestimmt werden, in den die Pumpe fördert, und zwar unter Berücksichtigung der zeitlichen Änderung des Behälterdrucks bei ausgeschalteter und bei eingeschalteter Pumpe.

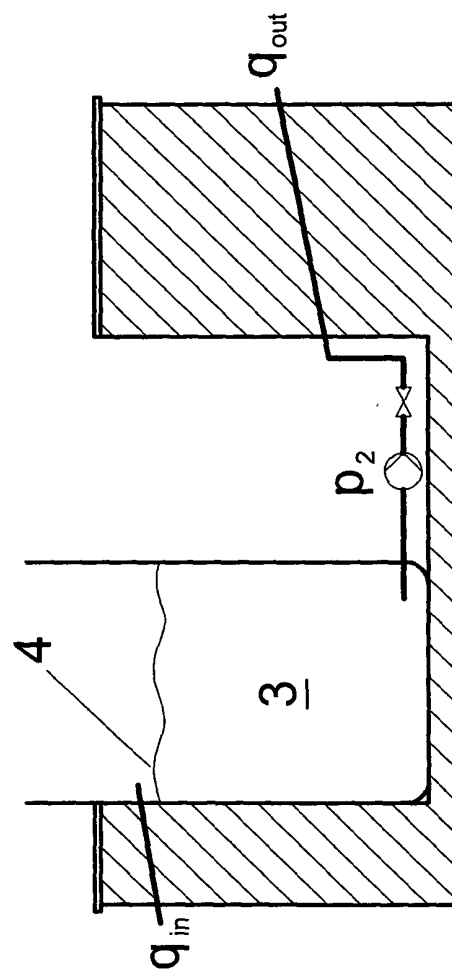
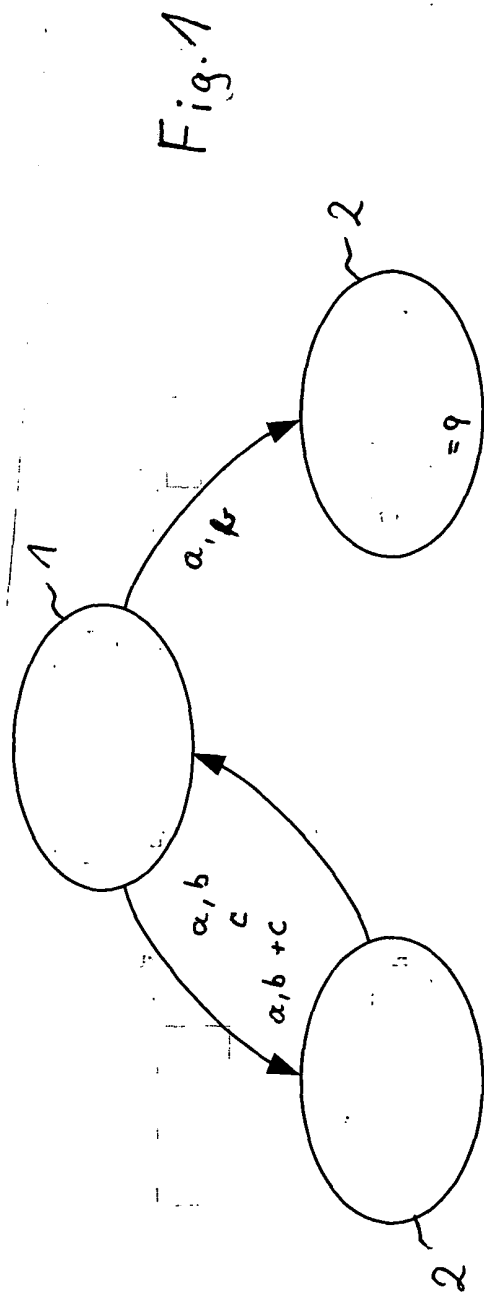
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die Fördermenge der Pumpe unter Anwendung der folgenden Gleichung bestimmt wird

