



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 054 729 B3 2007.10.18**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 054 729.2**

(22) Anmeldetag: **19.11.2006**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **18.10.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F24D 19/10 (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).

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

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

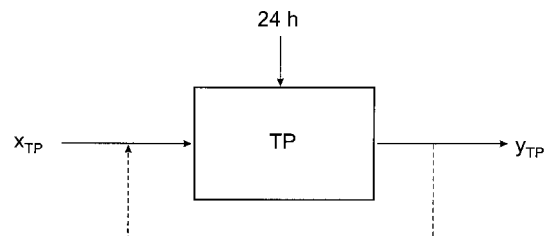
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 32 42 491 C2
DE10 2004 035167 A1
DE 103 02 261 A1
DE 101 28 444 A1
DE 101 15 129 A1
DE 35 22 344 A1
DE 202 08 698 U1
DE 200 16 431 U1

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

(57) Zusammenfassung: Es sollen alle notwendigen Laufzeiten einer Zirkulationspumpe bei zufälligen Zapfvorgängen, vor regelmäßigem Bedarf, sowie zur Desinfektion, mit höchstem Automatisierungsgrad nach einem Optimum gesteuert werden, das vom Nutzer in einfachster Weise vorgegeben werden kann.

Erfindungsgemäß werden der Speicherwert der Tageszeit-Intervalle im Gewohnheiten-Speicher als Ausgangsgröße einer Tiefpass-Funktion mit variabler Zeitkonstante gebildet, erkannte Zapfvorgänge in einem weiteren Speicher mit zyklischer Struktur zwischengespeichert und erst während der nächsten Tages-Periode zur Präzisierung der Inhalte des Gewohnheiten-Speichers verarbeitet. Im Falle eines Temperatursensors als Melder für Zapfvorgänge wird im erwärmten Zustand die Abkühlungsgeschwindigkeit analysiert. Eine Einknopf-Bedienung mit Laufstatistik gestattet dem Nutzer die Wahl eines Kompromisses zwischen sparsamster und komfortabelster Betriebsweise. Abweichende Gebrauchsgewohnheiten, wie an Wochenenden, bei Abwesenheit oder nach Zeitumstellung, werden erkannt und berücksichtigt. Regelmäßige Desinfektionsläufe werden mit der Boilertemperatur synchronisiert.

Die Erfindung eignet sich für die Ausführung als Vorschaltgerät für neu installierte oder bereits vorhandene Zirkulationspumpen ebenso, wie für die Integration in das Gehäuse von Zirkulationspumpen als komplette Baueinheit.



Beschreibung

Einsatzgebiet und technischer Hintergrund

[0001] Die Erfindung betrifft die Steuerung zirkulierender Wasserkreisläufe in zentralen Warmwasserversorgungen von Gebäuden, die nach dem allgemein gebräuchlichen Stand der Technik mit Zirkulationspumpen angetrieben werden.

[0002] Die Zirkulation bedingt einen Energieverbrauch durch Wärmeabgabe des ständig auf Warmwasser-Temperatur gehaltenen Rohrsystems an die Umwelt und für den Antrieb der Pumpe. Sie soll deshalb möglichst nur auf die tatsächlichen Bedarfszeiten beschränkt werden. Problematisch ist dabei der Umstand, dass solche Bedarfszeiten nur bedingt regelmäßig vorkommen. Weiterhin sind hygienische Anforderungen zur periodischen Spülung des Rohrnetzes bei ausreichend hohen Wassertemperaturen zu berücksichtigen, um einer Ansiedlung gesundheitsgefährdender mikrobiologischer Kulturen entgegen zu wirken.

Stand der Technik

1) Thermostat-Steuerung: Zur Senkung der kontinuierlichen Energieverluste sind zunächst Thermostate im Gebrauch, die die im Rohrsystem vorgehaltene Temperatur und somit auch die Wärmeabgabe an die Umwelt verringern. Hierfür sind unterschiedliche Wirkprinzipien bekannt, beispielsweise als Mischer im Rohrkreislauf oder als temperaturabhängiger Leistungsregler, bzw. Schalter, für die Zirkulationspumpe. Dabei wird auch in Bedarfszeiten nur eine begrenzte Wassertemperatur bereitgestellt, was dem Sinn des Zirkulationssystems an sich entgegen steht.

2) Start auf Anforderung: Um eine Zirkulationspumpe möglichst nur bei Bedarf, dann aber vollständig, zu aktivieren und bei längeren Perioden ohne Anforderung abzuschalten, sind zahlreiche technische Lösungen bekannt, bei denen die Pumpe entweder durch direktes manuelles Auslösen mittels Schalter oder durch das Erkennen eines Zapfvorgangs mittels geeigneter Sensoren gestartet wird. Solche Sensoren können beispielsweise Druck- oder Strömungssensoren, Körperschallsensoren, oder auch thermoelektrische Sensoren sein. Derartige Anordnungen sind stellvertretend in der PS DE 32 42 491, der OS DE 35 22 344, der OS DE 103 02 261 oder dem GM DE 200 16 431 beschrieben.

Mechanisch wirkende Sensoren müssen in das Rohrnetz integriert werden, erfordern also zusätzlichen Installationsaufwand und unterliegen mechanischem Verschleiß. Schallsensoren erreichen wegen mangelnder Zuverlässigkeit der Signalerkennung bisher keine technische Verbreitung. Temperatursensoren können als Rohr-Anlegefüh-

ler an der Außenseite der Rohrleitungen angebracht werden, so dass kein nennenswerter Installationsaufwand entsteht, und arbeiten sehr zuverlässig, geräusch- und verschleißfrei. Als fortschrittlichstes Verfahren sei hierfür die OS DE 101 28 444 in Verbindung mit dem GM DE 202 08 698 als Bauform für den Temperaturfühler genannt, die auch das Problem unterschiedlicher Temperaturcharakteristiken, z. B. in Abhängigkeit vom Rohrwerkstoff, zuverlässig löst.

Solche „einfachen“ bedarfsabhängigen Steuerungen aktivieren die Zirkulationspumpe immer erst im Zeitpunkt des akuten Bedarfs, im Folgenden als Kaltanforderung bezeichnet, so dass stets eine Wartezeit bis zum Eintreffen des warmen Wassers an der Zapfstelle vergeht.

3) Programmierte Laufzeiten: Zur Festlegung konstanter Einschaltzeiten der Pumpe werden programmierbare Schaltuhren verwendet. Da die Bedarfszeiten nur sehr ungenau vorbestimmt werden können, kommt es bei dieser Lösung häufig zu unnötigen Aktivierungen der Zirkulation ohne wirklichen Bedarf einerseits und zu Versorgungslücken bei zufälligen Bedarfszeiten andererseits. Außerdem sind wiederholte Nutzereingriffe zur Anpassung der Programmierung, etwa nach Zeitumstellungen oder verändertem Tagesrhythmus, erforderlich.

4) Automatische Gewohnheiten-Steuerung. Wiederkehrende, durch Anordnungen gemäß 2) erkannte, Zapfgewohnheiten zu bestimmten Tageszeiten werden in sinnvoller Weise zyklisch für diskrete Zeitintervalle des Tages gespeichert, so dass ein durchschnittliches Gewohnheiten-Profil entsteht, welches bereits vor ausgeprägt regelmäßigen Bedarfszeiten die Zirkulationspumpe aktiviert und die Zapfstelle rechtzeitig mit Wärme versorgt.

Hierzu wird ein Datenspeicher in bekannter Ausführung, z. B. als Halbleiter-Schreib-Lese-Speicher, eingesetzt, der im Folgenden als Gewohnheiten-Speicher bezeichnet wird. Dessen Speicherelemente repräsentieren die über einen längeren Zeitraum ermittelten Wahrscheinlichkeiten für Zapfvorgänge im jeweils zugeordneten Tageszeit-Intervall. Werden z. B. die 24 Stunden eines Tages in 5-Minuten-Intervalle unterteilt, so besteht der Gewohnheiten-Speicher aus 288 Speicherelementen, die zyklisch adressiert werden. Jeweils nach 5 Minuten zählt die Adresse weiter, und beginnt nach Erreichen der höchsten wieder von vorn mit der kleinsten Adresse.

Übersteigt nun der Speicherwert an der demnächst aktuellen Adresse einen Schwellenwert, so wird die Pumpe gestartet, weil ein baldiger Warmwasser-Bedarf sehr wahrscheinlich ist. Ein so ausgelöster Pumpenstart wird im Folgenden als Gewohnheiten-Lauf bezeichnet. Die OS DE 101 28 444 gibt als Behandlungsvorschrift an, bei erkanntem Zapfvorgang den Speicherwert des

zutreffenden Intervalls um eine feste Größe zu erhöhen und auch die Werte der Nachbarintervalle mit abgeschwächter Intensität mit zu vergrößern, um eine gewisse Unschärfe der Behandlung zu erzeugen. Damit ältere Gewohnheiten, die nicht weiter wiederholt werden, verlernt werden, wird die regelmäßige Subtraktion eines festen Größenelements vorgeschlagen. Nachteilig bei dieser Behandlungsvorschrift ist, dass die Änderungsgeschwindigkeit unabhängig von der Konstellation zwischen dem gelernten Gewohnheiten-Profil und den zuletzt erkannten Zapfzeiten ist und kein Sättigungsverhalten nach physikalischen Vorbildern, sondern bestenfalls eine Begrenzungsfunktion zulässt.

Andere Veröffentlichungen, z.B. die OS DE 100 49 597, geben keinerlei Hinweis zur technischen Umsetzung der nur allgemein vorgeschlagenen Erfassung der regelmäßigen Zapfzeiten an.

[0003] Für die Definition der Laufdauer der Pumpe nach dem Start geben die genannten Veröffentlichungen fest programmierte Zeitintervalle oder die Überwachung der Temperatur im Rücklauf als Regeln an. Letztere wird entweder einmalig nach dem ersten Gerätestart oder bei jedem Pumpenlauf ausgewertet. Hierdurch können entweder einmalige Störungen während des Starts für die gesamte nachfolgende Betriebszeit zu Fehlern führen oder bei Auswertung für jede einzelne Laufzeit muss demgegenüber in Kauf genommen werden, dass ein jedes Mal unnötigerweise auch das rückleitende Zirkulationsnetz mit erwärmt wird.

[0004] Ein synchronisiertes Verfahren zur Desinfektion von Rohrleitungsnetzen ist aus der OS DE 10 2004 035 167 bekannt, das während der Betriebspausen der Pumpe in regelmäßigen Perioden Suchläufe startet, wodurch ein Temperatursensor regelmäßig die Temperatur des Boilers erfassen und deren außergewöhnliche Überhöhungen erkennen soll. Problematisch ist hierbei, dass während der Suchläufe periodisch das Rohrnetz gespült, somit also ständig wieder aufgeheizt wird, und dass keine allgemein gültige Lösung für Systeme mit und ohne Desinfektions-Aufheizung angegeben wird.

[0005] Die Lösung 4) aus DE 101 28 444 kommt einer vorausschauenden bedarfsgerechten Steuerung am nächsten. Insgesamt ist der zusammen gefasste derzeit bekannte Stand der Technik für die bedarfsabhängige Steuerung von Zirkulationspumpen in folgenden Details noch nicht zufrieden stellend:

- Jede Gewohnheit, warmes Wasser zu bestimmten Zeiten zu zapfen, ist immer von vielen Faktoren abhängig, so dass keine sichere Vorhersage getroffen werden kann. Gerade für Tageszeiten, zu denen zwar eine allgemein erhöhte Wahrscheinlichkeit für Warmwasser-Bedarf, jedoch keine genauere zeitliche Zuordnung besteht – z.

B. während der „Hauswirtschafts-Zeiten“ in den Abendstunden – ist kein adäquater Lösungsansatz bekannt.

- Jedes denkbare, von erlernten Gewohnheiten abhängige, Steuerungsverfahren erzeugt einen unvermeidlichen Anteil falsch negativer und falsch positiver Pumpenläufe. Es ist aber keine Lösung dafür bekannt, wie dem Nutzer auf einfache, intuitive Art und Weise die Auswahl eines individuellen Kompromisses zwischen bestmöglicher Energieersparnis und höchstem Komfort, also zwischen den Wahrscheinlichkeiten falsch negativer und falsch positiver Entscheidungen, ermöglicht wird.

- Wird die Pumpe vorausschauend gestartet, so muss das nachfolgende Zapfen zuverlässig erkannt werden. Geschieht dies nicht, so wird eine starke Ausprägung regelmäßiger Zapfzeiten unterbunden, es kommt zu einem Pendeln des Gewohnheiten-Profiles um die Einschaltsschwelle herum und somit zu unzuverlässigen Gewohnheiten-Läufen. Gerade für die Verwendung der sonst sehr vorteilhaften Temperatursensoren ist dies für den Fall nach einem kurz zuvor erfolgten Gewohnheiten-Lauf, der die Rohre in den erwärmten Zustand brachte, bisher nicht gelöst.

- Bei allen bekannten Verfahren, die ein Gewohnheiten-Profil erzeugen, werden Veränderungen linear behandelt, das heißt, ein „Umlernen“ dauert proportional um so länger, je deutlicher eine Gewohnheit ausgeprägt ist. Logischer wäre aber hier eine Entropie abhängige Reaktionsgeschwindigkeit mit der schneller auf veränderte Gewohnheiten reagiert werden kann.

