



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 007 414 B3 2008.03.06**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 007 414.1**
 (22) Anmeldetag: **12.02.2007**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.03.2008**

(51) Int Cl.⁸: **F24D 19/10 (2006.01)**
F24D 17/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(61) Zusatz zu:
10 2006 054 729.2

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(73) Patentinhaber:
Clauß, Ulrich, Dr.-Ing., 08297 Zwönitz, DE

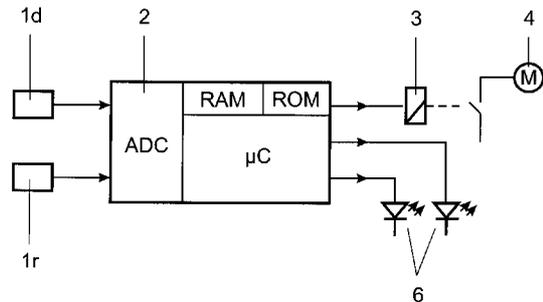
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 196 47 216 A1
DE 35 22 344 A1

(54) Bezeichnung: **Zirkulations-Automat**

(57) Zusammenfassung: Es sollen der Trockenlauf von Zirkulationspumpen und der Funktionsausfall des Rückschlagventils in Brauchwasserzirkulations-Systemen frühzeitig und sicher diagnostiziert und bei Bedarf eine Notabschaltung der Zirkulationspumpe herbeigeführt werden. Die Methodik soll in bekannte Zirkulationssteuerungen integrierbar sein.

Erfindungsgemäß wird für die Diagnose einer Fehlfunktion der Förderung der Zirkulationspumpe nach deren Start die Strömung innerhalb des Zirkulationskreislaufs überwacht. Wird weiterhin zeitnah zu einem Zapfvorgang eine rückwärtige Strömung in der Zirkulationsleitung erkannt, so wird daraus die Diagnose einer Fehlfunktion des Rückschlagventils erzeugt. Als bevorzugte Ausführung wird die Gewinnung der Strömungskriterien durch Temperaturfühler im Vor- und Rücklauf angegeben.

Die Erfindung eignet sich für die funktionelle Erweiterung bekannter Zirkulationssteuerungen.



Beschreibung

Einsatzgebiet und technischer Hintergrund

[0001] Die Erfindung betrifft zirkulierende Wasserkreisläufe in zentralen Warmwasserversorgungen von Gebäuden nach Patent 10 2006 054 729, die nach dem allgemein gebräuchlichen Stand der Technik mit Zirkulationspumpen angetrieben und mit einem Rückschlagventil – auch Rückflussverhinderer genannt – gegen rückwärtige Strömung geschützt werden.

[0002] Hierbei treten nicht selten Fehlfunktionen oder Ausfälle von Baugruppen auf, die lange Zeit unbemerkt bleiben und erhöhten Energieverbrauch oder sogar technische Folgeschäden, z. B. Frühausfall der Pumpe, verursachen können. Dies betrifft insbesondere den Trockenlauf der Pumpe, aber auch die Fehlfunktion des Rückschlagventils.

[0003] Weit verbreitete Pumpenkonstruktionen sind auf die Anwesenheit des Mediums Wasser angewiesen, weil dieses für die Verminderung des Reibungskoeffizienten des Rotors auf dem Achslager und zur Wärmeabfuhr gebraucht wird. Fehlt dieses Medium, so baut sich in den meisten Konstruktionen weder ein nennenswerter Staudruck, noch ein Saugdruck auf. Somit werden Luft einschlüsse im Pumpengehäuse während des Betriebs nicht heraus befördert, was zum gefährlichen Trockenlauf führt. Solche Luft einschlüsse können bereits bei der Installation aufgrund unvollständiger Entlüftung oder auch später über das Rohrsystem, meist nach Reparaturen, in die Pumpe gelangen und können längere Zeit unbemerkt bleiben.