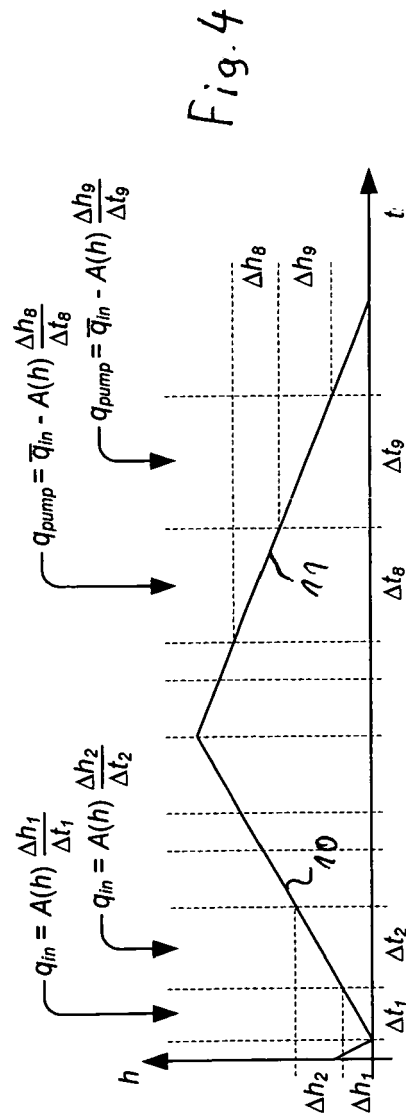
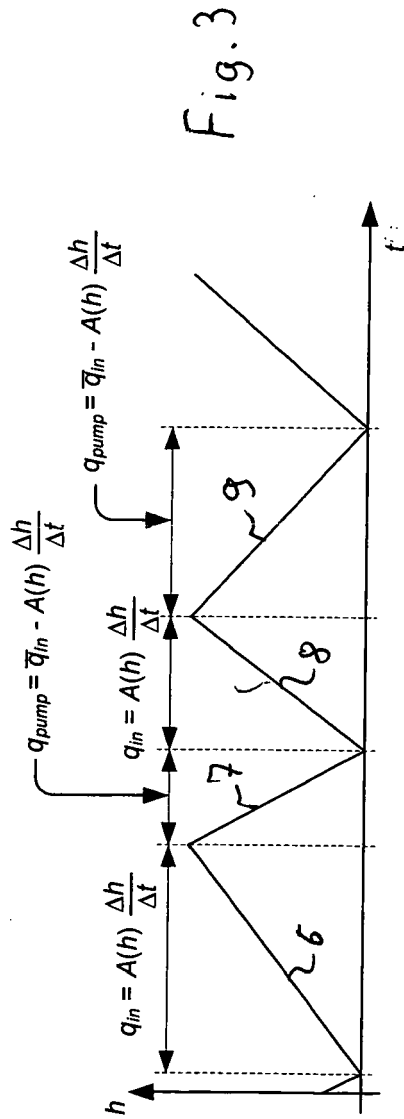
$$q_{out} - q_{pump} = -\frac{K_e}{p_{out}^2} \frac{dp_{out}}{dt} \approx -\frac{K_e}{p_{out}^2} \frac{\Delta p_{out}}{\Delta t} \quad \text{Gleichung (h),}$$

in der

$q_{out}$  der aus der Anlage austretende Förderstrom,  
 $q_{pump}$  die Fördermenge der Pumpe,  
 $p_{out}$  der Druck im Expansionsbehälter,  
 $\Delta t$  ein Zeitabschnitt,  
 $\Delta p_{out}$  die Druckänderung im Expansionsbehälter während des Zeitabschnitts  $\Delta t$  und  
 $K_e$  eine Konstante des Expansionsbehälters sind.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Teil des Pumpenmodells gemäß Anspruch 4 oder 5 zur Bestimmung der Fördermenge der Pumpe während des Betriebs verwendet wird.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die charakteristischen Werte in zeitlichem Abstand erneut ermittelt und mit den zuvor ermittelten zur Überwachung der Funktion des Pumpenaggregats verglichen werden.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mit dem Pumpenmodell gemäß Anspruch 4 oder 5 und Anspruch 6 die hydraulische Leistung der Pumpe ermittelt wird und bei dem in zeitlichem Abstand diese erneut ermittelt und diese zur Überwachung der Leistungsfähigkeit des Pumpenaggregats mit der zuvor ermittelten verglichen wird.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die charakteristischen Werte vorzugsweise selbsttätig in einem Identifizierungsmodus erfasst werden und nachfolgend in einem Betriebsmodus die zuvor ermittelten charakteristischen Werte zur Ermittlung von Betriebsgrößen der Anlage, insbesondere des Pumpenaggregats eingesetzt werden.