- Zapfgewohnheiten können vom Wochenzyklus abhängen. Insbesondere an Wochenenden ist im Allgemeinen mit deutlichen Unterschieden zu den Werktagen zu rechnen. Die OS DE 101 15 129 schlägt die statistische Behandlung der Zapfzeiten einzeln für jeden Wochentag vor. Dabei wird jedoch übersehen, dass eine Regelmäßigkeit überhaupt erst nach mehreren gleichartigen Perioden, in diesem Falle also erst nach einigen Wochen, erkannt werden kann, was in der Praxis unzumutbar ist. Die sich weiterhin anbietende Nutzung eines Funkuhrsignal-Senders wird von Anfang an verworfen, weil eine ausreichende Empfangsfeldstärke und Störfreiheit nicht grundsätzlich erwartet werden kann.

- Es sind keine Verfahren bekannt, die eine Abwesenheit der Nutzer schnellstmöglich erkennen um unnötige Umwälzungen zu blockieren und gleichzeitig die Gewohnheiten-Profile gegen einen Abbau in Zeiten ohne Anforderungen schützen.

- Es sind keine Verfahren bekannt, um nach einem Erststart beschleunigt die Nutzergewohnheiten zu erkennen und möglichst frühzeitig in vorausschauende Pumpenstarts umzusetzen. Gleiches gilt für das Erkennen plötzlicher radikaler Gewohnheiten-Änderungen, z. B. nach Zeitum-

stellung oder bei Schichtarbeit der Nutzer.

– Entsprechend dem Stand der Technik werden Pufferspeicher (Boiler) von Brauchwasseranlagen zyklisch über die normale Betriebstemperatur hinaus erhitzt, um eine desinfizierende Wirkung zu erzielen. Es sind aber keine bedarfsabhängigen Zirkulationssteuerungen bekannt, die einen hierzu erforderlichen Spüllauf des Rohrnetzes mit diesen Intervallen synchronisieren.

Technische Aufgabenstellung

[0006] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabenstellung besteht darin, einen Automaten zu schaffen, der ohne jede Wartung durch die Nutzer alle notwendigen Laufzeiten der Zirkulationspumpe zuverlässig erkennt und optimal steuert, insbesondere bei zufälligen Zapfvorgängen, vor regelmäßigem Bedarf und zum Zwecke der Desinfektion des Rohrsystems.

[0007] Dabei soll die Lage des Optimums vom Nutzer in einfachster Weise und praktisch intuitiv vorzugeben sein.

[0008] Wegen der Einfachheit der praktischen Realisierung sollen ausschließlich Temperatursensoren, z. B. als Rohr-Anlegefühler, eingesetzt werden können.

[0009] Im Detail sind folgende Aufgaben zu lösen:

- Tageszeit abhängige Speicherung der Zapfgeohnheiten, abhängig von Wahrscheinlichkeit, Aktualität und Kontext mit weiteren Randbedingungen, dabei
- Sicherung einer Grundversorgung mit Warmwasser auch in Zeiten erhöhter Bedarfswahrscheinlichkeit ohne einzeln determinierbare Bedarfszeiten durch quasi-zufällige Pumpenlaufzeiten;
- Intuitive Nutzereinstellung durch Einknopfbedien- und Anzeige der Laufstatistik;
- Erkennen von Zapfvorgängen im erwärmten System, im Folgenden als Warmanforderung bezeichnet;
- Erkennen von Wochenenden im Wochenrhythmus ohne äußere Nutzervorgabe;
- Schnelle Abwesenheitserkennung;
- Beschleunigtes „An- und Umlernen“ der Zapfgeohnheiten;
- Optimierung der Pumpenlaufzeit;
- Synchronisierter Desinfektionslauf.

[0010] Ferner soll die prinzipielle technische Lösung so beschaffen sein, dass sie mit Mikrocontroller-Technik nach dem gegenwärtigen technischen Stand im Umfang einer Kleinbaugruppe mit geringem Leistungsverbrauch realisierbar ist, um die Ausführung als Steckergerät oder direkt im Gehäuse der Zirkulationspumpe zu ermöglichen.

[0011] Für den Einsatz in Seriengeräten ohne manuelle Anpassungen vor Ort ist besonderer Wert darauf zu legen, dass alle Detaillösungen auch bei unterschiedlichsten Betriebsbedingungen, z. B. bei stark schwankenden Boilertemperaturen, unabhängig von Zeitkonstanten, Rohrmaterialien, und möglichst auch bei in der Praxis anzutreffenden Installationsfehlern im Zirkulationssystem, wie z. B. bei fehlendem Rückschlagventil oder mangelhaftem hydraulischem Ausgleich der Einzelkreise, bestmöglich funktionieren.

Problemlösung

[0012] Das Problem wird mit dem im Hauptanspruch gekennzeichneten Verfahren gelöst. Vorteilhaftige Ausgestaltungen sind in den weiteren Ansprüchen angegeben.

[0013] Die Erfindung verwendet vorzugsweise ein Mikrocontrollersystem mit allgemein bekannter Struktur als Gerätebasis. Dieses ist eingangsseitig mit den verwendeten Messsensoren und einem Einstellpotentiometer, sowie ausgangsseitig mit der Zirkulationspumpe und einer Anzeige verbunden. Gemäß dem Stand der Technik können so alle nachfolgend beschriebenen Funktionseinheiten vorzugsweise in Form von Programmmodulen einer Betriebs-Software realisiert werden.

[0014] Die Messsensoren können zwei Temperatursensoren als Rohranlegefühler im Vor- und Rücklauf sein, die die Vorlauf-Temperatur θ_D und die Rücklauf-Temperatur θ_R bestimmen. Zur Erkennung oder Verifizierung von Zapfvorgängen können alternativ oder zusätzlich auch andere Sensoren eingesetzt werden, deren Signale dann in nahe liegender Weise in die Verarbeitung einfließen.

[0015] Die Signale der Sensoren werden in ständiger zeitdiskreter Folge erfasst und zwischengespeichert. Zur Verbesserung des Störspannungsabstands empfiehlt sich eine Mittelwertbildung über eine größere Anzahl von Einzelmessungen (bekannt als Oversampling oder Averaging) und die zeitliche Synchronisation von Einzelmessungen mit der halben Periodendauer der Netzfrequenz zur Brummunterdrückung, beispielsweise mit einer Samplingrate von 10 ms bei 50 Hz.

[0016] Im Unterschied zu bekannten Verfahren erfolgt die iterative Berechnung der Bedarfswahrscheinlichkeit A_d für jedes Tageszeit-Intervall d als Filter-Antwort $y_{TP} = f(x_{TP}, y_{TP})$ einer zeitdiskreten Tiefpass-Funktion (vergl. **Fig. 1**). Dabei wird jedes Intervall d als ein einzelner unabhängiger Kanal mit einer Abtastung pro 24 Stunden behandelt. Wird eine Anforderung erkannt, so sei das Filter-Eingangssignal auf das Werte-Maximum $y_{TP \max}$ des Ausgangssignals festgelegt, anderenfalls sei es Null. Das Eingangssignal ist also eine zeitbegrenzte Sprungfunktion. All-

gemein ist die Sprungantwort eines Tiefpasses 1. Ordnung als e-Funktion bekannt und als punktierte Kurve in [Fig. 1c](#) angedeutet. Innerhalb einer Zeitkonstante τ verkleinert sich die Differenz zwischen Aus- und Eingangssignal um deren

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \text{ -fachen}$$

Wert, sinkt also in dieser Zeit auf etwa 30 %. Die „Reaktionsgeschwindigkeit“ ist somit proportional zur Differenz zwischen Aus- und Eingangssignal und erfüllt die Forderung nach Entropie-Abhängigkeit. Eine Tiefpass-Funktion erfüllt in idealer Weise weiterhin die Anforderung, die Historie des Eingangssignals gemittelt und mit einer nachlassenden Wichtung bei fortschreitender Zeit in das Ausgangssignal eingehen zu lassen. Durch die Wahl der Zeitkonstante kann bestimmt werden, wie schnell sich das System auf Veränderungen umstellt oder wie lange vergangene Ereignisse noch wirksam bleiben. Mit einer unterschiedlichen Zeitkonstante für an- oder abschwellige Veränderungen wird erreicht, dass sich die „Lern-Zeit“, also die Reaktion auf neu hinzukommende Anforderungsgewohnheiten (mit $x_{TP} = y_{TP \max}$), von der „Verlern-Zeit“ (mit $x_{TP} = 0$) unterscheidet. Nutzer gestalten ihren Tagesablauf nicht streng nach der Uhrzeit – wer steht schon täglich genau zur gleichen Minute auf. So entsteht eine gewisse Streuung der Bedarfszeiten, auch wenn diese an feste Uhrzeiten, z. B. den täglichen Arbeitsbeginn, gekoppelt sind. Um eine Unschärfe der Beurteilung zu erreichen, werden erkannte Bedarfszeiten nicht nur dem zugehörigen, sondern in gleicher Höhe auch benachbarten Intervallen zugerechnet. Im Zusammenwirken mit der Tiefpass-Funktion einerseits und der besagten Streuung andererseits entsteht so eine Verteilungsfunktion der Wahrscheinlichkeiten zwischen den Intervallen, die für solche Zeiten eine Gruppe bildet und bei Überschreiten eines Schwellenwertes an der vorderen Flanke einer solchen Gruppe den Pumpenstart auslöst.

[0017] Durch zweckentsprechende Wahl der Zeitkonstanten der Tiefpass-Funktion für an- und abschwellige Veränderungen kann ein sehr differenziertes Verhalten erreicht werden:

Im Falle großer Zeitkonstanten für ansteigende und kleiner Zeitkonstanten für abfallende Verläufe ergibt sich überhaupt nur dort ein ausgeprägtes Gewohnheiten-Profil, wo wirklich sehr regelmäßig zu festen Zeiten gezapft wird. Ansonsten wird es nur Pumpenstarts nach unmittelbarer Anforderung geben. Dies bedeutet insgesamt wenige Pumpenlaufzeiten in der Laufstatistik, somit also einen sparsamen Betrieb, jedoch auch kleineren Komfort, weil allgemein auf das Eintreffen des warmen Wassers gewartet werden muss.

[0018] Im umgekehrten Fall genügen seltene Anforderungen pro Intervall, um regelmäßig die Pumpe

aus Gewohnheit zu starten. Nur wenn es über längere Zeiten keine Anforderung mehr gibt, sinkt die Wahrscheinlichkeit langsam unter den Schwellenwert und weitere Starts bleiben aus.

[0019] Hier ergibt sich ein interessantes Verhalten für Tageszeiten allgemeinen, aber nicht streng determinierbaren Bedarfs: Es werden mit bestimmter Häufigkeit und zu leicht wechselnden Zeiten quasi-zufällige Laufzeiten ausgelöst die dazu führen, dass während solcher Phasen das Zirkulationssystem nie ganz abkühlt, eine gewisse Grundversorgung also gewährleistet ist. Dabei bleibt aber dennoch die Möglichkeit von Kaltanforderungen erhalten. Insgesamt werden häufigere Pumpenlaufzeiten erzeugt – der Komfort wird auf Kosten längerer Laufzeiten höher. Dennoch wird die Pumpe auch bei dieser Betriebsart niemals zu Zeiten gestartet, zu denen es in der Vergangenheit keine Anforderungen gab.

[0020] Die zuletzt erläuterten Abhängigkeiten von den Zeitkonstanten erlauben eine sehr einfache Ein-Knopfbedienung durch den Nutzer zwischen den Endstellungen „sparsam“ und „komfortabel“. So können, z. B. durch ein Einstell-Potentiometer, die beiden Zeitkonstanten gegenläufig vorgegeben werden.

[0021] Um dem Nutzer eine Kontrollmöglichkeit über das Ergebnis seiner Vorgabe zu geben, wird eine Laufstatistik als Anteil der Laufzeiten der Pumpe an der gesamten Betriebszeit der Steuerung ausgegeben. Hierfür bietet sich erneut eine Tiefpass-Funktion an, deren Zeitkonstante etwa auf ein bis zwei Tage festgelegt wird.

[0022] Ein zyklischer Tageszeiten-Gewohnheiten-Speicher in bekannter Struktur mit D Speicherdressen zur Abbildung gleich großer, über 24 Stunden verteilter, Zeitintervalle wird um zusätzliche Informationen pro Speicherelement erweitert ([Fig. 2](#)). Ob dies tatsächlich innerhalb dieser Speicherelemente erfolgt, oder nur eine logische Zuordnung der Adressierung physikalisch getrennter Speicherbereiche vorgenommen wird, ist dabei ohne Belang. Neben der Bedarfswahrscheinlichkeit in A werden für jedes Intervall d zusätzliche Informationen gespeichert. Dies sind vorzugsweise binäre Informationen über einen erkannten Zapfvorgang für den aktuellen Tag in N und den vorherigen Tag in L, sowie eine eventuell nachträglich erkannte Ungültigkeit für den aktuellen Tag in U. Neu erkannte Anforderungen werden nicht sofort zur Ermittlung der mittleren Wahrscheinlichkeit herangezogen, sondern erst einmal separat gespeichert und nach beinahe 24 Stunden über die Tiefpass-Funktion in die Bedarfswahrscheinlichkeit eingerechnet. Dies ermöglicht erstens, weitere Randbedingungen, die erst im Verlauf nachfolgender Intervalle detektiert werden können, nachträglich in die Verarbeitung mit einzubeziehen. Zweitens wird dadurch ein statistischer Vergleich zwischen den zuletzt

analysierten einzelnen beiden Tagen und dem mittleren Gewohnheiten-Profil ermöglicht, der für das Erkennen des Wochenzyklus gebraucht wird (s. u.).