[0004] Rückschlagventile in Brauchwasser-Zirkulationssystemen haben die Aufgabe, einen der Zirkulationsrichtung gegensinnigen Volumenstrom vom Boiler über die Zirkulationsleitung zu einzelnen Zapfstellen zu verhindern und wegen des nötigen Staudrucks zum Öffnen des Ventils gleichzeitig eine Schwerkraftzirkulation zu unterbinden. Durch Verschleiß, Verschmutzung, besonders aber auch durch Verkalkung, kann es dazu kommen, dass Rückschlagventile ausfallen, das heißt, nicht mehr vollständig schließen. Neben der Störung der normalen Warmwasserzirkulation wirkt beim Zapfen von Warmwasser, dass dann teilweise seinen Weg über die eigentliche Zirkulationsleitung nimmt, eine entgegengesetzte Strömung auf den Rotor der Pumpe. Dies geschieht auch dann, wenn diese abgeschaltet ist und somit das Magnetfeld des Stators fehlt, das, je nach Konstruktionsprinzip, für eine zuverlässige Zentrierung des Rotors auf der Achse gebraucht werden könnte. Das kann zu Schäden an der Zirkulationspumpe führen. Eine einsetzende Schwerkraftzirkulation schmälert darüber hinaus den Energie sparenden Effekt einer bedarfsgerechten Zirkulationssteuerung, weil trotz ab-

geschalteter Pumpe erwärmtes Wasser stetig in das Rohrsystem strömt.

[0005] Durch ein automatisches und wirtschaftliches System zur Frühdiagnose sollen die genannten Fehler rechtzeitig erkannt und Folgeschäden vermieden werden.

Stand der Technik

[0006] Wirtschaftliche technische Lösungen zur Diagnose des Trockenlaufs der Zirkulationspumpe oder der Fehlfunktion des Rückschlagventils sind für Brauchwasser-Zirkulationssystem nicht bekannt. Auf der Überwachung möglicher Überhitzungen basierende Lösungen sind wegen der regelmäßig zu beobachtenden großen Temperaturschwankungen des Fördermediums in Zirkulationspumpen ungeeignet. Andere gängige Lösungen aus der technologischen Prozessüberwachung, die auf die Messung des Volumenstroms mittels Strömungssensoren ausgerichtet sind, würden unverhältnismäßig hohe Kosten verursachen und werden deshalb praktisch nicht verwendet.

[0007] Gemäß DE 196 47 216 ist für thermische Solaranlagen bekannt, anhand fest einstellbarer Temperaturdifferenz-Schwellen zwischen mehreren Messorten des Solarkreislaufs und deren zeitlicher Zuordnung zu bestimmten Schalt ereignissen auf die fehlerfreie Funktion und Effizienz der Anlage zu schließen.

[0008] Hier wird nach dem Einschalten der Zirkulationspumpe bei markantem Temperaturgradienten zwischen Wärmequelle und Wärmesenke überwacht, ob nach einer vordefinierten Zeit eine Angleichung der Temperaturen erfolgt. Ist dies nicht der Fall, könnte auf den Ausfall der Förderung geschlossen werden. Übertragen auf ein Brauchwasser-Zirkulationssystem könnte so zwischen Vor- und Rücklauf-temperatur oder auch zwischen zwei voneinander entfernten Messstellen im Vorlauf verglichen werden. Die erste Variante hätte in der Praxis eine übermäßige Analysezeit von vielen Minuten und die zweite Variante einen zusätzlichen Temperatursensor mit Messkanal, also erhöhten technischen Aufwand, sowie die Abhängigkeit der Ergebnisse von möglichen gleichzeitigen Zapfvorgängen, zur Folge. Außerdem müsste eine solche Anordnung für jede Anlage individuell parametrisiert werden, was einem nutzerfreundlichen Seriengerät entgegen steht und viel Raum für Anwenderfehler lässt.

[0009] Ausfälle des Rückschlagventils sollen gemäß dieser Offenlegung mit einem Durchflusssensor erkannt werden, mit dessen Hilfe auf Schwerkraftzirkulation in vor- oder rückwärtiger Richtung während der Ausschaltzeiten der Pumpe geschlossen werden könnte. Nicht immer muss aber ein solcher Ventilaus-

fall von Schwerkraftzirkulation begleitet sein. Das Problem eines gegensinnigen Volumenstroms bei Wasserentnahme, die nur in Brauchwassersystemen, nicht aber bei Betrieb eines Solarkreislaufs auftritt, wird bei dieser Anordnung nicht berücksichtigt.

