



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 3487/83

⑦③ Inhaber:
LGZ Landis & Gyr Zug AG, Zug

㉒ Anmeldungsdatum: 27.06.1983

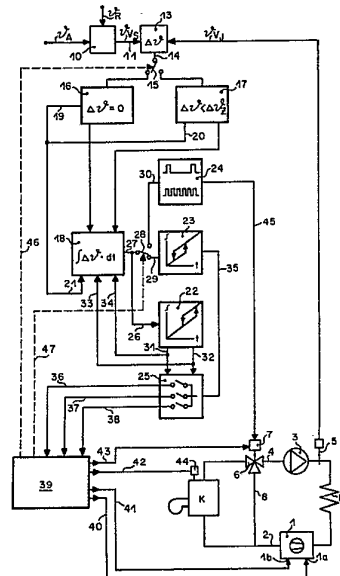
㉔ Patent erteilt: 15.01.1988

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.01.1988

⑦② Erfinder:
Maag, Werner, Glarus
Pagani, Enrico, Cham

⑤④ **Verfahren zur Regelung der Temperatur eines Wärmeträgers sowie zur lastabhängigen Zu- oder Abschaltung einzelner Wärmeerzeuger.**

⑤⑦ Die Temperatur-Regelung einer Heizung (H) ist kombiniert mit einer stufenweise und lastabhängig wirkenden Kaskadenschaltung (22, 25, 39) zur Zu- und Abschaltung mehrerer Wärmeerzeuger (1a, 1b, K). Sie eignet sich für einen mehrstufigen Wärmepumpen-Betrieb (1a, 1b) in einer bivalenten Heizungsanlage mit einem Kessel (K) für fossile Brennstoffe als Zusatzwärmeerzeuger. Ein Integrator (18) integriert eine Temperaturdifferenz ($\Delta\theta$) zwischen einem Soll- und einem Istwert (θ_{vs}, θ_{vj}) über die Zeit (t). Ein erster vom Integral beeinflusster Schwellenwert-Schalter (23) regelt in Abhängigkeit des Wärmebedarfes jeweils einen der Wärmeerzeuger (1a, 1b, K) im Ein-/Aus-Betrieb oder als Impulsgeber (24) ein Stellglied (6, 7) quasistetig. Das gleiche Integral steuert über einen zweiten Schwellenwert-Schalter (22) mit höherem Schwellenwert die lastabhängige Zu- und Abschaltung der Wärmeerzeuger. Die Regelung und Steuerung eignet sich für Niedertemperatur-Heizanlagen mit flacher Heizkurve und verhindert auch unter Grenzbedingungen kurzfristiges Ein- und Ausschalten des geregelten Wärmeerzeugers (1a, 1b, K).



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Regelung der Temperatur eines Wärmeträgers sowie zur lastabhängigen Zu- oder Abschaltung einzelner Wärmeerzeuger, die durch je einen Vor- und Rücklauf an vom Wärmeträger durchflossene Heizkörper angeschlossen sind, bei dem ein Regler die Temperatur des Wärmeträgers durch Veränderung der von einem der Wärmeerzeuger an den Vorlauf abgegebenen Wärmemenge regelt und bei dem ein Integrator unter Berücksichtigung des Vorzeichens eine Temperaturdifferenz zwischen einer momentanen Isttemperatur und einer Solltemperatur über die Zeit integriert, die Integration aber nur dann fortgesetzt wird, wenn die Temperaturdifferenz einen vorbestimmten Wert überschreitet, bei dem ferner ein erster Schwellenwert-Schalter (22) den Wert des Integrals überwacht und beim Erreichen eines oberen Grenzwertes des Integrals über einen Stufenschalter weitere Wärmeerzeuger zu- oder abschaltet und dabei gleichzeitig den Integrator auf Null setzt, dadurch gekennzeichnet, dass der zeitliche Mittelwert der Temperaturdifferenz ($\Delta\theta$) auf Null geregelt wird, indem der Integrator (18) mit einem nachgeschalteten zweiten und dritten Schwellenwert-Schalter (23, 24) als Regler wirkt, wobei bei steigendem Wert des Integrals, vor dem Erreichen des oberen Grenzwertes (53a, 53b) und unter Berücksichtigung des Vorzeichens der Temperaturdifferenz ($\Delta\theta$) Stellbefehle zur Vergrößerung bzw. Verkleinerung der Wärmeleistung des momentan geregelten Wärmeerzeugers (1, 9, K) abgegeben werden und dass ein Vergleichler (16, 17) den Integrator (18) zusätzlich beim Erreichen des vorbestimmten Temperaturdifferenzwertes ($\pm \Delta\theta_z$) auf Null setzt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellbefehle vom zweiten Schwellenwert-Schalter (23) beim Erreichen eines unteren Grenzwertes (52a, 52b) des Integrals ausgelöst werden, indem der Stufenschalter (25) den momentan geregelten Wärmeerzeuger (1, 9) ein- bzw. ausschaltet, während dann der Integrator (18) die Integration ohne zusätzliche Nullsetzung weiterführt und die Nullsetzung erst erfolgt, wenn die Temperaturdifferenz ($\Delta\theta$) Null ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Integrator (18) zusammen mit dem nachgeschalteten dritten Schwellenwert-Schalter (24) als Impulsgeber auf ein Zweiweg-Stellglied (6, 7) als Dreipunktregler einwirkt, indem die beim Überschreiten des vorbestimmten Temperaturdifferenzwertes ($\pm \Delta\theta_z$) von Null aus beginnende Integration am Impulsgeber (24) Impulse auslöst, die dem Anstieg des Wertes des Integrals proportional sind, und deren Richtung dem Vorzeichen der Temperaturdifferenz ($\Delta\theta$) entspricht.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Impulse von konstanter Dauer sind, während deren zeitlicher Abstand die Proportionalität zum Anstieg des Integrals ausdrückt, und dass mit steiler werdendem Anstieg der Impulsabstand immer kürzer wird.

5. Regeleinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einem Temperaturregler, einem Integrator und einem vom Temperatur-Verlauf über den Integrator beeinflussten Stufenschalter zur Zu- bzw. Abschaltung von weiteren Wärmeerzeugern, dadurch gekennzeichnet, dass dem Integrator (18) ein den Integrator (18) beim Erreichen eines vorbestimmten Temperaturdifferenzwertes ($\Delta\theta_z$) auf Null stellender Vergleichler (16, 17) vorgeschaltet und jeweils zwei Schwellenwert-Schalter (22, 23; 22, 24) unterschiedlicher Grenzwerte (53; 52) nachgeschaltet sind, wobei der erste Schwellenwertschalter (22) mit oberen Grenzwerten (53a, 53b) den Stufenschalter (25) um eine Leistungsstufe verstellt und der zweite bzw. dritte Schwellenwertschalter (23; 24) mit unteren Grenzwerten (52a, 52b) als Temperaturregler dient.

6. Regeleinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der dem Integrator (18) vorgeschaltete Vergleichler (16) die Nullsetzung des Integrators (18) bei dem Temperaturdifferenzwert Null ausführt und dass der dem Integrator (18) nachgeschaltete zweite Schwellenwert-Schalter (23) beim Erreichen der unteren Grenzwerte (52a, 52b) je nach dem Vorzeichen der momentanen Temperaturdifferenz ($\Delta\theta$) einen entsprechenden Befehl für die im Ein-/Aus-Betrieb geregelten Wärmeerzeuger (1, 9) abgibt.

7. Regeleinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der dem Integrator (18) vorgeschaltete Vergleichler (17) die Nullsetzung des Integrators (18) unterhalb des vorbestimmten Temperaturdifferenzwertes ($\pm \Delta\theta_z$) aufrecht erhält und dass der dem Integrator (18) nachgeschaltete dritte Schwellenwert-Schalter (24) als Impulsgeber ausgebildet ist und mit dem Integrator (18) einen auf den Antrieb (7) eines Stellgliedes (6) wirkenden Dreipunktregler bildet.

8. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein mindestens die Funktionen der Vergleichler (16, 17), des Integrators (18), der Schwellenwertschalter (22, 23, 24) und der Schaltlogik (39) ausführender Mikrocomputer vorhanden ist.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Regelung der Temperatur eines Wärmeträgers sowie zur lastabhängigen Zu- oder Abschaltung einzelner Wärmeerzeuger.

Bei grossen Heizungsanlagen ist es bekannt, mehrere Heizkessel zu verwenden und diese in Abhängigkeit der Last, meist über ein Zeitglied gesteuert, mit sogenannten Kaskadenschaltungen stufenweise in Betrieb zu setzen. Darüber hinaus ist es bekannt, ein- oder mehrstufige Wärmepumpen in Abhängigkeit von der Aussentemperatur in Betrieb zu nehmen und bei sinkender Aussentemperatur im bivalenten Betrieb als zusätzlichen oder alternativen Wärmeerzeuger einen mit fossilen Brennstoffen betriebenen Heizkessel zu verwenden. Da mit sinkender Aussentemperatur die Leistung einer Wärmepumpe abnimmt, insbesondere wenn die Aussenluft als Wärmequelle benutzt wird, andererseits die benötigte Wärmeleistung der Heizanlage zunimmt, wird üblicherweise bei einer vorbestimmten Aussentemperatur ein zusätzlicher Wärmeerzeuger in Betrieb gesetzt und die Wärmepumpe entweder ausser Betrieb genommen oder bis zu einer tieferen, festgelegten Aussentemperatur als Grundlastheizung im Dauerbetrieb gehalten. Der momentan erforderliche Wärmebedarf eines zu beheizenden Gebäudes ist jedoch von der Art seiner Wärmeisolation und von seinem Speichervermögen abhängig sowie vom Verhalten der Bewohner. Ferner variiert beim Wärmepumpenbetrieb auch die der Luft entziehbare Wärmemenge bei gleicher Aussentemperatur je nach den momentanen Witterungsverhältnissen. Die Aussentemperschwelle, bei welcher der zusätzliche Wärmeerzeuger in Betrieb genommen wird, muss aus Komfortgründen so gewählt werden, dass bei Aussentemperaturen oberhalb dieser Schwelle auch unter ungünstigen Bedingungen die Wärmepumpe den Wärmebedarf decken kann. Andererseits können Bedingungen bei Aussentemperaturen unterhalb der so gewählten Schwelle auftreten, bei denen eine Wärmepumpe durchaus allein fähig ist, den momentanen Wärmebedarf wirtschaftlich zu decken.