[0023] Wie bekannt, muss der Pumpenstart für eine als Gewohnheit bekannte Bedarfszeit vorausschauend erfolgen, damit genügend Zeit für die Förderung bis zu den Zapfstellen bleibt. Damit ein eventueller Zapfvorgang vom Vortag mit Berücksichtigung findet, muss die Information aus N bereits vor der Auswertung für den eventuellen Pumpenstart erfolgen, deshalb also etwas weniger als 24 Stunden nach der Erfassung. Wenn in U markiert, kann die Auswertung zu diesem Zeitpunkt aber auch unterbleiben. Dies kann z.B. dann der Fall sein, wenn der laufende Tag inzwischen dem Wochenende zugeordnet wurde und die zu dieser Zeit erwartungsgemäß abweichenden Zapfgewohnheiten nicht zur Verfälschung des Gewohnheiten-Speichers führen sollen. Auch eine im betreffenden Intervall laufende Pumpe führt zur Ungültigkeit der Beobachtungsergebnisse.

[0024] Kaltanforderungen sind bekanntlich anhand eines Temperaturanstiegs im Vorlauf gut erkennbar. Um aber auch Warmanforderungen erkennen zu können, wird anstelle von Temperaturanstiegen das Abkühlungsverhalten nach dem Abschalten der Pumpe analysiert. Erfolgt kein Zapfen, so wird sich der Vorlauf schneller abkühlen als wenn – zumindest kurzzeitig – gezapft wird. Als Referenzwert dient die maximale Abkühlung innerhalb eines festen Zeitintervalls, die in vorangegangenen Zyklen ermittelt wurde. Hierzu werden nicht nur Abkühlungsvorgänge nach Pumpenläufen sondern auch alle anderen einbezogen.

[0025] [Fig. 3](#) zeigt einen typischen Temperaturverlauf nach einer Kaltanforderung. Kurz nachdem ein Temperaturanstieg erkannt wurde startet die Pumpe und verursacht mit der Zirkulation dessen Fortsetzung. Nach dem Abschalten der Pumpe zum Ende ihrer Laufdauer T_p kühlt sich der Vorlauf entweder kontinuierlich mit beinahe unveränderlicher Zeitkonstante ab (unterbrochene Kurve) oder wird durch weiteres Zapfen noch längere Zeit auf Temperatur gehalten. Dieser Unterschied wird durch Analyse des Temperaturverlaufs θ_D in der Abkühlungsphase erkannt. Für einen zuverlässigen Vergleich wird eine Kalt- und eine Warmtemperatur (θ_{kalt} , θ_{warm}), sowie eine Schwellen-Temperatur θ_s zwischen beiden, z. B. als deren arithmetischer Mittelwert

$$\frac{\theta_{kalt} + \theta_{warm}}{2}$$

bestimmt. Oberhalb dieser Temperatur werden nur Warmanforderungen, unterhalb nur Kaltanforderungen detektiert. Während einer jeden Abkühlungsphase wird in aufeinander folgenden Analyseintervallen T_A deren Geschwindigkeit

$$\frac{-\Delta\theta_D}{T_A}$$

bestimmt und ein Maximalwert $\Delta\theta_{kuehl\ max}$ dieser Größe über längere Zeit gespeichert und aktualisiert. Hierzu wird vorteilhaft eine Abkling-Funktion gemäß [Fig. 4](#) verwendet, die den Maximalwert ähnlich einer e-Funktion langsam reduziert, bei Überschreitung durch neue Messwerte aber sofort wieder anpasst. Ein solches Abklingen wird gebraucht, weil z. B. bei Erhöhung der Umgebungstemperatur oder kleineren Abschalttemperaturen auch die erreichbare Abkühlungs-Geschwindigkeit zurück geht. Die so gespeicherte Größe dient als Vergleichs-Referenz für die Entscheidung, ob eine reguläre Abkühlung stattfindet oder ein Zapfvorgang als Warmanforderung vorliegt. So besteht das Entscheidungskriterium darin, ob ein bestimmter Teil, z. B. die Hälfte, der maximalen Abkühlungs-Geschwindigkeit erreicht wird oder nicht.

[0026] Es bietet sich an, die dynamisch veränderliche Schwellen-Temperatur θ_s zusätzlich als Entscheidungskriterium dafür zu nutzen, ob ein weiterer Pumpenstart bereits wieder zugelassen, oder wegen noch ausreichender Temperatur blockiert wird. Gerade dann, wenn sich Bedarfsgewohnheiten über längere Dauer häufen, wird ein unnötig langer Lauf verhindert und eine Thermostat-Funktion erreicht.

[0027] Wochenenden zeichnen sich im Allgemeinen durch ein signifikant abweichendes Gewohnheiten-Profil aus. Anderenfalls besteht kein Grund, diese gesondert zu behandeln. Um die Tage des Wochenendes zu erkennen werden jeweils die letzten beiden Tage mit dem Gewohnheiten-Profil verglichen und der Grad der Übereinstimmung ermittelt. Weil dem System die Tagesgrenzen unbekannt sind, muss ein solcher Vergleich mehrmals in 24 Stunden erfolgen. Wie bereits oben beschrieben enthält der Gewohnheiten-Speicher zusätzliche Informationen über Anforderungen während des aktuellen (die letzten 24 Stunden – N) und des vorherigen Tages (24 bis 48 Stunden vorher – L). So wird einfach gezählt, zu wie vielen Zeiten ein als Gewohnheit gespeicherter Bedarf in den letzten beiden Tagen mit einer tatsächlichen Entnahme auch bestätigt wurde. Die Summe, also das Zählergebnis wird anschließend durch die Anzahl gespeicherter Bedarfszeiten dividiert, um einen normierten Wert zu erhalten. In Anlehnung an vergleichbare statistische Analysen sei dieser Übereinstimmungsgrad als Korrelationsfaktor K_{48} bezeichnet. Um diese Analyse durch natürliche Streuungen nicht zu verfälschen wird bei überlagerter Unschärfe verglichen, das heißt, Übereinstimmungen werden nicht nur in gleichen, sondern auch benachbarten Intervallen gesucht. Zur weiteren Verfeinerung der Ergebnisse kann zur Bestimmung des Korrelationsfaktors anstelle der binären Information eines gespeicherten Gewohnheits-Bedarfs dessen Bedarfswahrscheinlichkeit einbezogen werden.

[0028] Die Ergebnisse dieser Analyse werden in einem weiteren zyklischen („Wochen“-)Speicher mit einer Zykluszeit von 7 Tagen abgelegt und ergeben etwa ein Kohärenzprofil, wie in [Fig. 5](#) dargestellt. An Wochenenden ist mit einem deutlichen Einbruch des Korrelationsfaktors zu rechnen.

[0029] Die Signifikanz lässt sich mit dem Quotienten

$$\frac{K_{48 \max}}{K_{48 \min}}$$

quantifizieren. Überschreitet dieser eine festgelegte Schwelle, so gilt das Wochenende als erkannt. Zum Zeitpunkt des Minimums des erhaltenen Wochen-Profils ist das Wochenende gerade vorbei, weil die Analyse im Nachhinein erfolgt und somit Samstag und Sonntag mit dem Wochenmittel verglichen wurden. Um zu erkennen, ob gerade Wochenende ist, muss also das Wochen-Profil für zwei Tage voraus nach seinem Minimum untersucht werden.

[0030] Erkannte Wochenend-Zeiten werden dahingehend ausgewertet, dass alle vom Gewohnheiten-Profil erzeugten Pumpenstarts blockiert werden und das Gewohnheiten-Profil selbst in dieser Zeit nicht verändert wird. Prinzipiell wäre auch eine weitergehende Sonderbehandlung der Wochenendzeiten in einem eigenen Gewohnheiten-Profil möglich. In der Praxis ist dies wegen allgemein sehr großer Abweichungen der Nutzergewohnheiten aber wenig sinnvoll.

[0031] Das gleiche Verfahren wie für die Wochenenderkennung findet auch für das Erkennen plötzlich veränderter Zapfgewohnheiten Anwendung. Voraussetzung ist zunächst, dass der Wochenend-Rhythmus eindeutig erkannt ist, Die oben definierte Signifikanz also genügend groß ist. Wird jetzt innerhalb der Werkzeuge ein starker Einbruch des Korrelationsfaktors K_{24} des aktuellen Tages erkannt, so ist von einer Umstellung der Nutzergewohnheiten auszugehen. Daraufhin wird der Gewohnheiten-Speicher auf seinen Startzustand initialisiert und die gespeicherten Anforderungen des aktuellen Tages übernommen. So ist bereits am darauf folgenden Tag das Gewohnheiten-Profil des aktuellen Tages wirksam – das System hat von einem Tag auf den anderen umgelernt.

[0032] Für die Abwesenheitserkennung der Nutzer sind zwei Lösungsansätze alternativ oder kombiniert möglich: Die Überwachung der seit dem letzten Zapfvorgang vergangenen Zeit oder der in dieser Zeit vorausschauend ausgelöst, aber unnötigen, Pumpenstarts. Wird eine Abwesenheit nach Überschreiten einer festgelegten Schwelle erkannt, so werden weitere vorausschauende Pumpenstarts solange blockiert, bis wieder eine Anforderung erkannt wird. Auch die Inhalte des Gewohnheiten- und des Wochen-Speichers bleiben in dieser Zeit unverändert

um eine „Entladung“ der gespeicherten Profile zu verhindern. Diese Verfahrensweise gestattet einen sofortigen Wiedereintritt in frühere Gewohnheiten nach der Rückkehr der Nutzer.

[0033] Die Einschaltdauer der Zirkulationspumpe muss so lang bemessen sein, dass mit Sicherheit auch die entferntesten Zapfstellen mit warmem Wasser versorgt werden, jedoch das Zirkulationssystem nicht unnötig mit aufgeheizt wird. In [Fig. 6](#) sind der zeitliche Verlauf der Vorlauf-Temperatur θ_D und der Rücklauf-Temperatur θ_R nach dem Start der Zirkulationspumpe in t_E dargestellt. Im Abschnitt I sind kleine Anstiege oder Schwankungen zu sehen, die durch bereits vorher im Rohrsystem stehende Wassermengen unterschiedlicher Temperatur verursacht sind. Der Bereich II stellt unetstetige Anstiege dar, die aus dem Eintreffen der „Wärme-Welle“ aus verschiedenen Verzweigungen des Zirkulationssystems stammen. Schließlich kennzeichnet der Bereich III ein weiteres stetiges Durchwärmen des Rohrsystems vor dem Erreichen eines Gleichgewichtszustands. Die Zirkulationsdauer T_Z sei nun definiert als die erforderliche Laufzeit der Zirkulationspumpe bis zum Erreichen des letzten Wendepunkts des Temperaturanstiegs im Rücklauf. Selbstverständlich muss die Zirkulationspumpe genügend lange eingeschaltet bleiben, um die Zirkulationsdauer bestimmen zu können. Die Einschaltdauer der Pumpe wird als bestimmter Teil, z. B. 70 %, der ermittelten Zirkulationsdauer festgelegt. Es genügt, in größeren Abständen die Richtigkeit der gespeicherten Zirkulationsdauer zu verifizieren, bzw. zu präzisieren. Besonders vorteilhaft ist es, dies mit jedem Desinfektionslauf zu koppeln, weil hierfür ein Vielfaches der Zirkulationsdauer gebraucht wird.

[0034] Warmwasser-Boiler werden, besonders bei energiesparendem Betrieb, nur in bestimmten Perioden über solche Temperaturgrenzen hinaus erhitzt, die eine wirksame Bekämpfung von Legionellen und anderer gesundheitsgefährdender Mikroorganismen gestatten.

[0035] Auch ohne Zirkulation wird der prinzipielle Temperaturverlauf des Boilers auf die Temperatursensoren im Vor- und Rücklauf durch Wärmeleitung und Mikrozirkulation innerhalb der Rohrleitungen übertragen und sind in einem Langzeitdiagramm der Temperaturverläufe als veränderliche Grundlinie erkennbar, die aber während jeder Zirkulation durch Temperaturspitzen unterbrochen wird. Um diese Grundlinie zu erhalten werden nur solche Temperaturen als Stützstellen benutzt, die außerhalb der Abkühlungs-Phase (s. o.) gemessen werden und die nicht schneller absinken, als ein vordefinierter Schwellenwert vorsieht. Aus diesen Stützstellen entsteht eine Annäherung an den Temperaturverlauf im Boiler mit wenigstens einem Maximum, das den richtigen Zeitpunkt für den Desinfektionslauf markiert.

Die Laufdauer kann ein festgelegtes Vielfaches der detektierten Zirkulationsdauer sein. Für eine periodische gefilterte Analyse des täglichen Verlaufs der Speichertemperatur ist ein weiterer zyklisch umlaufender Speicher mit 24 Stunden Umlaufzeit vorteilhaft, auf den die Ergebnisse der Temperaturmessungen abgelegt werden. Über eine Tiefpass-Filterung, vergleichbar mit [Fig. 1](#), werden normale Speicher-Aufheizzeiten, die nicht an die Uhrzeit gebunden sind, ausgefiltert, während sich zyklische Temperaturspitzen aus der Zufallsfunktion herausheben.