[0010] Es sind automatische Zirkulationssteuerungen unterschiedlicher Wirkprinzipie bekannt, mit denen die Zirkulationszeiten an die regelmäßigen oder zufälligen Bedarfszeiten der Nutzer angeglichen werden. Als besonders fortschrittlich wird der in DE 10 2006 054 729 beschriebene Zirkulationsautomat angesehen und dient

[0011] Kommt es zu Fehlfunktionen im Zirkulationssystem, so können solche Steuerungen mehr oder weniger falsche Ergebnisse liefern, weil sie von intakten Systemen ausgehen müssen.

[0012] Andererseits gewinnen solche Steuerungen kontinuierlich Messwerte, die potenziell über derartige Fehlfunktionen informieren könnten, ohne dass bisher geeignete Lösungsvorschläge dafür bekannt sind.

Technische Aufgabenstellung

[0013] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabenstellung besteht darin, den Trockenlauf von Zirkulationspumpen und den Funktionsausfall des Rückschlagventils in Brauchwasserzirkulations-Systemen frühzeitig und sicher zu diagnostizieren und bei Bedarf zur Abwendung von Folgeschäden eine Notabschaltung der Zirkulationspumpe herbeizuführen. Dafür soll eine Methodik angegeben werden, die ohne nennenswerten Mehraufwand in bekannte Zirkulationssteuerungen integrierbar ist.

Problemlösung

[0014] Das Problem wird mit dem im Hauptanspruch gekennzeichneten Verfahren gelöst. Vorteilhaft ausgestaltungen sind in den weiteren Ansprüchen angegeben.

[0015] Die Erfindung verwendet vorzugsweise eine Zirkulationssteuerung in bekannter Ausführung mit einem Mikrocontrollersystem als Gerätebasis. Dieses ist eingangsseitig mit den verwendeten Messsensoren, sowie ausgangseitig mit der Zirkulationspumpe und einem optischen oder akustischen Indikator verbunden. Gemäß dem Stand der Technik können so alle nachfolgend beschriebenen Funktionseinheiten vorzugsweise in Form von Programmmodulen einer Betriebs-Software realisiert werden. Die Kombination mit Zirkulations-Steuerungsfunktionen bietet sich aus wirtschaftlichen Gründen besonders an, ist aber keine Bedingung zur Anwendung des Diagnoseverfahrens.

[0016] So wie in bekannten Zirkulationssteuerungen können die Messsensoren vorteilhaft zwei Temperatursensoren als Rohranlegefühler im Vor- und Rücklauf sein, die die Vorlauf-Temperatur θ_D und die Rücklauf-Temperatur θ_R bestimmen.

[0017] Zur Erkennung oder Verifizierung von Strömungen des Brauchwassers können alternativ oder zusätzlich auch andere Sensoren eingesetzt werden, deren Signale dann in nahe liegender Weise in die Verarbeitung einfließen. Der Sinn der Erfindung liegt aber insbesondere darin, möglichst ohne zusätzliche Sensorik die Möglichkeiten einer als vorhanden vorausgesetzten bedarfsabhängigen Zirkulationssteuerung mit zu benutzen. Hier bieten sich Anordnungen mit Temperatursensoren besonders an, weshalb diese Sonderform nachfolgend bevorzugt beschrieben wird.

[0018] Der Trockenlauf einer Zirkulationspumpe im erläuterten Sinne fährt zwangsläufig dazu, dass während der Laufzeit der Pumpe keine zusätzliche Strömung vorhanden ist, die bei normalem Betrieb zu einem zusätzlichen Volumenstrom im gesamten Zirkulationskreislauf, also auch im Vorlauf, führt. Wird die Pumpe nach einer Pause ohne Zirkulation oder Zapfvorgänge eingeschaltet, so wird sich zwangsläufig der abgekühlte Vorlauf erwärmen, weil dieser mit heißem Wasser aus dem Boiler durchströmt wird. Neben einer intakten Pumpe muss also gewährleistet sein, dass die Boilertemperatur höher ist als die gegenwärtige Vorlaufftemperatur, also der Boiler eine deutliche Übertemperatur gegenüber der Umgebung aufweist und die letzte Zapfung oder die letzte Zirkulation so lange zurück liegt, dass sich der Vorlauf inzwischen abkühlen konnte. Anderenfalls wäre mit einer falsch positiven Diagnose zu rechnen.