Die EP-A 0 056 445 beschreibt eine lastabhängige Zuschaltung eines zusätzlichen Wärmeerzeugers, wenn

- a) ein Temperatur-Sollwert während einer bestimmten Zeit unterschritten ist und
- b) während einer festen Zeitspanne ein minimal gefor-

derer Temperaturanstieg nicht erreicht wird,

wobei b) bei einer Sollwertänderung ein zu frühzeitiges Einschalten des zusätzlichen Wärmeerzeugers verhindern soll. Ein die Wärmezufuhr des zusätzlichen Wärmeerzeugers regelndes Stellorgan gibt in seiner Schliessstellung ein Signal zur Wieder-Abschaltung dieses Wärmeerzeugers. Zu diesem Zweck muss immer ein Stellglied vorhanden sein, und eine in der Art eines Durchlauferhitzers geschaltete Gastherme ist in dieser Weise nicht verwendbar.

Würde andererseits die Zu- und Abschaltung einer Gastherme in einer Durchlauferhitzer-Schaltung nur nach der Temperaturabweichung zwischen dem Soll- und dem Istwert erfolgen, dann ergäben sich Pendelerscheinungen, indem die kurzzeitig auftretenden Temperaturänderungen beim Zuschalten der Gastherme, bedingt durch das kleine Wärmespeichervermögen der Gastherme, zum kurzfristigen Ein- und Ausschalten führen würde.

Nach der DE-A 3 112 220 ist darüber hinaus ein Verfahren zum Betrieb eines Multivalenzschalters bekannt, bei dem die Zu- und Abschaltung von Wärmeerzeugern energiemässig wirksamer erfolgt, indem die Zuschaltung eines weiteren Wärmeerzeugers bzw. die Abschaltung von dauernd eingeschalteten Wärmeerzeugern erst dann stattfindet, wenn entsprechend dem Befehl einer vom Multivalenzschalter unabhängig arbeitenden Regeleinrichtung die erforderliche Wärmemenge von den bislang im Betrieb befindlichen Wärmeerzeugern nicht mehr aufgebracht werden kann bzw. wenn die dauernd eingeschalteten Wärmeerzeuger zuviel Wärme abgeben. Es wird damit wohl eine verzögerte Zu- oder Abschaltung weiterer Wärmeerzeuger erreicht, doch werden beispielsweise die beim Zuschalten einer Wärmepumpe ohne Speicher auftretenden Temperatursprünge noch zu wenig berücksichtigt, indem der auf einer reinen Temperaturmessung beruhende Regler die Wärmepumpe bald wieder abschaltet und dabei ein Ein-/Aus-Schalten mit unerwünschten kurzen Laufzeiten entsteht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Regelung der Temperatur eines Wärmeträgers sowie zur lastabhängigen Zu- oder Abschaltung einzelner Wärmeerzeuger sowie eine Regeleinrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, wobei mit geringem Aufwand und ohne dass sprungartig auftretende Temperaturabweichungen störend wirken, ein quasi-stabiles, dem momentanen Wärmebedarf angepasstes Verhalten erreicht wird, und zwar sowohl im Zustand von geringem als auch bei grossem Wärmebedarf. Dies soll erreicht werden, ohne dass zum Beispiel bei tiefen Temperaturen des Heizungs-Wärmeträgers in der Nähe der Heizgrenze eine gegenüber dem Betrieb bei grosser Last vergrösserte Schaltdifferenz verwendet werden muss, oder andere Massnahmen zur Erzielung von schonenden Ein- und Ausschaltzeiten des Wärmeerzeugers erforderlich sind.

Die Erfindung ist im Anspruch 1 bzw. 5 gekennzeichnet.

Nachfolgend werden zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung an Hand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Regel- und Steuereinrichtung samt dem hydraulischen Schema einer Heizungsanlage mit einem Mischventil,

Fig. 2 ein hydraulisches Schema einer Heizungsanlage mit einer Wärmepumpe und einer Gastherme und

Fig. 3 vier aufeinander bezogene Diagramme.

In den Fig. 1 und 2 bedeutet 1 eine Wärmepumpe, die in den Rücklauf 2 einer Heizungsanlage eingebaut ist. In der Fig. 1 handelt es sich um eine zweistufige Wärmepumpe 1, deren Stufen mit 1a und 1b bezeichnet sind. Die Heizungsanlage besteht ferner aus Radiatoren H, einer Umwälzpumpe 3

im Vorlauf 4 und einem dort angebrachten Temperaturfühler 5. Im Beispiel der Fig. 1 sind ferner ein Mischer 6 mit seinem Antrieb 7 und einer Bypassleitung 8 sowie ein Heizkessel K vorhanden, die in bekannter Weise zusammenschaltet sind. Als Mischer 6 dient ein Dreiwegmischer, doch könnte dies ebensogut ein Vierwegmischer sein.