Ausführungsbeispiel

[0036] Anhand eines Ausführungsbeispiels soll die Erfindung nachstehend erläutert werden. [Fig. 7](#) zeigt die Struktur eines Zirkulations-Automaten in erfindungsgemäßer Ausführung. Die Signale der beiden Temperatursensoren **1d** für die Vorlauf- und **1r** für die Rücklaufleitung werden dem Mikrocontroller **2** zugeführt und in dessen internem Analog-Digital-Converter ADC umgewandelt. Ein Halbleiterrelais **3**, das die Zirkulationspumpe **4** schaltet, sowie LED-Anzeigeelemente **6** für den Betriebszustand, sind mit Schaltausgängen des Mikrocontrollers verbunden. Außerdem ist ein stufenloses Potentiometer **5** zur Einstellung der Nutzervorgaben mit einem weiteren ADC-Eingang verbunden. Im Mikrocontroller sind ein nicht flüchtiger Programmspeicher ROM zur Programmierung der beschriebenen Algorithmen und ein Arbeitsspeicher RAM für die Speicherung aller Variablen und Betriebsparameter während der Laufzeit integriert.

[0037] Die Messwerterfassung erfolgt mit einer festen Abtastrate. Auch Temperaturdifferenzen, die innerhalb längerer Perioden berechnet werden, besitzen eine konstante Zeitbasis. Deshalb sind Temperaturdifferenzen immer zugleich auch ihren Differenzenquotienten, also der Änderungsgeschwindigkeit, gleichwertig.

[0038] [Fig. 8](#) gibt eine Übersicht über die Funktionsmodule der Mikrocontroller-Software (Firmware). All jene Einzelfunktionen, die sich vom bekannten technischen Stand unterscheiden, sind hier einzeln benannt und werden nachfolgend näher beschrieben.

1) [Fig. 9](#) gibt den Algorithmus zur Bestimmung und ständigen Angleichung der Kalt- und Warmtemperatur und zum Auslösen einer Warmanforderung vereinfacht wieder. Demnach wird eine Warmanforderung dann detektiert, wenn die gemessene Abkühlungs-Geschwindigkeit nach dem Lauf der Pumpe kleiner als eine vordefinierte Grenze ist.

2) Das lokale Maximum der Rücklauf-Temperaturdifferenzen $\Delta\theta_{Ri} = (\theta_{Ri} - \theta_{R(i-1)})$ zeigt einen Wendepunkt im Temperaturverlauf an. Gemäß [Fig. 10](#) ist die Zirkulationsdauer somit sehr einfach zu detektieren. Ein Zähler registriert die Zeit t_p seit dem

Pumpenstart und aktualisiert sie in den erkannten Wendepunkten als Zirkulationsdauer T_z . Um keine Instabilitäten zuzulassen, wird weiterhin auf einen Mindestanstieg geprüft und die erste Minute der Pumpenlaufzeit aus der Bewertung ausgeschlossen.

3) Eine Laufstatistik wird durch periodisches Ansteuern einer diskreten Tiefpass-Funktion gemäß [Fig. 11](#) erreicht. Die Zeitkonstante des Tiefpasses ist 1,5 Tage. Die Filterantwort $y_{TP} = f(x_{TP}, y_{TP})$ gibt ständig den Anteil der aktiven Zeiten der Pumpe aktuell wieder. Die Anzeige dieses Ergebnisses erfolgt mit einer Leuchtdiode durch periodische Blinksequenzen in einer 5 %-Teilung im Bereich zwischen „unter 5 %“ (einmaliges Blinken) und „über 20 %“ (fünfmaliges Blinken).

4) Das Potentiometer ist über einen Vorwiderstand so in die Stromversorgung geschaltet, dass je nach Winkelstellung ein Wert I zwischen 0 und 255 gewandelt wird. Die Umrechnung in den jeweiligen Parameter P mit den tatsächlich vorgegebenen Einstellgrenzen P_{min} , P_{max} erfolgt nach der Gleichung

$$P = \frac{I(P_{max} - P_{min})}{255} + P_{min}$$

5) [Fig. 12](#) illustriert die Handhabung des Gewohnheiten-Speichers, der für jedes Intervall $d = 0 \dots 287$ aus dem Speicher A mit 5 Bit für die mittlere Wahrscheinlichkeit von Anforderungen, sowie mit je 1 Bit dem aktuellen Tagesspeicher N, dem Tagesspeicher L für den vorherigen Tag und einem Ungültigkeits-Flag U besteht. So werden alle gebrauchten Informationen für jedes Intervall d Ressourcen schonend in nur einem Byte gespeichert.

L speichert die Zapfzeiten noch einen Tag länger, obwohl diese bereits in A verrechnet wurden. Gebraucht werden diese Informationen beim Erkennen des Wochenendes. Für ein aktuelles Intervall i ist ein vorausschauender Start an ein Intervall gebunden, das zur Speicherung erst nach einigen weiteren Intervallen aktuell ist. Diese vorausschauende Zeitverschiebung ist die Summe aus der Zirkulationsdauer T_z , aufgerundet auf die volle Intervallgrenze und einer weiteren Intervall-Dauer, weil ja nicht bekannt ist, ob die Anforderung vom Beginn oder Ende des betreffenden Intervalls stammte. Um auch hier eine Unschärfe der Zapfgewohnheiten zu berücksichtigen, wurde der vorausschauende Start um eine zusätzliche Latenzzeit t_L nach vorn gezogen, weil unmittelbar während des Pumpenlaufs kein Zapfvorgang als Warmanforderung erkannt werden kann.

Im Intervall $i+N$ ist also zu Entscheiden, ob A einen Schwellenwert A_s überschreitet. Ist das der Fall, so wird „vorfristig“ zum Intervall i die Pumpe gestartet. Hierfür muss bereits der Speicher N in A verarbeitet sein. Der Tiefpass-Filterprozess für alle drei Zielintervalle ist also ebenfalls vorfristig

auszuführen. Nur die Übergabe der gespeicherten Anforderungen von N nach L und die Speicherung einer eventuellen neuen Anforderung erfolgt zum tatsächlichen Intervall i.

6) Zur Abwesenheitserkennung werden entsprechend **Fig. 13** die gespeicherten Zapfgewohnheiten gezählt, die ohne erkannte Zapfvorgänge vergehen. Überschreitet das Zählergebnis Z_A einen Grenzwert oder sind bereits 18 Stunden Latenzzeit T_L ohne Zapfvorgang verstrichen, so wird in den Abwesenheits-Modus umgeschaltet, der bis zur nächsten Kaltanforderung beständig ist.

7) Der Wochenspeicher besteht aus 28 Speicherstellen mit einer Intervalldauer von jeweils 6 Stunden. Täglich erfolgt also im 6-Stunden-Takt eine Analyse nach **Fig. 14**. Die Zahl 255 hat als Obergrenze der 1-Byte-Zahl eine Sonderfunktion für „Wert ungültig“. Am Ende der Prozedur wird für den laufenden Tag geprüft, ob eine Gewohnheiten-Änderung vorliegt. In diesem Fall werden die registrierten Zapfzeiten des laufenden Tages in den Gewohnheiten-Speicher übernommen.

Der benutzte Berechnungsalgorithmus für die Korrelationsfaktoren K_{24} und K_{48} ist in **Fig. 15** dargestellt. Hierin sind F die Summe der ermittelten Übereinstimmungen, index eine Zählvariable zur Indexierung aller Intervalle des Tages-Gewohnheiten-Speichers, eq ein Zwischenpuffer für erkannte Übereinstimmungen und h das Zählergebnis für die Anzahl der gespeicherten Zapfgewohnheiten. Für X wird für die Berechnung von K_{24} das Flag N aus dem Gewohnheiten-Speicher eingesetzt, anderenfalls das Flag L für die Berechnung von K_{48} .

8) Für die Erfassung des täglichen Wärmeprofiles im Boiler wird ein eigener zyklischer Speicher der Basistemperaturen θ_{vB_i} mit $i = 0..47$ eingerichtet, die im Abstand von einer halben Stunde als Filterantwort einer Tiefpass-Funktion mit einer Zeitkonstante τ gespeichert werden. **Fig. 16** zeigt den Programmauszug für die synchronisierte Auslösung des Spüllaufs.

Nur wenn alle Gültigkeitskriterien erfüllt sind, werden die erfassten Temperaturen weiterverarbeitet. Für den jeweils ersten gültigen Temperaturwert eines jeden Speicherintervalls nach dem Programmstart wird $\tau = 0$ gesetzt, um diesen sofort zu übernehmen. Z_L dient zur Vorgabe einer Wartezeit nach erfolgtem Spüllauf, bis erneut nach der nächsten maximalen Temperatur im zyklischen Speicher gesucht und zu dieser Zeit ein weiterer Spüllauf ausgelöst wird. Diese Funktionsweise ermöglicht es, auch für Heizungssysteme ohne vorgesehenen Desinfektionslauf eine regelmäßige Spülung bei maximaler Betriebstemperatur vorzunehmen.

9) Als Tiefpass-Funktion in allen genannten Funktionsmodulen ist die Gleichung

$$y_i = y_{i-1} + \frac{x_i - y_{i-1}}{C}$$

implementiert. In dieser Gleichung bestimmt der Quotient C die Zeitkonstante. Für die an- und ab-schwellende Veränderungen des Gewohnheiten-Speichers ist er gegenläufig zwischen 1 und 5 einstellbar. Für den Grenzwert $C = 1$ gilt $y_i = x_i$ – hier reagiert der Filterausgang sofort auf das Eingangssignal, vorherige Zustände werden überschrieben. In erster Näherung kann $\tau \approx C \cdot T_A$ un-mittelbar als Zeitkonstante im herkömmlichen Sinne betrachtet werden. Hier bezeichnet T_A die Ab-tastperiode, im Falle des Gewohnheiten-Speichers also 24 Stunden.

Patentansprüche

1. Zirkulationssteuerung

– mit einem Mikrocontroller oder Mikrorechner zur Signalverarbeitung und Ansteuerung der Zirkulationspumpe,

– mit wenigstens einem Sensor zur Erkennung von Warmwasser-Zapfvorgängen und darauf hin auslösenden Starts der Zirkulationspumpe auf Anforderung und

– mit einem zyklisch umlaufenden Gewohnheiten-Speicher und auslösenden Starts der Zirkulationspumpe bei Überschreiten eines Schwellenwerts durch die gespeicherten Bedarfswahrscheinlichkeiten, gekennzeichnet durch wenigstens eines der folgenden Merkmale:

– Der Speicherwert des jeweils aktuell gültigen Tageszeit-Intervalls im Gewohnheiten-Speicher ist die Ausgangsgröße einer Tiefpass-Funktion, deren Eingangsgröße aus den zyklisch abgetasteten Prüfergebnissen von Zapfvorgängen im betreffenden Intervall gebildet wird und deren Zeitkonstante variabel und prinzipiell unterschiedlich für erkannte oder nicht erkannte Zapfvorgänge ist.

– Erkannte Zapfvorgänge werden in einem weiteren Speicher mit zyklischer Struktur zwischengespeichert und erst während der nächsten Tages-Periode zur Präzisierung der Inhalte des Gewohnheiten-Speichers verarbeitet.

– Sofern der Sensor zur Erkennung von Zapfvorgängen ein Temperatursensor ist, wird immer dann, wenn das Steigrohr bereits erwärmt ist, dessen Abkühlungsgeschwindigkeit mit einem Referenzwert verglichen, um unter dieser Bedingung einen Zapfvorgang zu erkennen.

2. Zirkulationssteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass alle wesentlichen internen Entscheidungskriterien der statistischen Bewertung der Zapfgewohnheiten, sowie die Zeitkonstanten der enthaltenen Tiefpass-Funktionen, mit einer zentralen Einknopfbedienung zur Nutzervorgabe der gegenläufigen Grade von Energieersparnis einerseits und des Versorgungskomforts andererseits verknüpft sind.

3. Zirkulationssteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Laufstatistik als Anteil von Laufzeiten der Zirkulationspumpe an der Gesamtbetriebszeit der Steuerung, gemittelt über die zurückliegende Zeit, angezeigt wird.

4. Zirkulationssteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei ausbleibenden Anforderungen durch die Nutzer über eine bestimmte Zeit oder eine bestimmte Anzahl gespeicherter Bedarfsgewohnheiten hinweg weitere Starts der Zirkulationspumpe bei Überschreiten eines Schwellenwerts durch die gespeicherten Bedarfswahrscheinlichkeiten solange unterbunden werden, bis der nächste Zapfvorgang erkannt wird.

5. Zirkulationssteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischengespeicherte Bedarfszeiten wenigstens für den letzten Tag nach statistischen Methoden mit den gespeicherten mittleren Bedarfsgewohnheiten verglichen werden und aus signifikanten Abweichungen innerhalb der Wochen-Periode die Zeit von Wochenenden detektiert wird.

6. Zirkulationssteuerung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei erkannten signifikanten Abweichungen außerhalb von bereits erkannten Wochenend-Phasen auf grundsätzliche Veränderungen des Nutzerverhaltens gefolgert und eine Schnell-Lernphase ausgelöst wird.

7. Zirkulationssteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Optimierung der Pumpenlaufzeit durch Bestimmung des jeweils letzten Wendepunkts des Temperaturverhaltens im Rücklauf nach dem Pumpenstart als Maß für die Gesamtumlaufzeit erfolgt.

8. Zirkulationssteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Desinfektionsläufe der Pumpe mit erkannten Maxima im Grundtemperatur-Verlauf des Vor- und/oder Rücklaufs synchronisiert werden.

9. Zirkulationssteuerung nach den Ansprüchen 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, dass Desinfektionsläufe für die Bestimmung der Gesamtumlaufzeit genutzt werden.

10. Zirkulationssteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Gewohnheiten-Speicher während des Systemstarts unmittelbar unter seinem Schwellenwert initialisiert wird, so dass bereits durch einmalige Anforderung der Schwellenwert überschritten und ein beschleunigtes Anlernen erreicht wird.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

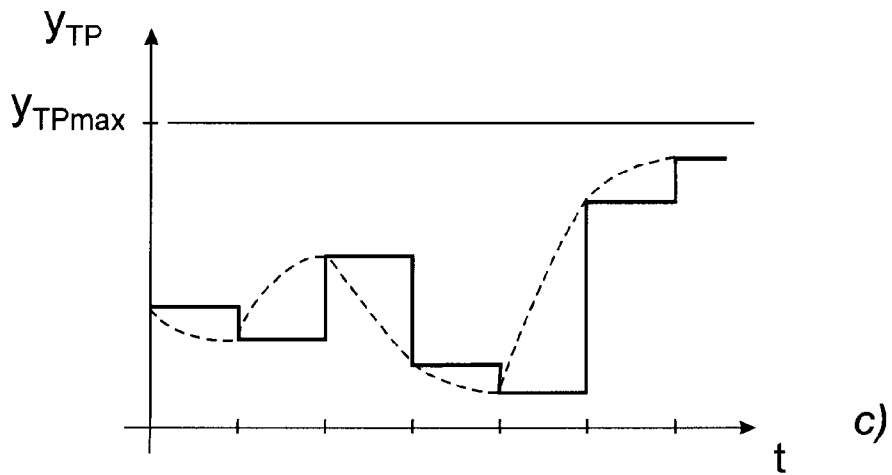
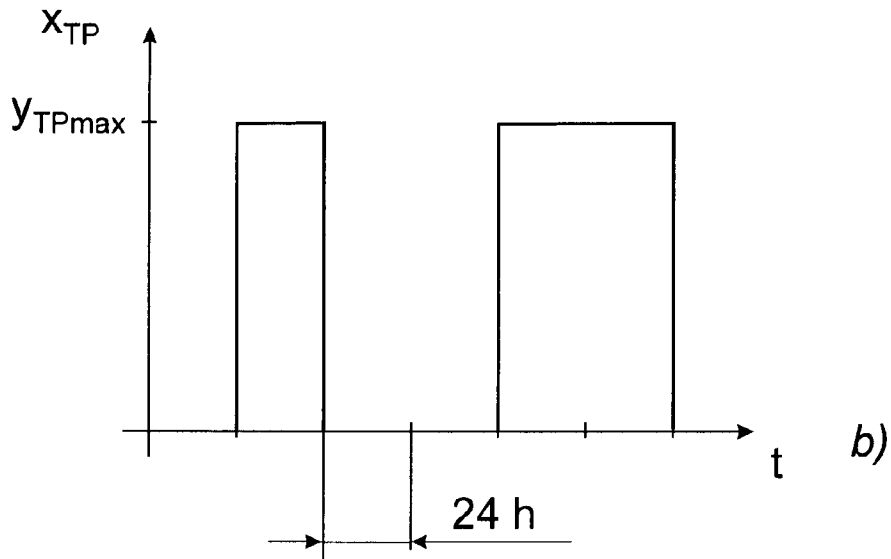
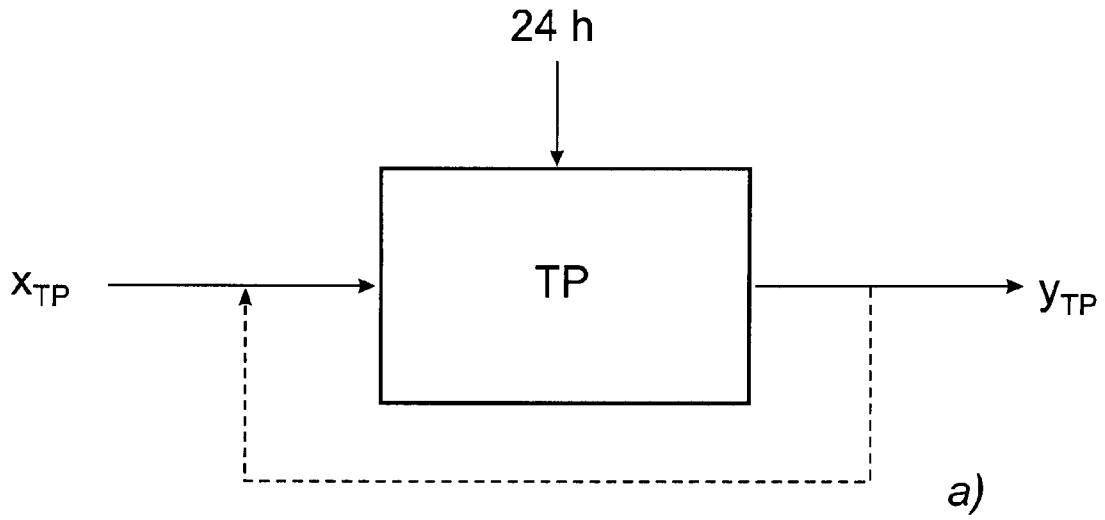