[0019] Um dies zu vermeiden wird die Vorlaufftemperatur kontinuierlich beobachtet und als Voraussetzung für eine durchführbare Diagnose geprüft, dass gegenüber einem letzten Temperaturmaximum eine Abkühlung erfolgte. Alternativ kann auch eine feste Latenzzeit seit dem letzten Zapf- und Zirkulationsvorgang vorausgesetzt werden.

[0020] Wird auf diese Weise ein Trockenlauf durch Ausfall der Förderfunktion erkannt, so wird die Pumpe zweckmäßiger Weise abgeschaltet, um Folgeschäden auszuschließen. Nur nach Behebung der Ursachen soll dann eine Reaktivierung durch manuellen Eingriff erfolgen. Gegebenenfalls können aber nach der Abschaltung auch noch vereinzelte kurzzeitige Kontrollstarts der Pumpe wiederholt ausgeführt werden, um die Diagnose zu verifizieren.

[0021] Eine falsch negative Diagnose ist möglich, wenn unmittelbar nach dem Pumpenstart eine Zapfung erfolgt und die daraus resultierende Strömung die korrekte Funktion der Pumpe vortäuscht. Werden

aber alle Pumpenstarts überwacht, so ist die dauernde zufällige Synchronisation zwischen Pumpenstart und nachfolgendem Zapfvorgang und somit das Übersehen eines Funktionsausfalls praktisch auszuschließen.

[0022] In Zirkulationssteuerungen, die die Zirkulationspumpe mittels Gewohnheitenspeicher des öfteren vorausschauend starten, kann die Diagnose der Förderfunktion mit solchen Starts kombiniert werden. Werden regelmäßig Sterilisationsläufe ausgelöst, so können auch diese dafür benutzt werden. Trifft beides nicht zu oder sind derartige Starts in der jeweiligen Betriebssituation zu selten, so kann die Pumpe in größeren Abständen auch nur zum Zwecke der Diagnose kurzzeitig gestartet werden, ohne dass dabei das gesamte Leitungsnetz erwärmt wird. Ein solcher Kontrollstart ist z. B. auch während der Erstinbetriebnahme einer Steuerung sinnvoll, um frühzeitig eine mangelnde Entlüftung der Zirkulationspumpe zu erkennen.

[0023] Ursachen für den Ausfall der Förderfunktion können neben dem Trockenlauf ebenso auch versehentlich abgesperrte Ventile, anderweitig nicht durchgängige Rohrleitungen oder ein Ausfall der Zirkulationspumpe, z. B. wegen unterbrochener Zuleitung, sein. Auch in diesen Fällen ist das dauerhafte Sperren der Pumpe bis zu einem Nutzereingriff sinnvoll.

[0024] Nicht schließende Rückschlagventile führen dazu, dass beim Zapfen von Warmwasser dieses nicht nur durch den Vorlauf, sondern auch durch den Rücklauf strömt. Hieraus folgt ja gerade die oben beschriebene Schadfunktion. Bei einem Zapfvorgang im abgekühlten Zirkulationskreislauf kommt es deshalb zu einem Temperaturanstieg an der Zirkulationsleitung.

[0025] Kalkanforderungen, die bekanntlich anhand eines Temperaturanstiegs im Vorlauf gut erkennbar sind, führen bei nicht schließendem Rückschlagventil zu ähnlichen Anstiegen auch im Rücklauf, die als Kriterium ausgewertet werden. Wird nach erkannter Zapfung die Zirkulationspumpe gestartet, so könnte ein anschließender Temperaturanstieg im Rücklauf aber auch Folge der einsetzenden Zirkulationsströmung sein. Auch darf nicht außer acht gelassen werden, dass wegen unterschiedlicher Leitungslängen die Erwärmung des Rücklaufs im Fehlerfall mit einer Verzögerung gegenüber der Vorlauferwärmung einsetzen könnte.