Im Beispiel der Fig. 2 ist die Wärmepumpe 1 mit einer Gastherme 9 hydraulisch in Reihe geschaltet. Es kann dabei entweder die Wärmepumpe 1 allein oder gemeinsam mit der Gastherme 9 im Betrieb stehen.

Mit 10 ist ferner in der Fig. 1 ein Steuergerät bezeichnet, an dessen Ausgang 11 immer ein Signal ansteht, das den momentan geforderten Temperatur-Sollwert ϑ_{vs} am Vorlauf 4 des zu beheizenden Gebäudes bildet. Das Steuergerät 10 enthält einen Programmgeber zur zeitlichen Steuerung des thermischen Zustandes des Gebäudes und erfasst beispielsweise die Aussentemperatur ϑ_A zur Bildung des Sollwertes ϑ_{vs} aufgrund einer festgelegten Heizkurve. Doch kann die Bildung des Sollwertes ϑ_{vs} auch allein aufgrund einer erfassten Raumtemperatur ϑ_R erfolgen, oder es beeinflussen sowohl die Aussentemperatur ϑ_A als auch die Raumtemperatur ϑ_R den Sollwert ϑ_{vs} . Dem Steuergerät 10 ist ein Differenzbildner 13 nachgeschaltet, der eine momentane Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta$ zwischen einem am Temperaturfühler 5 gemessenen Vorlauftemperatur-Istwert ϑ_{vj} und dem Sollwert ϑ_{vs} bestimmt. Ein Ausgang 14 wird über einen Umschalter 15 zu zwei Vergleichern 16 und 17 geführt, von denen immer nur der eine, wie dies weiter unten dargelegt wird, tätig ist. Beide Vergleichern 16 und 17 dienen dem Zweck, einen nachgeschalteten Integrator 18 bei wenigstens annähernder Übereinstimmung von Temperatur-Istwert ϑ_{vj} und Sollwert ϑ_{vs} , doch frühestens beim Zurückgehen auf eine vorgegebene zulässige Temperaturdifferenz $\pm \Delta\vartheta$ auf Null setzen. Dazu sind beide Vergleichern 16, 17 mit je einem ersten Ausgang 19 bzw. 20 an einen ersten Rücksetz-Anschluss 21 des Integrators 18 angeschlossen.

Dem Integrator 18 sind jeweils zwei Schwellenwert-Schalter 22 und 23 bzw. 24 unterschiedlicher Grenzwerte nachgeschaltet, von denen der Schwellenwert-Schalter 23 bzw. 24, der einen unteren Grenzwert aufweist, als Temperaturregler dient und der Schwellenwert-Schalter 22 mit einem oberen Grenzwert einen Stufenschalter 25 um jeweils eine Leistungsstufe verstellen kann. Zu diesem Zweck ist ein Eingang 26 des Schwellenwert-Schalters 22 mit einem Ausgang 27 des Integrators 18 verbunden. Ferner führt der Ausgang 27 über einen Umschalter 28 wahlweise entweder zu einem Eingang 29 des Schwellenwert-Schalters 23 oder zu einem Eingang 30 des Schwellenwert-Schalters 24. Jeder der Schwellenwert-Schalter 23 und 24, die dem Integrator 18 wahlweise nachgeschaltet sind, wirkt als Regler. Bei steigendem Wert $|\Delta\vartheta|$ dt am Ausgang 27 werden bei unterschiedlichen Grenzwerten für die beiden Schwellenwert-Schalter 23 oder 24, doch vor dem Erreichen des zum Schwellenwert-Schalter 22 gehörenden oberen Grenzwertes, Stellbefehle zur Vergrösserung bzw. Verkleinerung der Leistung des momentan geregelten Wärmeerzeugers abgegeben, womit der Integrator 18 in einen Regelkreis eingeschlossen ist, der den zeitlichen Mittelwert der Temperaturdifferenz auf Null regelt. Dies steht im Gegensatz zum Bekannten, bei dem als Regelgrösse die Temperaturdifferenz selbst dient. Der Regelkreis wird weiter unten noch näher erläutert.

Vorerst erfolgt eine Beschreibung des Schwellenwert-Schalters 22 mit seinem nachgeschalteten Stufenschalter 25: Der Schwellenwert-Schalter 22 hat einen die Heizleistung vergrössernden Ausgang 31 und einen diese verkleinernden Ausgang 32. Beide sind mit dem Stufenschalter 25 verbunden und sind ausserdem an je einen weiteren Rücksetz-Anschluss 33 und 34 des Integrators 18 angeschlossen. Jedes von den

Ausgängen 31 und 32 her auf den Stufenschalter 25 einwirkende Signal bewirkt durch die Rücksetz-Anschlüsse 33 und 34 eine Rückstellung des Integrators 18 auf Null.

Auch der Schwellenwert-Schalter 23 ist mit einer Leitung 35 mit dem Stufenschalter 25 verbunden. Durch diese Leitung 35 gibt der Schwellenwert-Schalter 23 beim Erreichen des unteren Grenzwertes des Integrals $\int \Delta \vartheta dt$ je nach der Richtung der momentanen Temperaturdifferenz $\Delta \vartheta$ einen entsprechenden Befehl an im Ein/Aus-Betrieb geregelte Wärmeerzeuger. Im Beispiel der Fig. 1 bewirkt diese durch die Betätigung des Stufenschalters 25 um einen Schaltschritt die Ein- oder Ausschaltung einer der Stufen 1a, 1b der Wärmepumpe 1. Die Integration am Integrator 18 wird dabei nicht unterbrochen, denn der bei dieser Betriebsart dem Integrator 18 vorgeschaltete Vergleichler 16 bewirkt die Nullsetzung des Integrators 18 erst dann, wenn die Temperaturdifferenz $\Delta \vartheta = 0$ wird.