Fig. 1

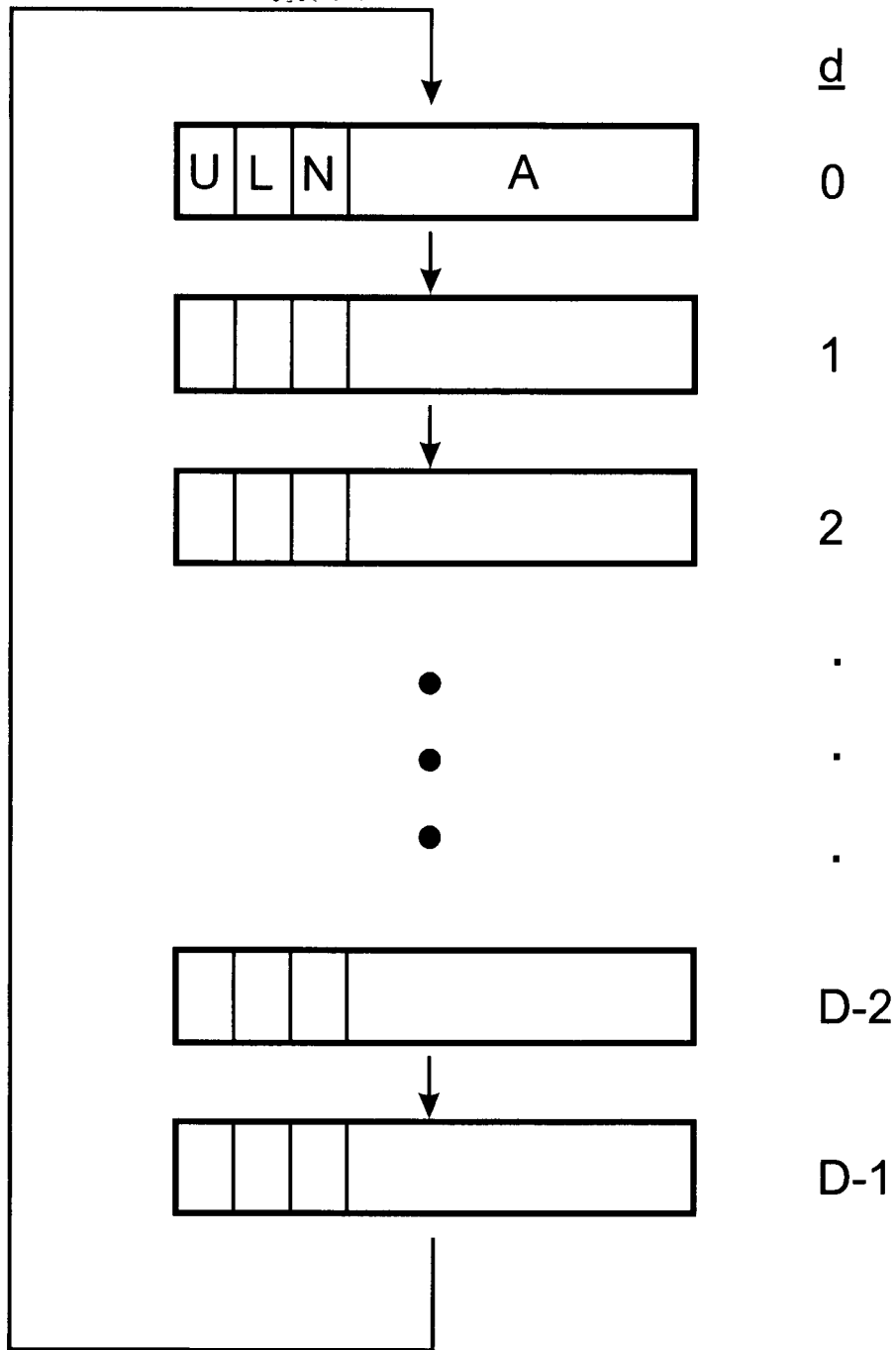


Fig. 2

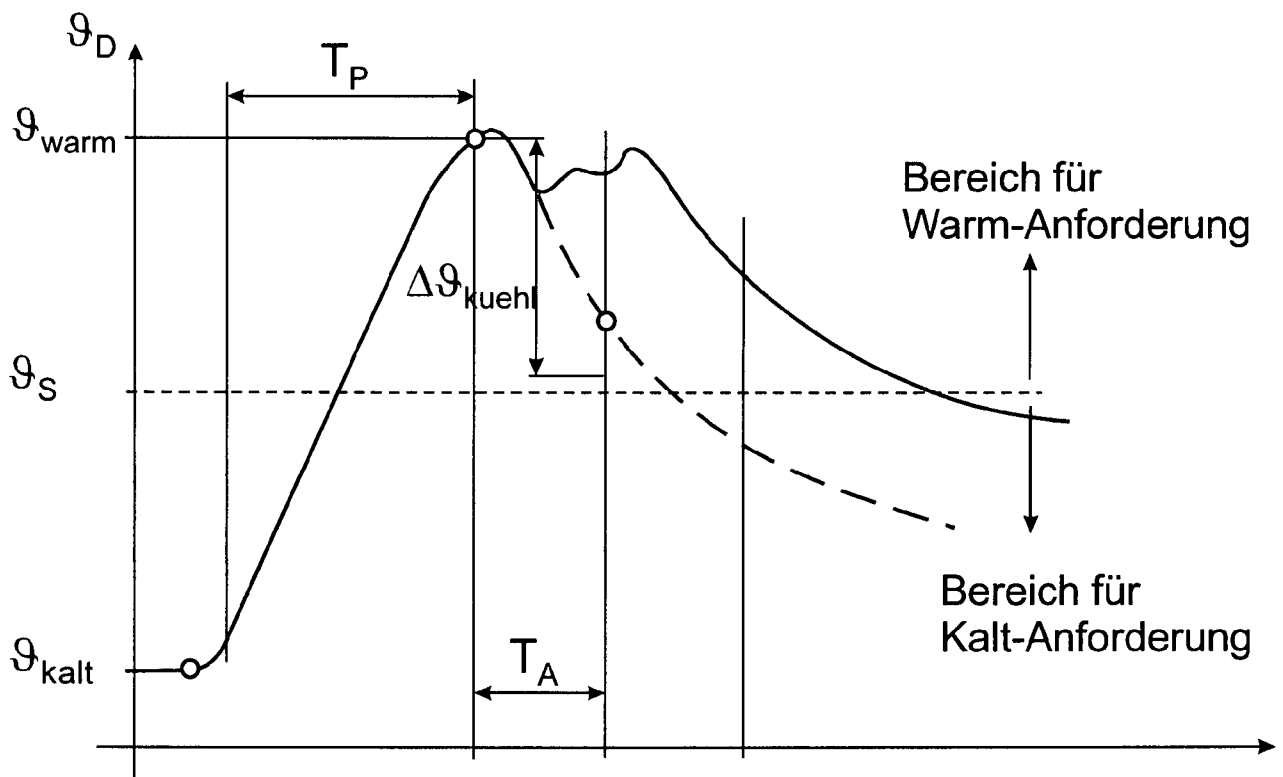


Fig. 3

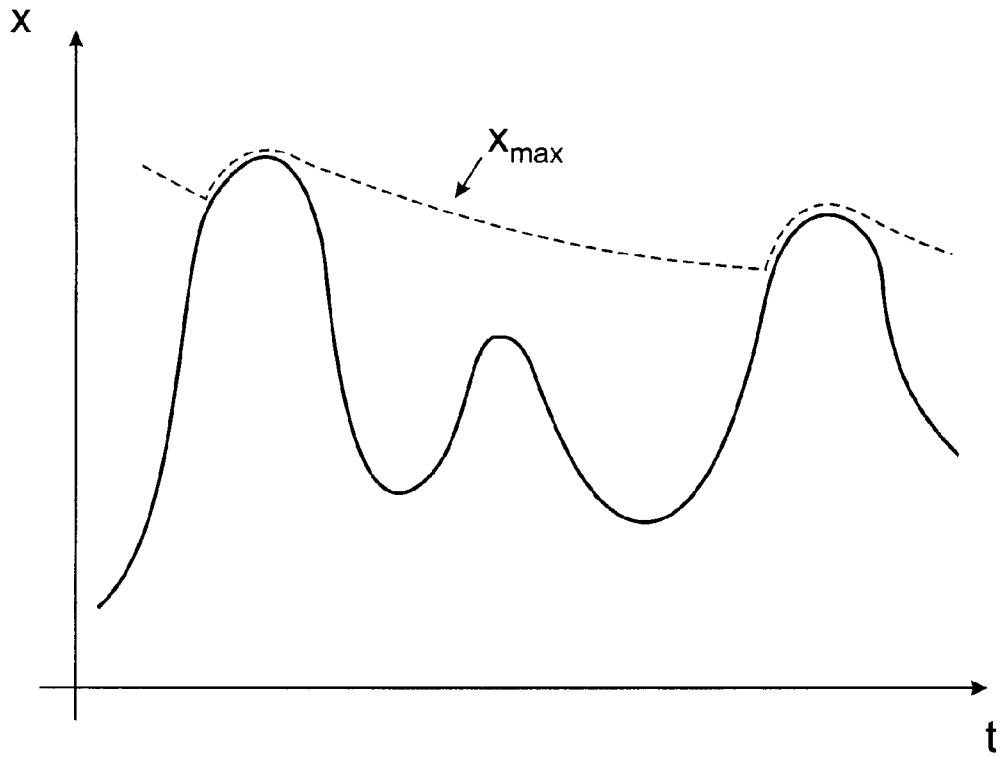


Fig. 4

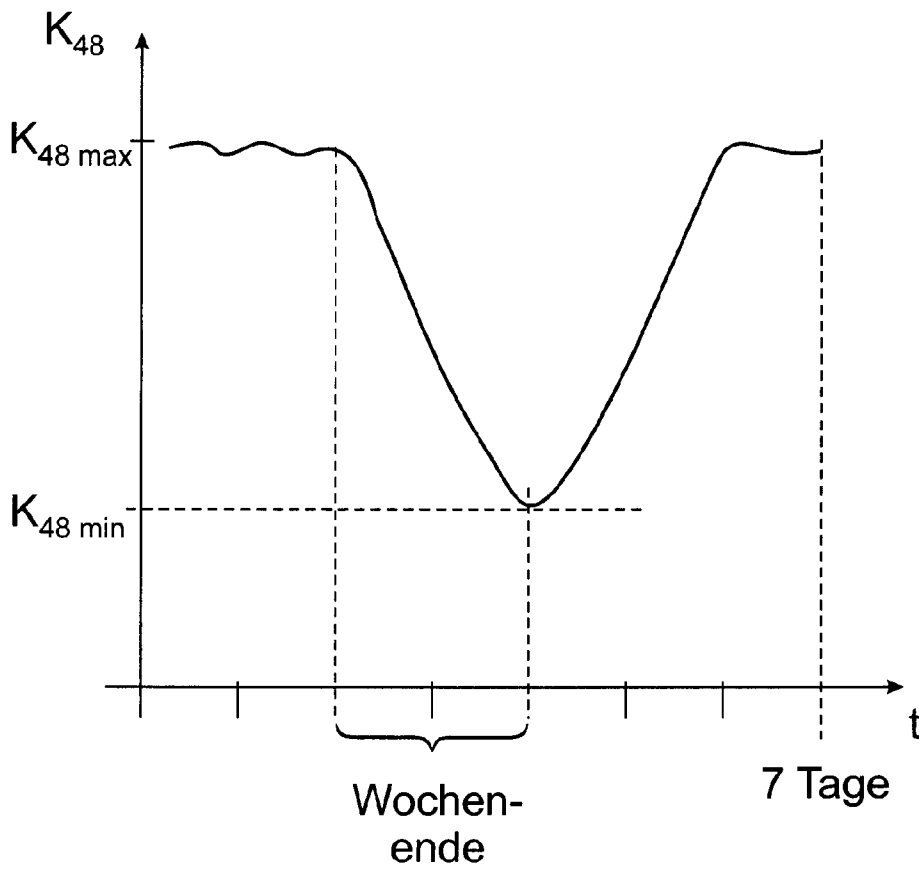


Fig. 5

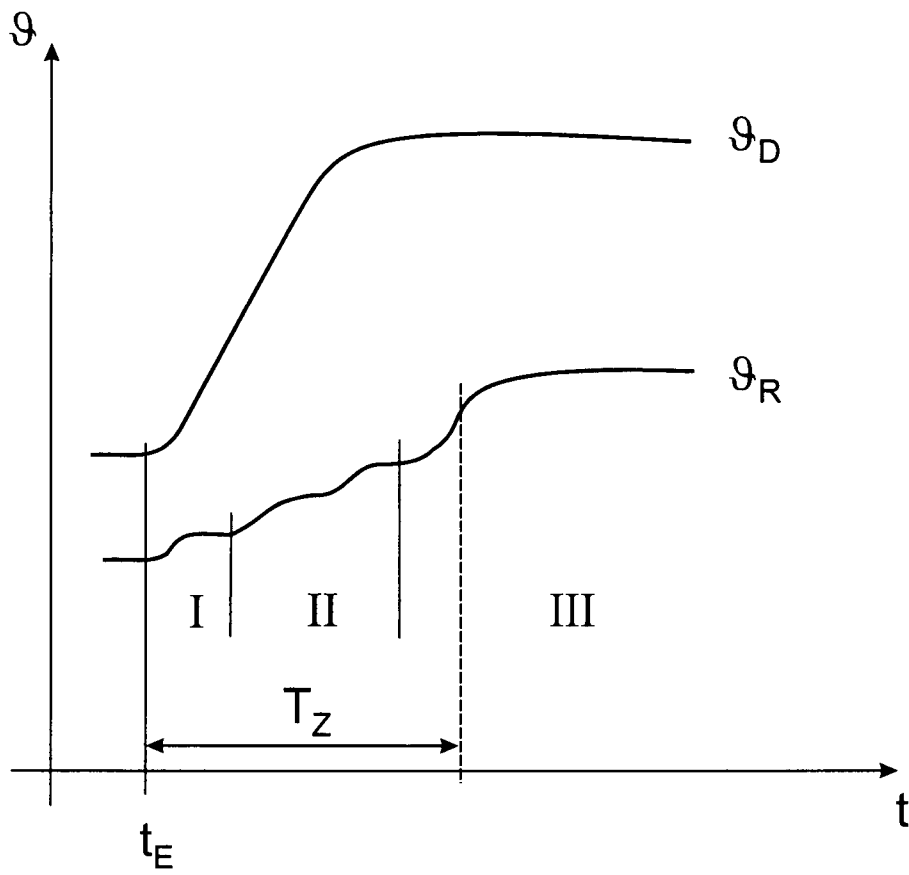


Fig. 6