[0026] Um genannten Besonderheiten Rechnung zu tragen, werden Rücklauf-Temperaturanstiege nach dem Starten der Pumpe nicht als Fehlerindizien gewertet, andererseits aber der Pumpenstart nach Erkennen des Zapfvorgangs noch etwas verzögert, um länger Gelegenheit zur Analyse zu haben. Funktionsanalysen des Rückschlagventils können mit nor-

malen Kalkanforderungen kombiniert werden. Um nicht jede Kalkanforderung künstlich zu verzögern genügt es dabei aber, nur in größeren Abständen, z. B. nach einigen Tagen; wiederholt eine Analyse durchzuführen.

[0027] In selteneren Fällen kann es vorkommen, dass die reverse Strömung im Rücklauf im Fehlerfall für einige Zapfstellen beinahe den gesamten Wasserbedarf deckt. Dann wird unter Umständen die Kalkanforderung im Vorlauf nicht mehr erkannt. Deshalb wird vorgesehen, einen signifikanter Temperaturanstieg im Rücklauf zusätzlich als Anforderungskriterium zu interpretieren.

Ausführungsbeispiel

[0028] Anhand eines Ausführungsbeispiels soll die Erfindung nachstehend erläutert werden. Fig. 1 zeigt die Struktur eines Diagnosesystems zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, welches bekannten Zirkulationssteuerungen entlehnt ist. Beschrieben werden hier nur die Diagnose- und Notabschaltfunktionen. In der praktischen Ausführung werden diese mit den ansonsten vorhandenen bekannten Steuerungsfunktionen in nahe liegender Weise kombiniert. Wesentlich für das Verfahren sind die beiden Temperatursensoren **1d** für die Vorlauf- und **1r** für die Rücklaufleitung, ein Relais **3**, das die Zirkulationspumpe **4** schaltet, LED-Anzeigeelemente **6** für den Betriebszustand und der Mikrocontroller **2** mit internem Analog-Digital-Converter ADC.

[0029] Fig. 2 zeigt einen Programmausschnitt für die Diagnose der Förderfunktion. Unmittelbar während des Gewohnheiten- oder Sterilisationsstarts wird die Vorlauftemperatur $\Delta\theta_p$ bestimmt und zwischengespeichert. Nach weiteren 30 Sekunden wird die Differenz aus der dann gültigen Vorlauftemperatur und der vorigen errechnet und mit einem Schwellenwert verglichen. Wird der Schwellenwert nicht überschritten, so ist davon auszugehen, dass keine Förderung erfolgte, der Semaphor `ERROR_DRY` wird gesetzt und die Pumpe abgeschaltet.

[0030] Anschließend wird die Vorlauftemperatur weiter überwacht. Nach dem Absinken um eine bestimmte Differenz wird der Vorgang wiederholt. Nur, wenn dieser Test drei Mal hintereinander erfolglos blieb, wird die Pumpe dauerhaft bis zum manuellen Eingriff abgeschaltet und eine Fehleranzeige generiert.

[0031] Fig. 3 zeigt wesentliche Programmausschnitte für die Diagnose des Rückschlagventils. Im oberen Teil, der als Fragment der Erkennung einer Kalkanforderung zu betrachten ist, wird zunächst der Start der Pumpe zusätzlich verzögert, wenn das Flag `DIAG_NRET` als Anforderung der Diagnose gesetzt ist. Hierbei sind $\Delta\theta_p$ der Vorlaufanstieg, $\Delta\theta_{DS}$ die

Schaltschwelle zur Identifikation eines signifikanten Anstiegs und COLD ein Semaphore zur Auslösung des Pumpenstarts.

des Zustands erzeugt werden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

[0032] Im unteren Teil wird die Rücklauf-temperatur überwacht und im Falle, dass außerhalb der Pumpenlaufzeit der Rücklauf-Temperaturanstieg $\Delta\theta_R$ die Schwelle $\Delta\theta_{RS}$ überschreitet, eine Fehlermeldung ERROR_NRET und eine entsprechende Anzeige generiert.