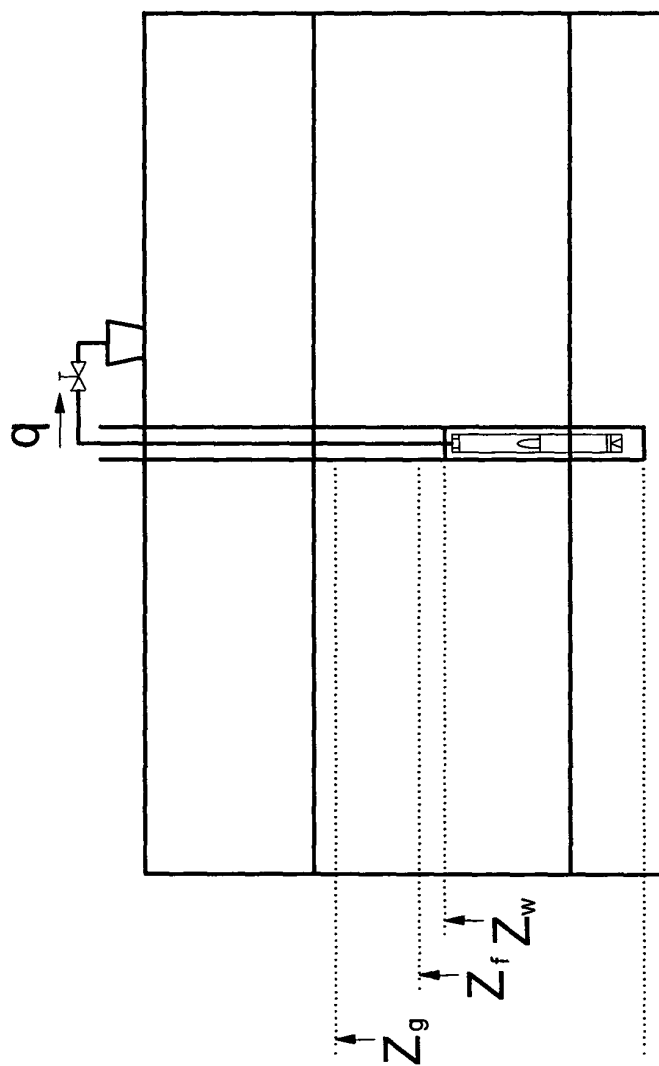


Fig. 5

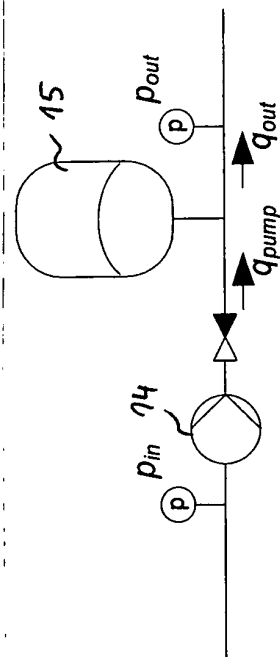


Fig. 6

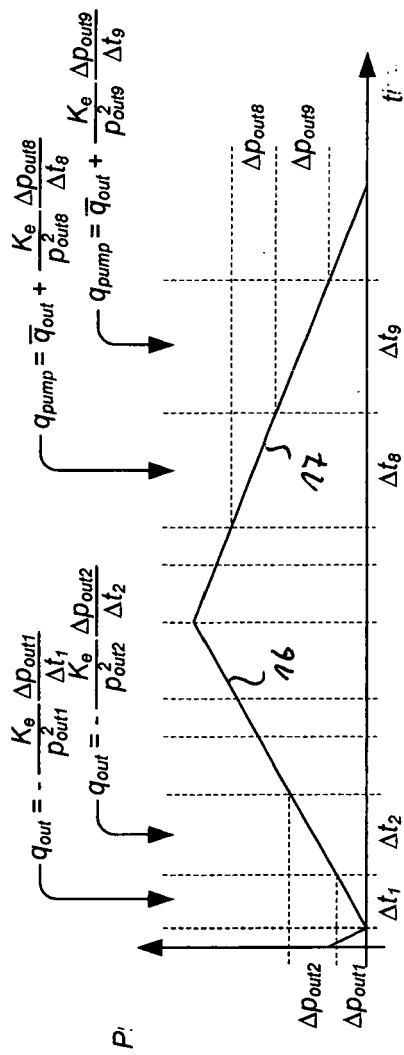
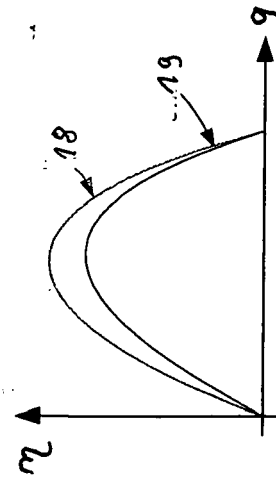