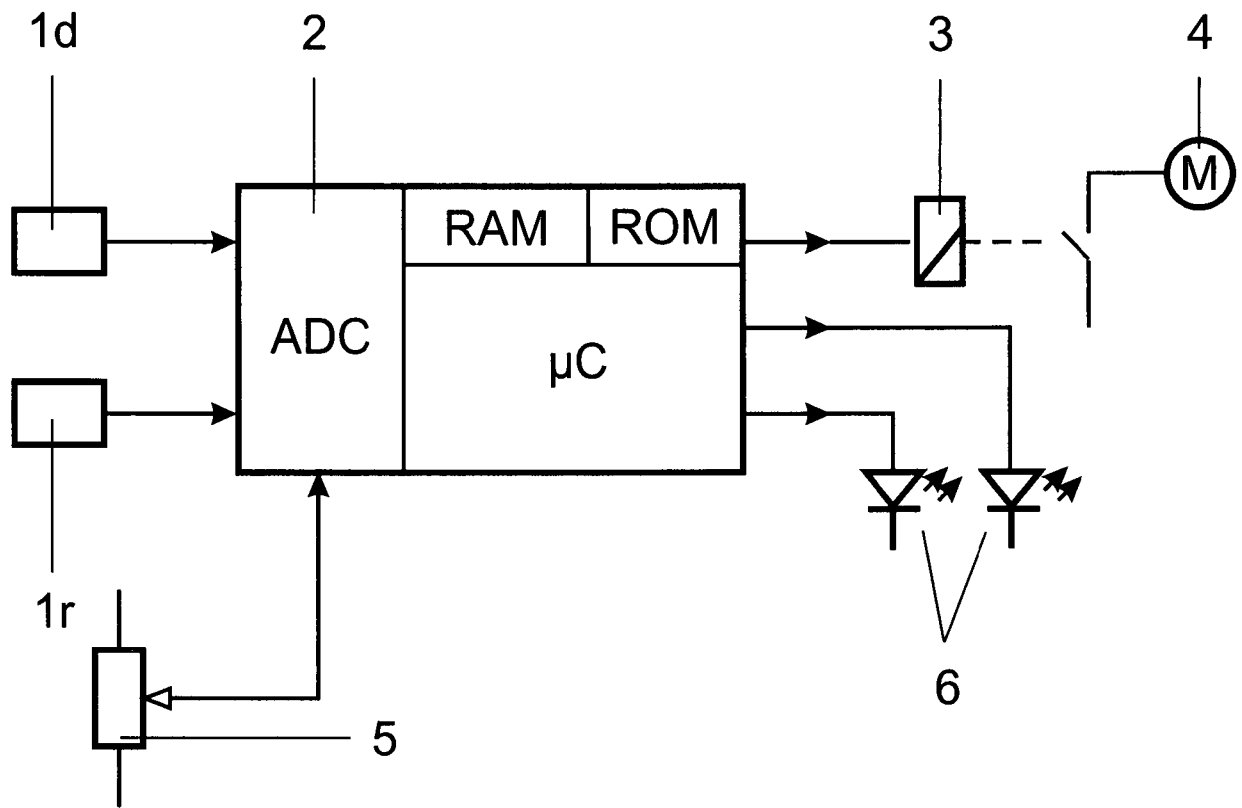


Fig. 7

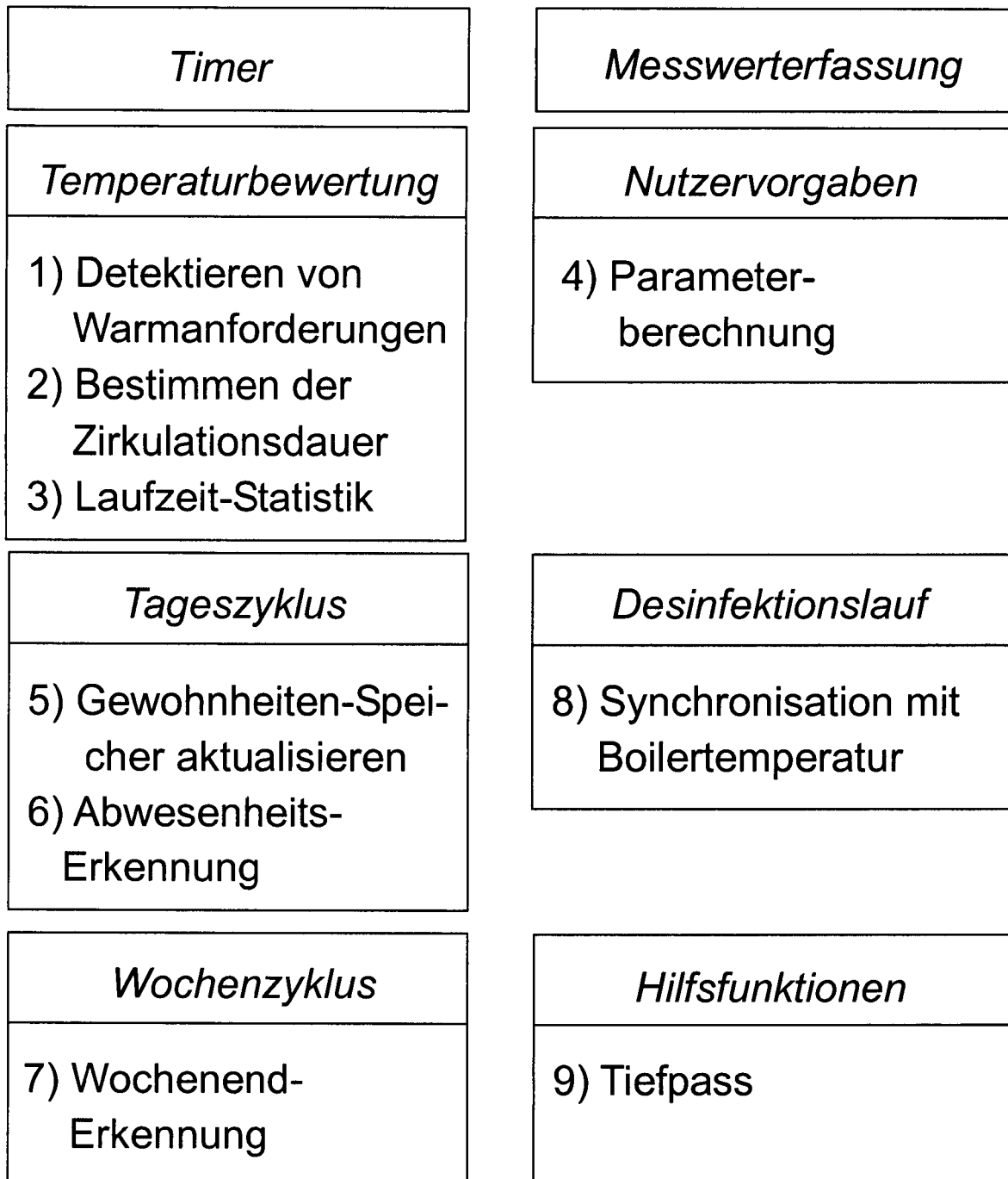


Fig. 8

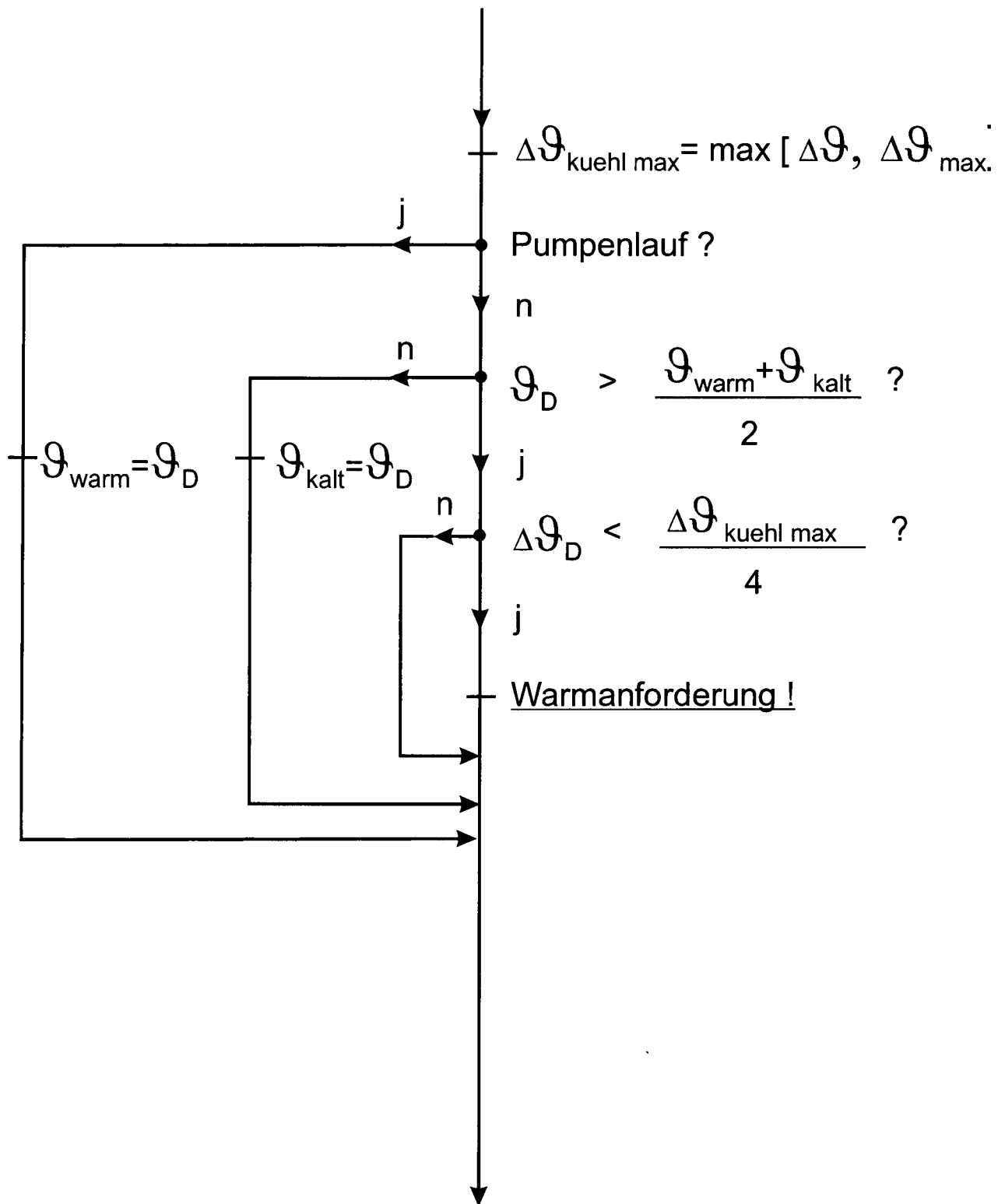


Fig. 9

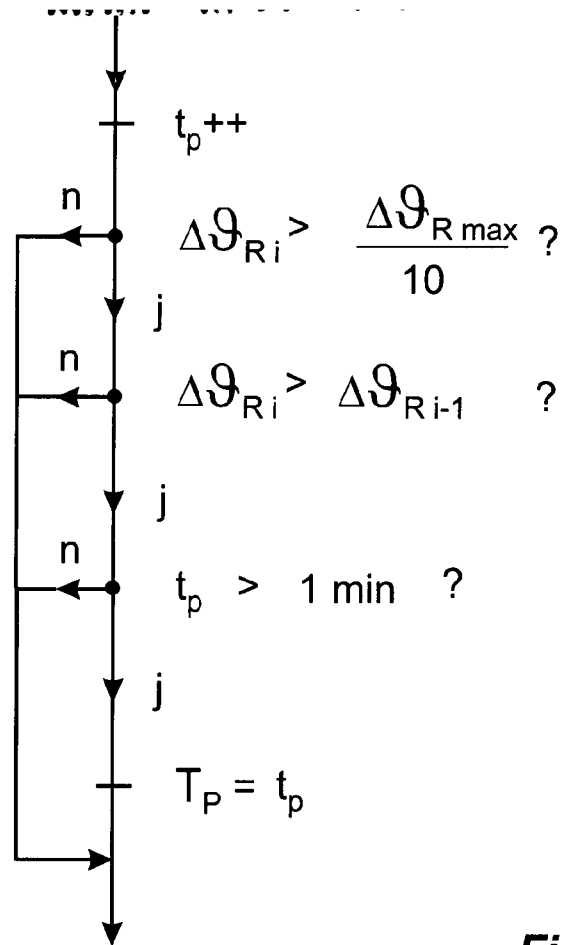


Fig. 10

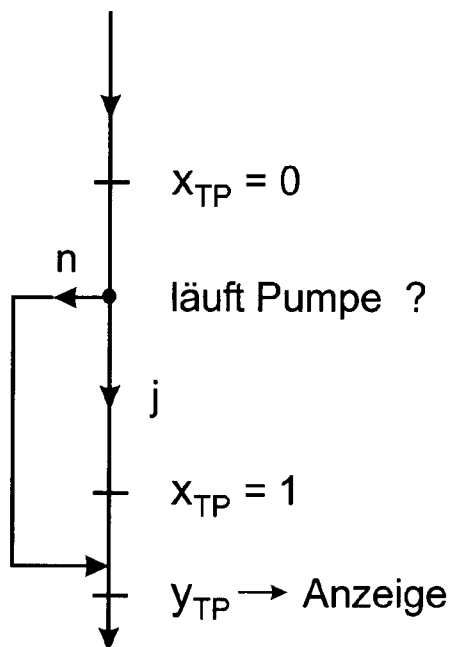


Fig. 11