Patentansprüche

1. Zirkulations-Automat nach Patent 10 2006 054 729,

gekennzeichnet durch wenigstens eines der folgenden Merkmale:

- Folgt einem Start der Zirkulationspumpe keine erkennbare Strömung innerhalb des Zirkulationskreislaufs, so wird daraus die Diagnose einer Fehlfunktion der Förderung der Zirkulationspumpe erzeugt.
- Wird zeitgleich oder zeitnah zu einem Zapfvorgang, der in bekannter Weise erkannt wird, eine rückwärtige Strömung in der Zirkulationsleitung erkannt, so wird daraus die Diagnose einer Fehlfunktion des Rückschlagventils erzeugt.

2. Diagnoseverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erkennung einer Strömung im Zirkulationskreislauf unmittelbar nach dem Start der Pumpe nach einem signifikanten Temperaturanstieg im Vorlauf gesucht wird.

3. Diagnoseverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erkennung einer rückwärtigen Strömung in der Zirkulationsleitung nach einem signifikanten Temperaturanstieg im Rücklauf in zeitlicher Nähe zum Zapfvorgang gesucht wird.

4. Diagnoseverfahren nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Verifizierung einer erkannten Fehlfunktion der Förderung wiederholte Probestarts nach zwischenzeitlich registrierten Abkühlungen des Vorlaufs erfolgen.

5. Diagnoseverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach erkannter Fehlfunktion der Förderung die Pumpe ausgeschaltet wird, um Folgeschäden zu verhindern

6. Diagnoseverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu bekannten Methoden zur Erkennung von Zapfvorgängen auch die erkannte rückwärtige Strömung selbst als Kriterium für einen Zapfvorgang genutzt wird.

7. Diagnoseverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass je nach Diagnose-Ergebnis akustische oder optische Signale zur Identifikation