Der Stufenschalter 25 teilt seine Schaltstellung über drei Leitungen 36, 37, 38 einer Schaltlogik 39 mit, welche die nötigen Steuerbefehle an die einzelnen Wärmeerzeuger weiterleitet. Letzterem Zweck dienen zwei Verbindungen 40 und 41, welche im Beispiel der Fig. 1 an die beiden Stufen 1a bzw. 1b angeschlossen sind. Im Beispiel der Fig. 2 ist die eine Verbindung 40 an die dortige Wärmepumpe 1 und die Verbindung 41 an die dort verwendete Gastherme 9 angeschlossen. Zwei weitere Ausgänge 42 und 43 (Fig. 1) der Schaltlogik 39 dienen der Inbetriebsetzung des Heizkessels K samt dem Mischer 6 mit seinem Antrieb 7. Der Ausgang 42 gibt den Betrieb des Heizkessels K frei und ist mit einem Kesselthermostaten 44 verbunden, was andeuten soll, dass letzterer die Temperatur des Heizkessels überwacht. Der Wert am Ausgang 43 bestimmt gemeinsam mit den vom Schwellenwert-Schalter 24 durch eine Leitung 45 übertragenen Befehlen die Stellung des Mischers 6.

Zwei weitere, in der Fig. 1 gestrichelt eingezeichnete, von der Schaltlogik 39 ausgehende Linien 46, 47 bringen zum Ausdruck, dass die Umschalter 15 und 28 ebenfalls von der Schaltlogik 39 her gesteuert werden, das heisst die Schaltlogik 39 bestimmt, welcher der beiden Vergleichler 16, 17 und welcher der beiden Schwellenwert-Schalter 23 oder 24 wirksam sein sollen, während der Schwellenwert-Schalter 22 den Ausgang 27 des Integrators 18 immer überwacht.

Wie bereits erwähnt, wird der Stufenschalter 25 sowohl vom Schwellenwert-Schalter 23 als auch vom Schwellenwert-Schalter 22 betätigt. Der Stufenschalter 25 erfüllt damit zwei Aufgaben, deren erste bereits vorangehend beschrieben und bei der der Schwellenwert-Schalter 23 mit dem Stufenschalter 25 als Ein/Aus-Regler wirkt. Seine zweite Aufgabe erfüllt der Stufenschalter 25 als Kaskadenschalter, indem er bei sich stark änderndem Wärmebedarf, der durch volles Zubzw. Abschalten des momentan geregelten Wärmeerzeugers nicht mehr ausgeglichen werden kann, aufgrund der an den Ausgängen 31 und 32 erscheinenden Signale einen Wärmeerzeuger neu in Betrieb nimmt (Ausgang 31) oder einen bisher im Betrieb stehenden Wärmeerzeuger ausser Betrieb setzt (Ausgang 32).

Die Wirkungsweise der beschriebenen Regeleinrichtung wird nachfolgend anhand der Fig. 3 näher erläutert. Sie bezieht sich auf eine zweistufige Heizanlage, beispielsweise nach der Fig. 2 oder auf den Betrieb der beiden Stufen 1a und 1b der Wärmepumpe 1 der Fig. 1, und zeigt linearisiert in einem oberen Diagramm 48 den Verlauf der Vorlauftemperatur ϑ_v über der Zeit t und in einem mittleren Diagramm 49 den Verlauf des Integrals $\int \Delta \vartheta dt$. Die zwei untersten Diagramme 50, 51 zeigen den Schaltzustand der zwei Wärmeerzeuger 1 und 9 bzw. 1a und 1b. Im mittleren Diagramm 49 sind als waagrechte Geraden positive und negative untere Grenzwerte 52a bzw. 52b des Integrals für den Schwellen-

wert-Schalter 23 sowie positive und negative obere Grenzwerte 53a bzw. 53b für den Schwellenwert-Schalter 22 eingezeichnet.

Gemäss den Diagrammen 50 und 51 ist zur Zeit t_0 die Stufe 1a der Wärmepumpe 1 (Fig. 1) dauernd eingeschaltet (Diagramm 50), während die Stufe 1b im Ein/Aus-Betrieb geregelt wird (Diagramm 51). Das heisst, an der Leitung 36 (Fig. 1) liegt ein Dauersignal, während die Leitung 37 das Signal für die Ein/Aus-Regelung der Stufe 1b überträgt. Die Leitung 38 ist ohne Signal. Ferner ist aus dem Diagramm 48 ersichtlich, dass zur Zeit t_0 eine den Temperatur-Sollwert ϑ_{vs} unterschreitende (negative) Temperaturdifferenz $\Delta \vartheta$ vorhanden ist, und zwar mit weiter sinkender Tendenz. In diesem Betriebszustand hat die Schaltlogik 39 (Fig. 1) die Umschalter 15 und 28 in die in der Fig. 1 gezeichnete Stellung gebracht, dem Integrator 18 ist der Vergleichler 16 mit Rücksetzung bei $\Delta \vartheta = 0$ vorgeschaltet, und die beiden Schwellenwert-Schalter 22 und 23 sind dem Integrator 18 nachgeschaltet.