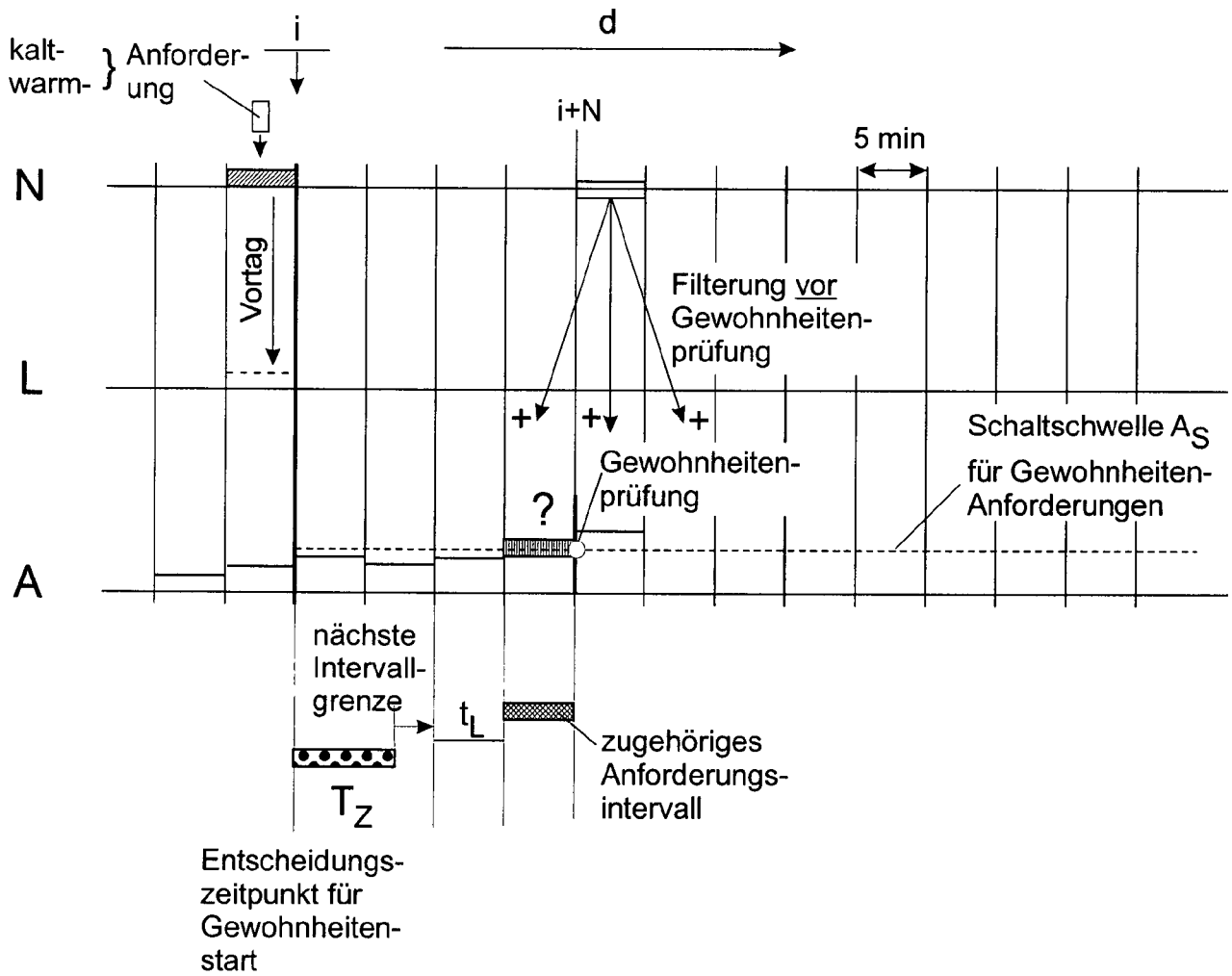


Fig. 12

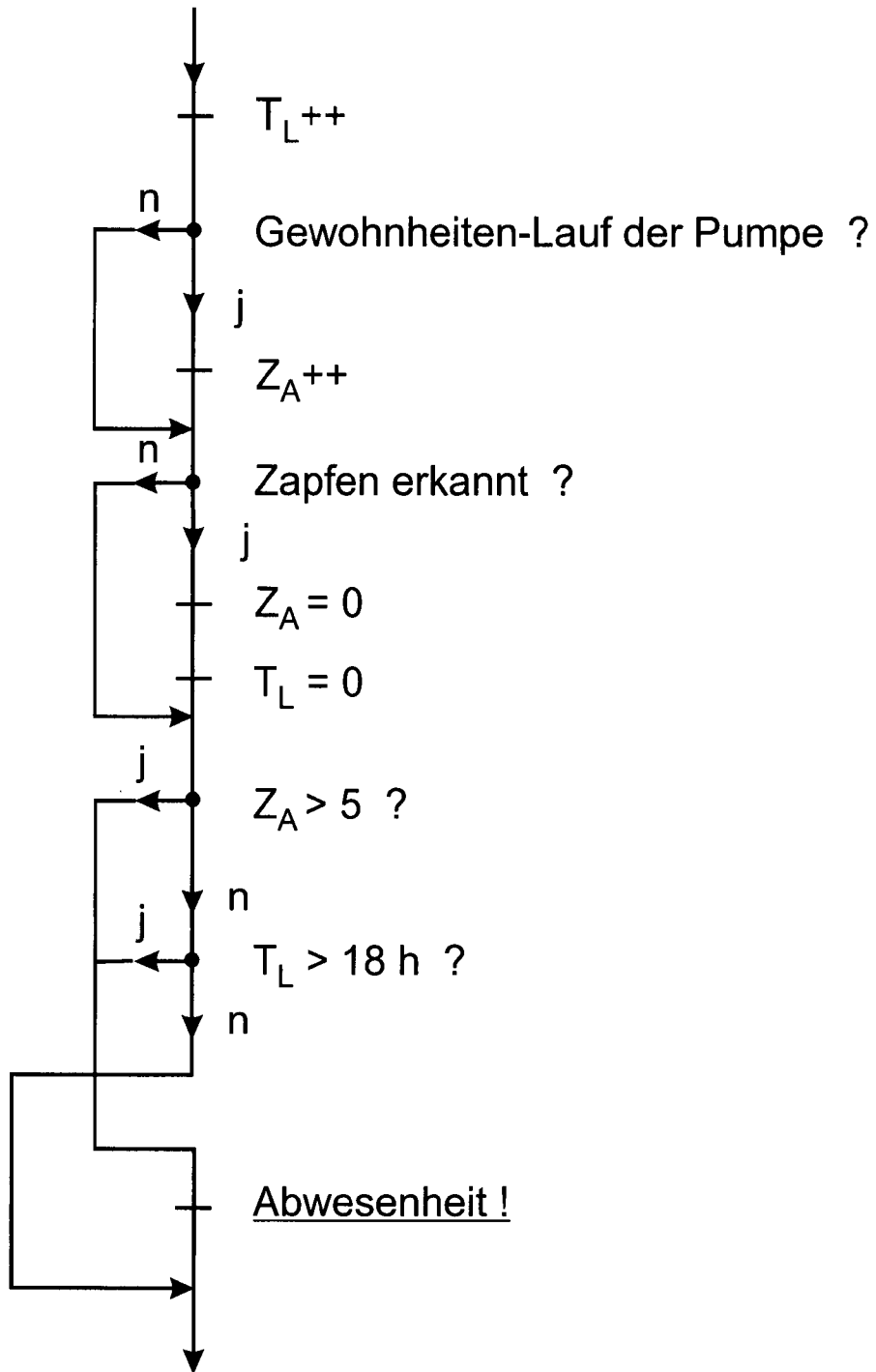


Fig. 13

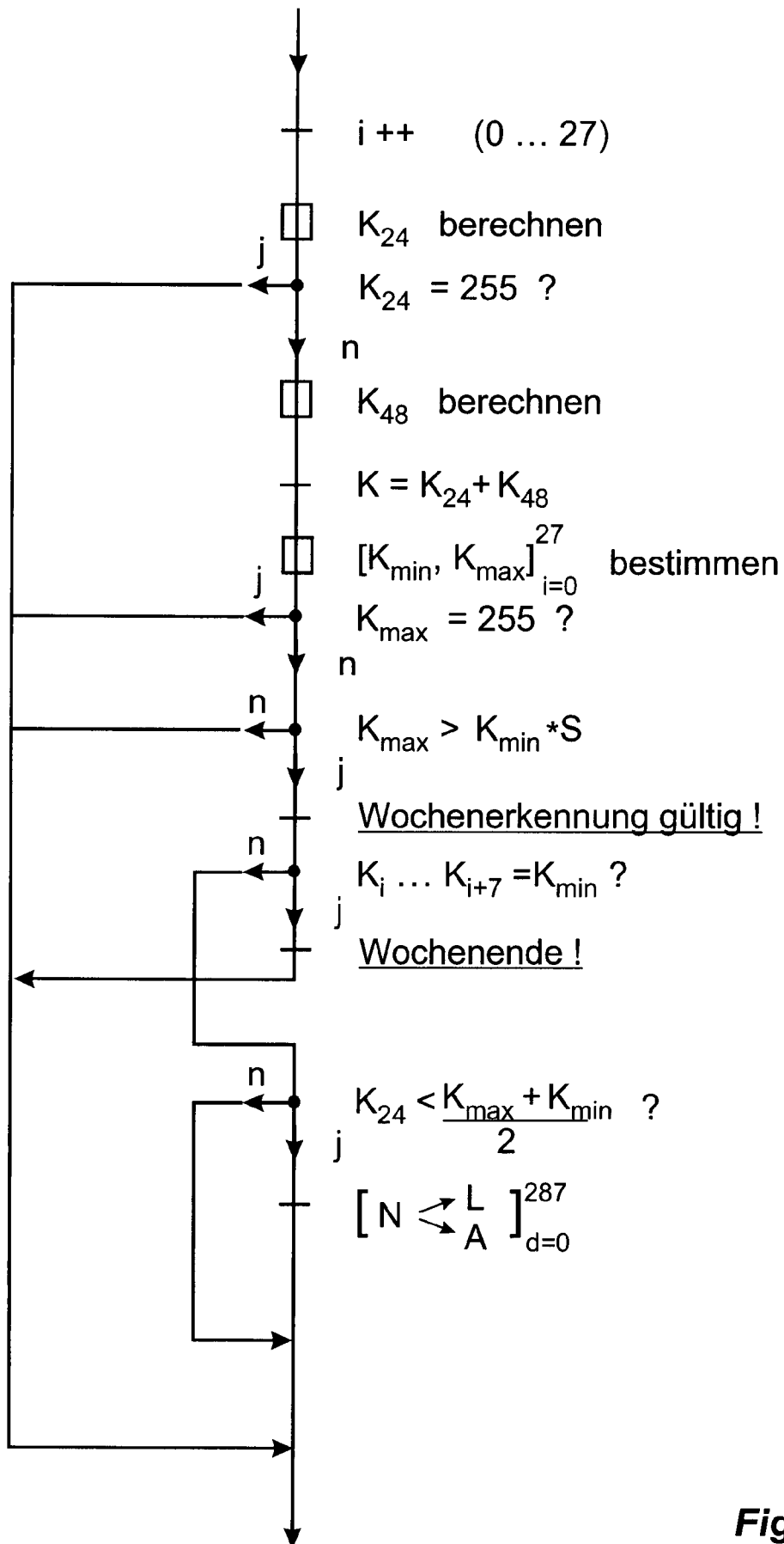


Fig. 14

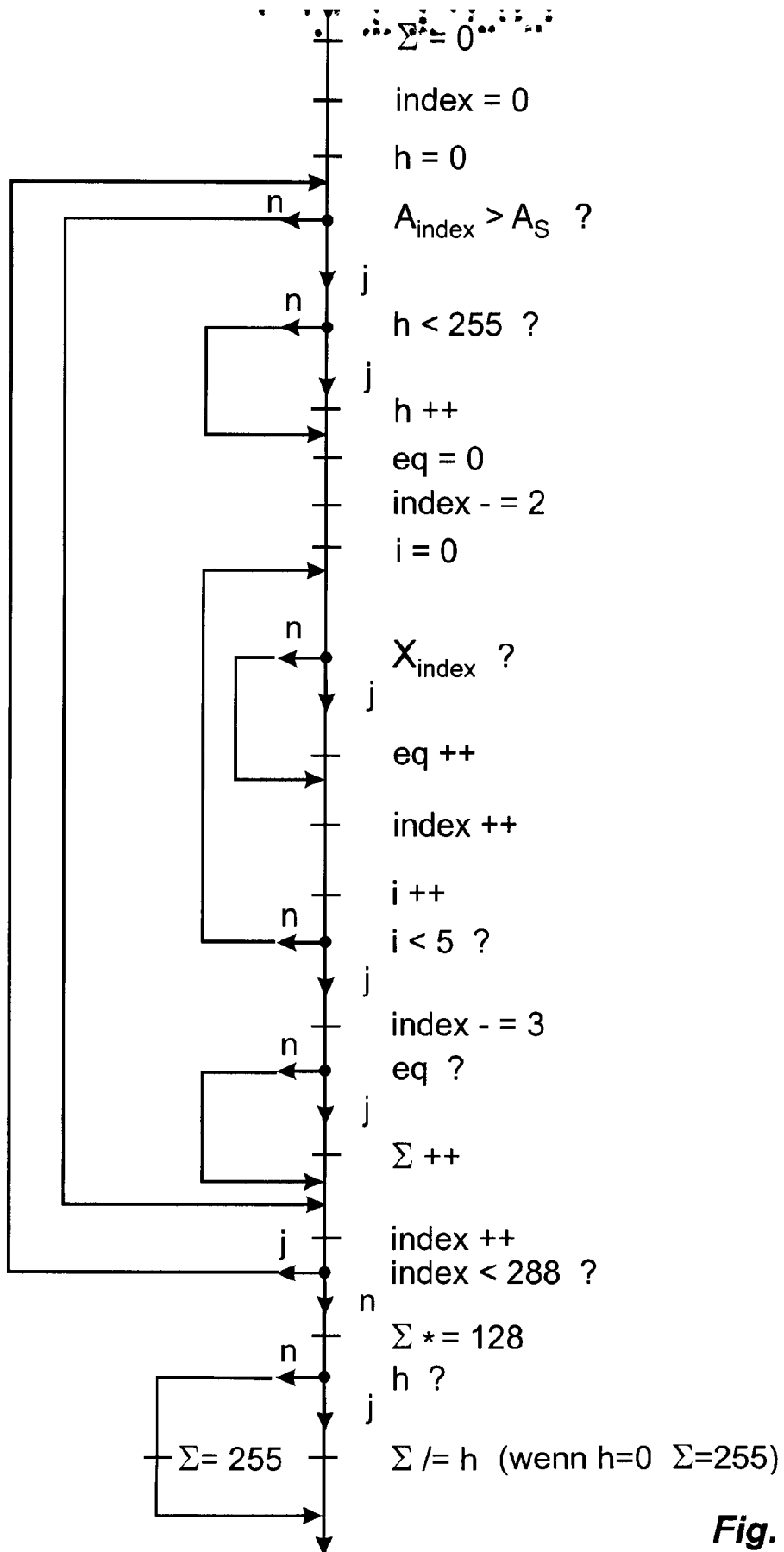


Fig. 15

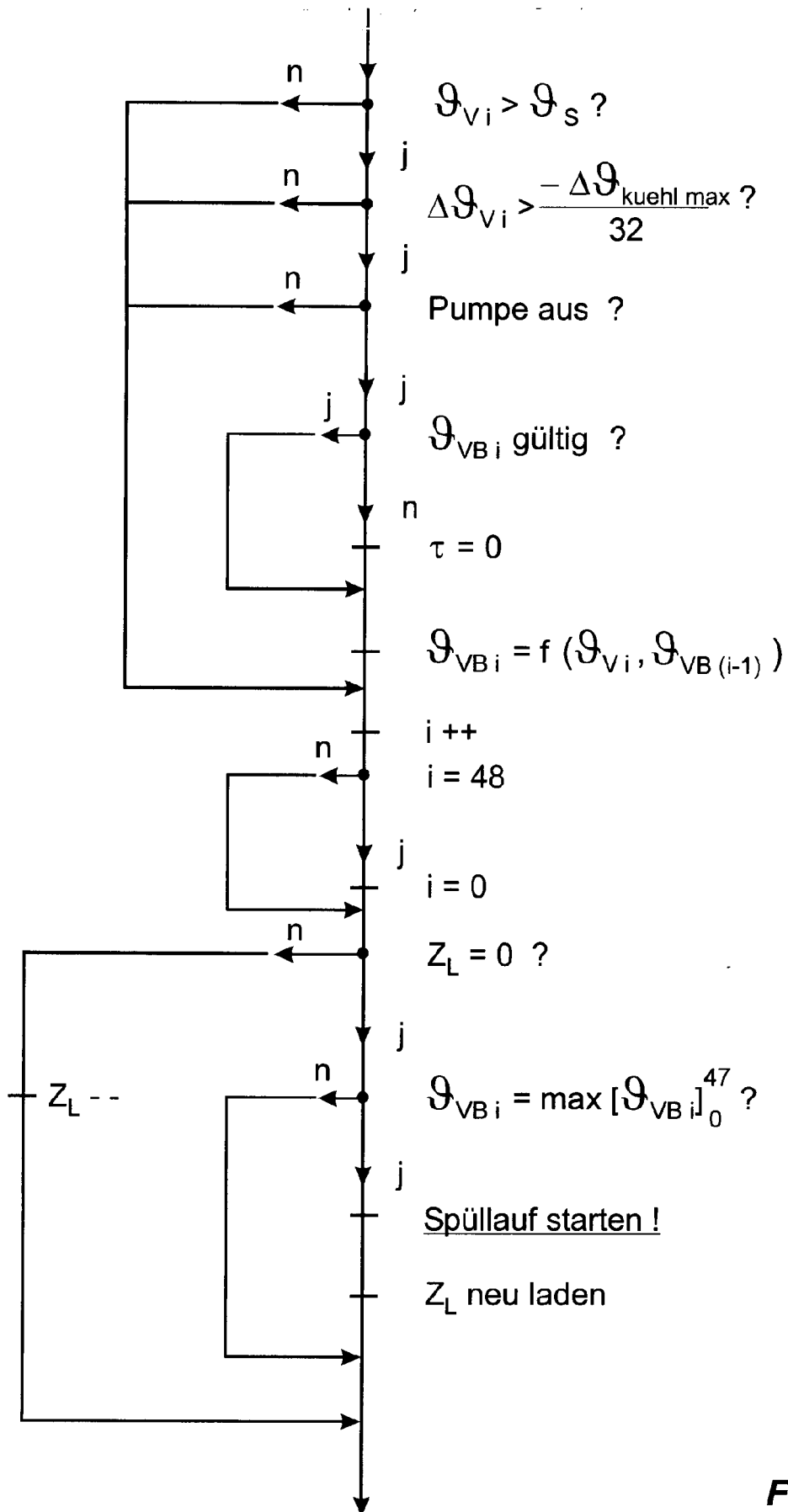


Fig. 16