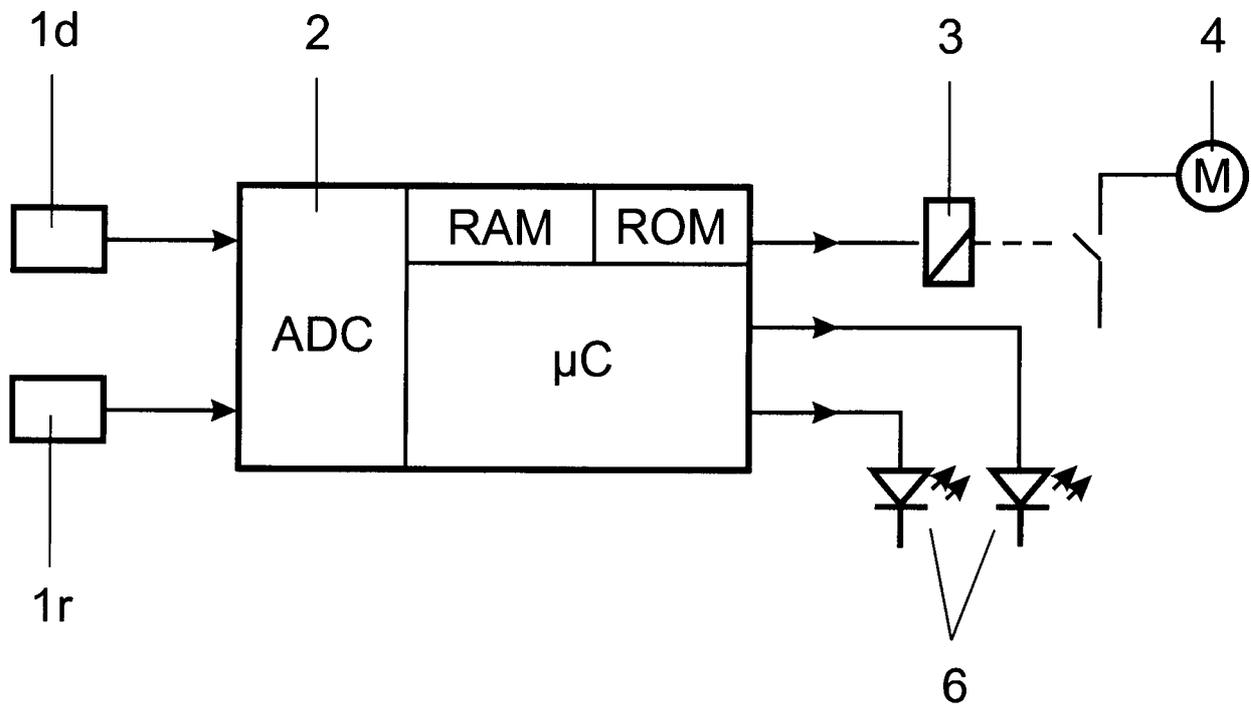


Fig. 1

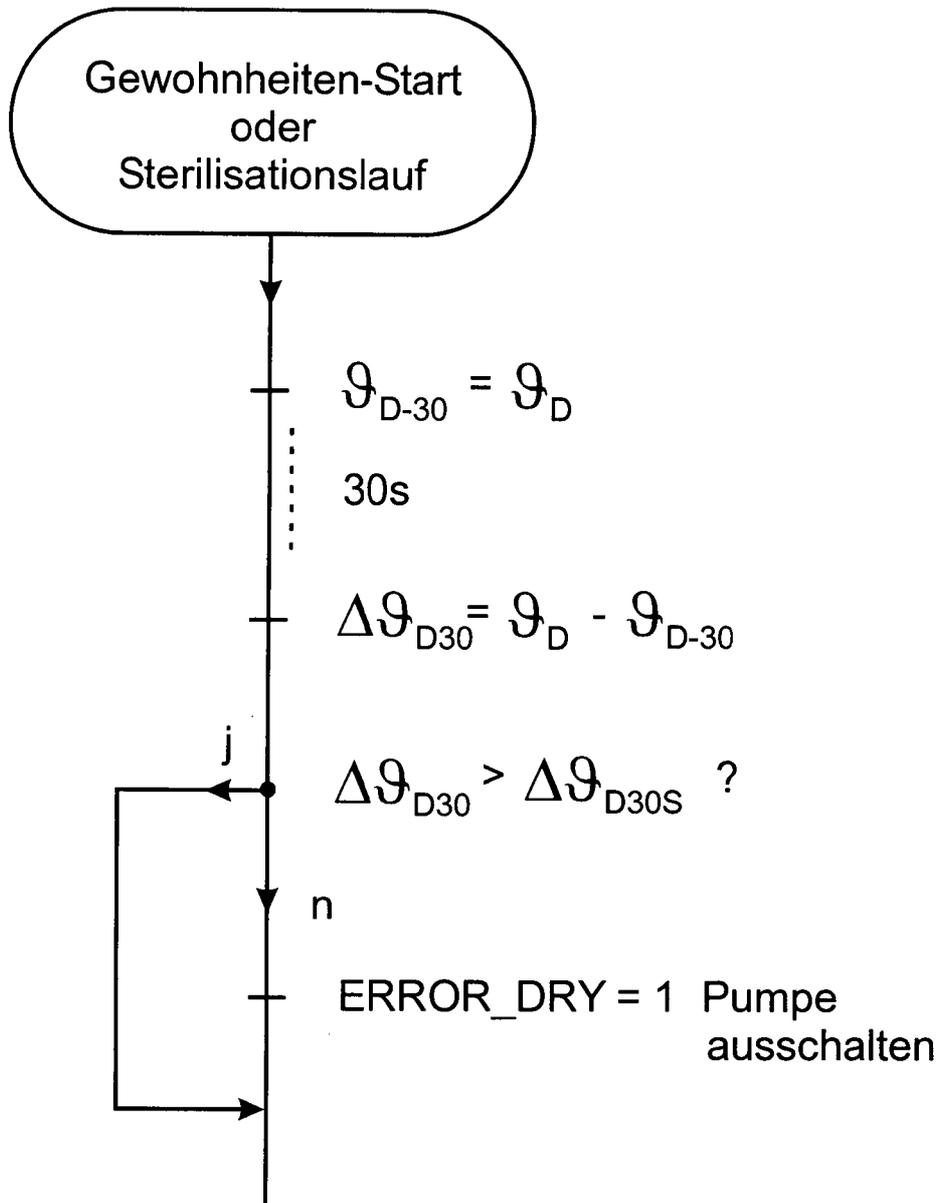