Ausgehend von der Zeit t_0 steigt der Ausgangswert des Integrators 18 durch das Vorhandensein der negativen Temperaturdifferenz $-\Delta \vartheta$ gemäss dem Diagramm 49 als negativer Wert soweit an, bis er zur Zeit t_1 einen Stellbefehl auslöst, indem der Grenzwert 52b für $\int \Delta \vartheta dt$ erreicht wird und dadurch der Schwellenwert-Schalter 23 anspricht, über die Leitung 35 den Stufenschalter 25 betätigt und dieser über die Leitung 37 und durch die Schaltlogik 39 die momentan geregelte Stufe 1b einschaltet. Der Integrator 18 führt dabei seine Integration ohne Nullsetzung weiter. Die Nullsetzung erfolgt erst, wenn durch die zugeschaltete Stufe 1b die Vorlauftemperatur ϑ_v gemäss dem Diagramm 48 wieder ansteigt und die Temperaturdifferenz $\Delta \vartheta = 0$ wird, was zur Zeit t_2 der Fall ist. Weil die Temperatur nach der Zeit t_2 weiter steigt, vergrössert sich die jetzt den Temperatur-Sollwert ϑ_{vs} übersteigende (positive) Temperaturdifferenz $+\Delta \vartheta$ wieder und die Integration erfolgt neu, jetzt gemäss dem Diagramm 49 als positiver Wert, bis zur Zeit t_3 , bei der der nachgeschaltete Schwellenwert-Schalter 23 seinen Grenzwert 52a erreicht, wodurch über den Stufenschalter 25 die Stufe 1b wieder abgeschaltet wird. Das gleiche Spiel wiederholt sich, bis dass zur Zeit t_4 eine Lastverringering der Temperatur ϑ_v nicht mehr absinken lässt. Es verbleibt eine annähernd gleiche Temperaturdifferenz $\Delta \vartheta$. Der Ausgang 27 des Integrators 18 erreicht zur Zeit t_5 den Grenzwert 52a des Schwellenwert-Schalters 23 und veranlasst das Ausschalten der Stufe 1b. Doch danach sinkt die Temperatur noch nicht, so dass zur Zeit t_6 der obere Grenzwert 53a erreicht und der Schwellenwert-Schalter 22 zum Ansprechen kommt. Dabei erscheint ein Impuls an seinem Ausgang 32, der einerseits den Integrator 18 über den Rücksetz-Anschluss 33 auf Null stellt und andererseits den nun als Kaskadenschalter wirkenden Stufenschalter 25 um eine Stufe zurückschaltet. Dadurch wird die bisher in Dauerbetrieb gestandene Stufe 1a abgeschaltet und in den Ein/Aus-Regelkreis einbezogen. Nachdem jetzt keine Wärme mehr zufliesst, sinkt die Temperatur ϑ_v und es wird in gleicher Weise, wie dies vorher für die Stufe 1b beschrieben ist, die Stufe 1a gemäss dem Diagramm 50 im Ein/Aus-Betrieb geregelt. Zur Zeit t_7 tritt eine Lastvergrösserung ein, welche als erstes das Wiedereinschalten der Stufe 1a zur Zeit t_8 bewirkt und dann nach dem Erreichen des negativen oberen Grenzwertes 53b zur Zeit t_9 der Schwellenwert-Schalter 22 die Stufe 1a auf Dauerbetrieb und die Stufe 1b zusätzlich in Betrieb setzt. Anschliessend erfolgt wieder eine Ein/Aus-Regelung der Stufe 1b.

Wenn gemäss der Fig. 1 die Anlage noch eine weitere Leistungsstufe in Form eines Dreipunktreglers aufweist, dann ist es zweckmässig, wenn dem Integrator 18 ein den Integrator 18 bereits bei einem Temperatur-Istwert nahe dem