Fig. 8





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 09 00 7299

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                     | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | EP 1 072 795 A (EBARA CORP [JP])<br>31. Januar 2001 (2001-01-31)                                                                                        | 1,4-7,<br>13-16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | INV.<br>F04D15/00                  |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                 | * Absatz [0026] *<br>* Absatz [0042] - Absatz [0044] *<br>* Absatz [0075] *<br>* Absatz [0096] *<br>* Absatz [0111] *<br>* Abbildung 14 *               | 2,3,8-16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                    |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | WO 2004/059170 A (ITT MFG ENTERPRISES INC [US]) 15. Juli 2004 (2004-07-15)                                                                              | 1-7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                 | * Absatz [0010] *<br>* Absatz [0022] - Absatz [0026] *<br>* Absatz [0030] - Absatz [0031] *<br>* Absatz [0040] - Absatz [0041] *<br>* Abbildungen 1-4 * | 2,3,8-16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DE 195 07 698 A1 (KLEIN SCHANZLIN & BECKER AG [DE]) 5. September 1996 (1996-09-05)<br>* Spalte 1 - Spalte 3 *<br>* Abbildung 1 *                        | 8-12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DE 39 18 294 A1 (SARLIN AB OY E [FI] E SARLIN AB HELSINKI OY [FI])<br>14. Dezember 1989 (1989-12-14)<br>* Spalte 1 - Spalte 4 *<br>* Abbildungen 1-3 *  | 8-12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | F04D<br>G01F                       |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US 5 497 664 A (JORRITSMA JOHANNES N [CA])<br>12. März 1996 (1996-03-12)<br>* Spalte 4 - Spalte 6 *<br>* Abbildungen 1,2 *                              | 8-12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                 | WO 91/18266 A (AG PATENTS LTD [GB])<br>28. November 1991 (1991-11-28)<br>* Seite 1 - Seite 5 *<br>* Abbildungen 1,2 *                                   | 11,12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                         | Abschlußdatum der Recherche<br><b>12. Januar 2010</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Prüfer<br><b>Homan, Peter</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>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                    |

EPO FORM 1503.03.82 (P04C03)



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 09 00 7299

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                       | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                 | JP 59 178320 A (TOSHIBA KK)<br>9. Oktober 1984 (1984-10-09)<br>* Zusammenfassung *                                        | 11,12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | -----                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US 4 669 308 A (JORRITSMA JOHANNES N [CA])<br>2. Juni 1987 (1987-06-02)<br>* Spalte 2 - Spalte 6 *<br>* Abbildungen 1,2 * | 11,12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | -----                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                    |
| Recherchenort<br>München                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                           | Abschlußdatum der Recherche<br>12. Januar 2010                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Prüfer<br>Homan, Peter             |
| 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 03.82 (P04C03)



Nummer der Anmeldung

EP 09 00 7299

**GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE**

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:

☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG**

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

☒ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:

☐ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

☐ Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPU).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT  
DER ERFINDUNG  
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 09 00 7299

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-7, 13-16

Verfahren zur Ermittlung von charakteristischen Werten eines  
in einer Anlage eingebundenen elektromotorisch angetriebenen  
Kreispumpenaggregats

---

2. Ansprüche: 8-12

Verfahren zur Ermittlung von Fördermengen

---

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

EP 09 00 7299

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.

12-01-2010

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 1072795 A                                       | 31-01-2001                    | AU 3053799 A                      | 25-10-1999                    |
|                                                    |                               | CN 1303467 A                      | 11-07-2001                    |
|                                                    |                               | WO 9951883 A1                     | 14-10-1999                    |
|                                                    |                               | JP 3343245 B2                     | 11-11-2002                    |
| -----                                              | -----                         | -----                             | -----                         |
| WO 2004059170 A                                    | 15-07-2004                    | AU 2003297991 A1                  | 22-07-2004                    |
|                                                    |                               | CN 1777738 A                      | 24-05-2006                    |
|                                                    |                               | DE 10393946 T5                    | 24-05-2007                    |
|                                                    |                               | US 2004120804 A1                  | 24-06-2004                    |
| -----                                              | -----                         | -----                             | -----                         |
| DE 19507698 A1                                     | 05-09-1996                    | KEINE                             |                               |
| -----                                              | -----                         | -----                             | -----                         |
| DE 3918294 A1                                      | 14-12-1989                    | ES 2013523 A6                     | 01-05-1990                    |
|                                                    |                               | FI 882711 A                       | 09-12-1989                    |
|                                                    |                               | GB 2221073 A                      | 24-01-1990                    |
|                                                    |                               | NO 892318 A                       | 11-12-1989                    |
|                                                    |                               | SE 469434 B                       | 05-07-1993                    |
|                                                    |                               | SE 8902063 A                      | 09-12-1989                    |
|                                                    |                               | US 4999117 A                      | 12-03-1991                    |
| -----                                              | -----                         | -----                             | -----                         |
| US 5497664 A                                       | 12-03-1996                    | KEINE                             |                               |
| -----                                              | -----                         | -----                             | -----                         |
| WO 9118266 A                                       | 28-11-1991                    | AU 7865891 A                      | 10-12-1991                    |
| -----                                              | -----                         | -----                             | -----                         |
| JP 59178320 A                                      | 09-10-1984                    | KEINE                             |                               |
| -----                                              | -----                         | -----                             | -----                         |
| US 4669308 A                                       | 02-06-1987                    | KEINE                             |                               |
| -----                                              | -----                         | -----                             | -----                         |

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**

- GB 2221073 A [0006]