Fig. 2

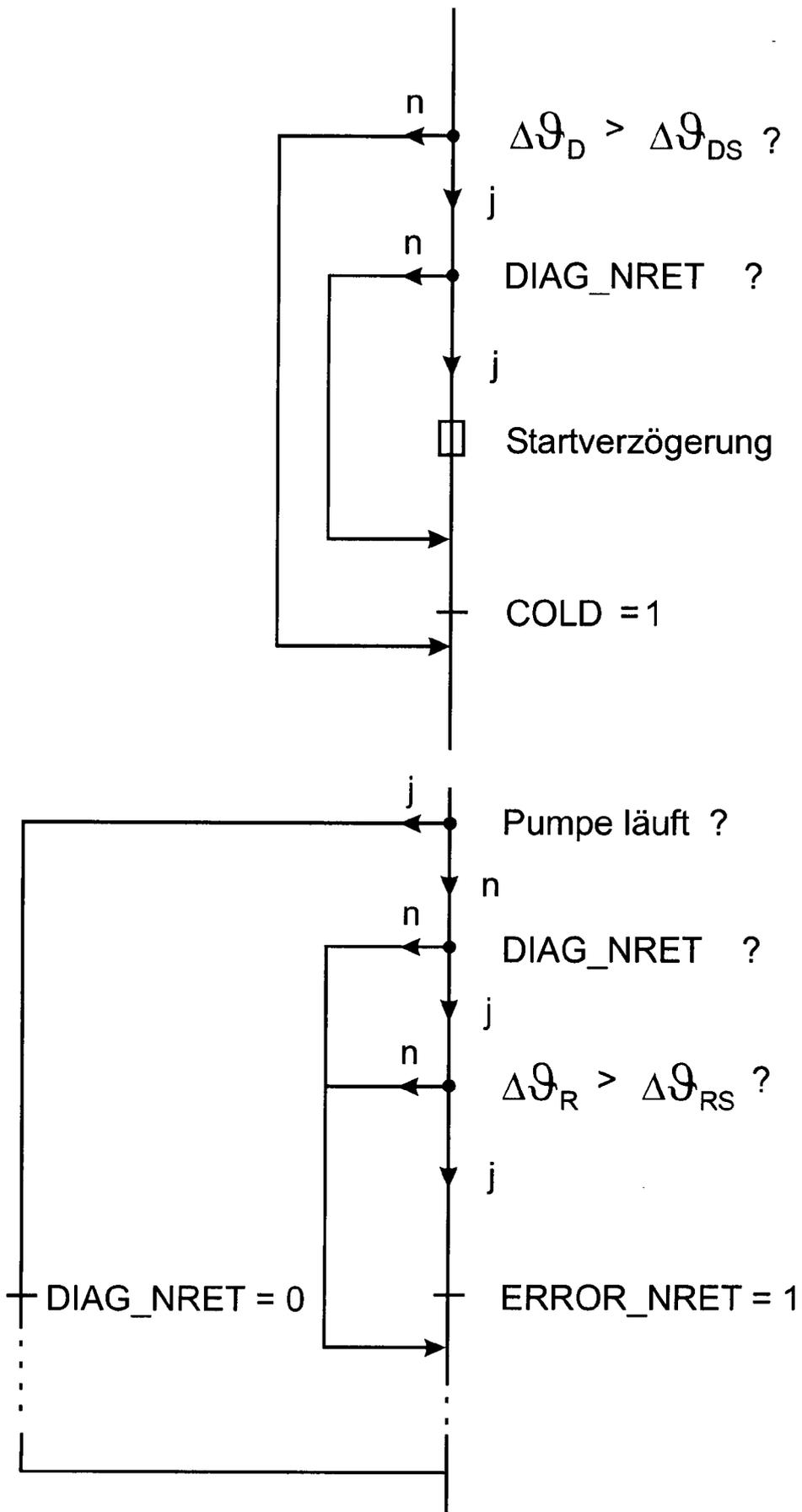


Fig. 3