Temperatur-Sollwert auf Null stellender Vergleichler vorge-
schaltet ist. Dazu dient der Vergleichler 17. Genügt die von
den beiden Stufen 1a und 1b erbrachte Wärmeleistung nicht
mehr, dann wird entsprechend den vorstehenden Erläute-
rungen bei einer länger andauernden negativen Temperatur-
differenz der obere negative Grenzwert 53b des Integrals
erreicht. Der Schwellenwert-Schalter 22 spricht an und ver-
anlasst neben der Rücksetzung des Integrators 18 auf Null
eine Weiterschaltung des Stufenschalters 25 um eine Stufe
höher. Dies ist in der Fig. 3 nicht mehr dargestellt. Über die
Schaltlogik 39 bewirkt dies durch Betätigung des Umschal-
ters 15, dass dem Integrator 18 nunmehr der Vergleichler 17
vorgesaltet ist, welcher die Nullsetzung des Integrators 18
innerhalb einer vorgegebenen zulässigen Temperaturdiffe-
renz von $\pm \Delta\vartheta$ aufrecht erhält und den Ausgangswert des
Integrators 18 immer auf Null belässt, wenn sich der Tempe-
ratur-Istwert ϑ_w innerhalb dieser zulässigen Temperaturdiffe-
renz $\pm \Delta\vartheta$ befindet. Gleichzeitig mit dem Umschalter 15
betätigt die Schaltlogik 39 auch den Umschalter 28. Dadurch
wird dem Integrator 18 der als Impulsgeber wirkende Schwel-
lenwert-Schalter 24 nachgeschaltet, der dann zusammen mit
dem Integrator 18 einen auf den Antrieb 7 wirkenden Drei-
punktregler bildet. Ferner gibt die Schaltlogik 39 über ihren
Ausgang 42 den Betrieb des Heizkessels K frei, dessen Tempe-
ratur nunmehr entweder vom Kesselthermostaten 44
direkt oder gleitend von der Aussentemperatur ϑ_A abhängig
geregelt wird. Ausserdem nimmt die Schaltlogik 39 am Aus-
gang 43 ein Signal weg, das bisher den Mischer 6 in seiner
Schliessstellung hielt, das heisst in der Stellung, die keinen
Wärmeträgerfluss durch den Heizkessel K erlaubte.

Vorausgesetzt, dass der Temperatur-Istwert ϑ_w um mehr
als die zulässige Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta_z$ vom Temperatur-
Sollwert ϑ_{vs} abweicht, löst die von Null aus beginnende Inte-
gration am Impulsgeber 24 Impulse aus, die dem Anstieg des
Wertes $|\Delta\vartheta| \cdot dt$ proportional sind und deren Richtung der
Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta$ entsprechen. Vorteilhafterweise lie-
fert der Impulsgeber 24 Impulse von konstanter Dauer, deren
zeitlicher Abstand proportional zum Anstieg des Integrals
ist, so dass mit steiler werdendem Anstieg der Impulsabstand
immer kürzer wird. Wenn es sich beim Antrieb 7 um einen
Stellmotor handelt, dann lösen die Impulse am Antrieb 7
Stellschritte aus, die je nach Regelabweichung in der einen
oder anderen Richtung eine Verstellung des Mischers 6
bewirken. Bei grösserer Regelabweichung treten pro Zeitein-
heit vermehrte Impulse auf als bei einer kleineren, das heisst
es ändert sich die mittlere Verstellgeschwindigkeit des Stell-

gliedes und daraus resultiert eine quasi-stetige I-Regelung.

Das beschriebene Verfahren und die Regeleinrichtung
erlauben es, die unerwünschten grossen Temperatursprünge,
welche beim Ein- oder Ausschalten z.B. einer Wärmepumpe
oder Gastherme entstehen, aufzufangen, ohne dass dabei
durch den Temperaturfühler der Schaltvorgang nach kurzer
Zeit wieder rückgängig gemacht wird. Es wird damit eine
erwünschte Laufzeitverlängerung erreicht. Dies ist besonders
bei Schwachlast und bei der Verwendung von Luft/Wasser-
10 Wärmepumpen von Vorteil, indem unter diesen Bedin-
gungen als Schaltkriterium sowohl bei Minimallast wie bei
Vollast ein konstanter Integralwert (oberer und unterer
Grenzwert 52a bzw. 52b) beibehalten werden kann, während
bekannte Regeleinrichtungen zwecks Anpassung der Wär-
15 mepumpen an die Grenzbedingungen mit einer von der Vor-
lauftemperatur abhängigen Schaltdifferenz betrieben
werden müssen. Die bei bekannten Regeleinrichtungen auf-
tretenden Einstellprobleme fallen dann dahin.

Dank der Integration bringt auch eine länger dauernde
geringe Regelabweichung, die bei einer quasi-stetigen Rege-
lung innerhalb der Neutralzone oder bei einer Ein/Aus-
Regelung innerhalb der Schaltdifferenz liegt, im Gegensatz
zu bekannten Regelungen einen Schaltbefehl. Dies ist vor
allem bei Temperaturen nahe der Heizgrenze beim Wieder-
25 einschalten der Heizung nach einer Periode ohne Heizung
von Vorteil. Letzteres wirkt sich vor allem bei Fussbodenhei-
zungen in Niedertemperatursystemen vorteilhaft aus, die mit
einer geringen Steilheit der Heizkurve und mit bis zur Heiz-
grenze gleitend abnehmender Temperatur betrieben werden
30 können, was insbesondere beim Wärmepumpen-Betrieb im
Gegensatz zu Ölkesseln möglich ist.

Das beschriebene Verhalten ist aber nicht nur für den Wär-
mepumpen-Betrieb von Vorteil, sondern auch für mehrstu-
fige Elektro-Direktheizungen oder für die stufenweise Zu-
35 oder Abschaltung von Heizkesseln in der Art eines Kaska-
denschalters.

Die neue Regeleinrichtung kann für alle üblichen hydrau-
lischen Schaltungen angewandt werden, auch wenn kein Puf-
40 ferspeicher vorhanden ist. Bisherige Anlagen mussten zur
Verringerung der Schalthäufigkeit beim Fehlen eines Spei-
chers vielfach als Rücklauftemperaturregelung betrieben
werden, was bei unterschiedlichen Wassermengen, bedingt
durch die Verwendung von Radiatorventilen, wiederum zu
45 Unstabilitäten der Regelung führte. Bei einer Vorlauftempe-
raturregelung fällt dieses Problem dahin.

Fig. 1

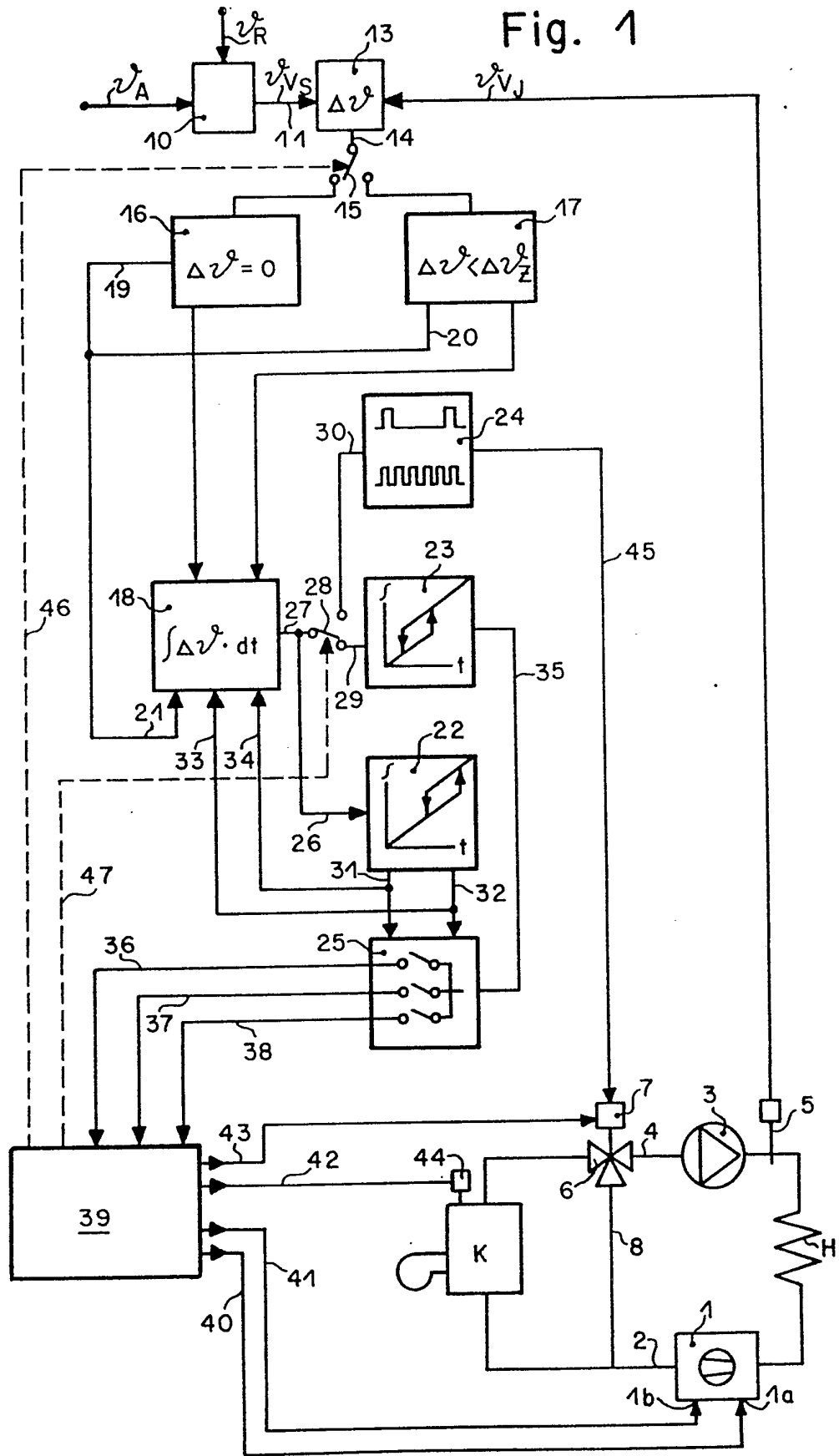


Fig. 2

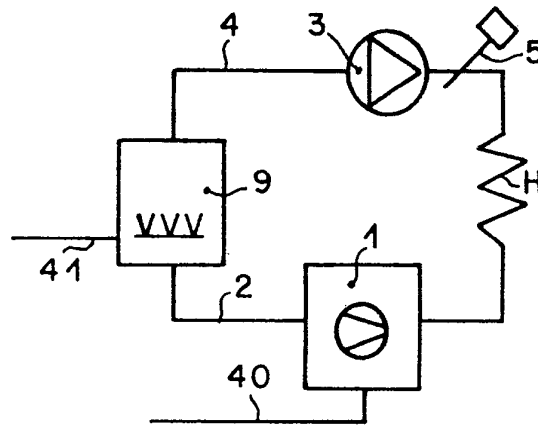


Fig. 3

