



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 664 622 A5

⑤① Int. Cl.⁴: F 24 H 9/20

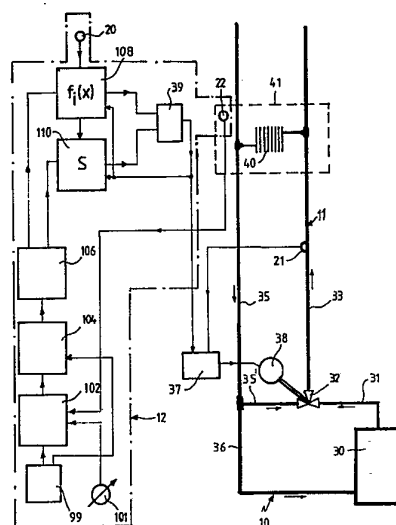
Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer:	6406/83	㉗ Inhaber:	Centra-Bürkle GmbH & Co., Schönaich (DE)
㉔ Anmeldungsdatum:	29.11.1983		
㉓ Priorität(en):	04.01.1983 DE 3300082	㉘ Erfinder:	Harrer, Horst, Gärtringen (DE) Becker, Henning, Balingen (DE)
㉔ Patent erteilt:	15.03.1988		
㉕ Patentschrift veröffentlicht:	15.03.1988	㉙ Vertreter:	R. A. Egli & Co., Patentanwälte, Zürich

⑤④ Verfahren und Einrichtung zum Optimieren der Heizkurve einer Heizungsanlage.

⑤⑦ Beim Verfahren zum vollautomatischen Optimieren der Heizkurve eines Heizkreises (11) wird für die Verknüpfung von Aussentemperatur (20) und Heizungsvorlauftemperatur (21) ein Heizkurvenbüschel mit mindestens zwei Heizkurven $Y_i = S \cdot f_i(x)$ unterschiedlicher Krümmungsfunktionen $f_i(x)$ vorgegeben, deren Sehnen identische Steigungen (S) aufweisen. Zum Optimieren der Heizkurve wird die Raumtemperatur (22) gefühlt und ihre Abweichungen vom Steuer-Sollwert erfasst und in vorbestimmter Weise daraufhin ausgewertet, ob sie tolerierbar sind oder nicht. In letzterem Fall wird entweder eine neue Heizkurve des Heizkurvenbüschels mit anderer Krümmungsfunktion oder eine durch Änderung der Steigung (S) der Sehne des Heizkurvenbüschels hervorgegangene neue Heizkurve eingestellt.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum vollautomatischen Optimieren der Heizkurve eines der Beheizung mindestens eines Raumes eines Gebäudes dienenden Heizkreises einer Heizungsanlage, welche Heizkurve zur Steuerung der Raumtemperatur auf einen vorbestimmbaren Steuer-Sollwert den Zusammenhang zwischen der Aussentemperatur und der Heizungsvorlauftemperatur des Heizkreises vorgibt, dadurch gekennzeichnet, dass für die Verknüpfung von Aussentemperatur (ϑ_a) und Heizungsvorlauftemperatur (ϑ_{HV}) ein Heizkurvenbüschel mit mindestens zwei Heizkurven $Y_i = S \cdot f_i(x)$ vorgegeben wird, wobei

$$Y = \vartheta_{HV} - \vartheta_z; \vartheta_z =$$

Raumtemperatur,

S = Steigung der Sehne durch die beiden Endpunkte des zu erfassenden Bereiches der Aussentemperatur,

f = Krümmungsfunktion,

x = $\vartheta_z - \vartheta_a$, und

i = 1, 2, ... Index der unterschiedlichen Heizkurven eines Heizkurvenbüschels,

dass zum Optimieren der Heizkurve die Raumtemperatur (ϑ_z) gefühlt und ihre Abweichungen vom Steuer-Sollwert erfasst und in vorbestimmter Weise daraufhin ausgewertet werden, ob sie tolerierbar sind oder nicht, und dass in letzterem Fall entweder eine neue Heizkurve des Heizkurvenbüschels mit anderer Krümmungsfunktion oder eine durch Änderung der Steigung S der Sehne des Heizkurvenbüschels hervorgegangene neue Heizkurve eingestellt wird, durch die die von der bisherigen Heizkurve verursachte Abweichung der Raumtemperatur von deren Sollwert verkleinert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Heizkurvenbüschel mit fünf Heizkurven verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizkurven des Heizkurvenbüschels derart ausgewählt werden, dass die Krümmungsfunktion jeder der fünf Heizkurven durch jeweils einen für einen bestimmten Heizkörpertyp charakteristischen Exponentialfaktor m mit ungefähr folgenden Werten bestimmt wird: m = 1,15; 1,25; 1,35; 1,45; 1,55.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einstellen einer jeweils neuen Heizkurve zuerst die Möglichkeit einer Verbesserung der Heizkurve durch Auswahl einer neuen Heizkurve anderer Krümmungsfunktion des Heizkurvenbüschels überprüft wird und bei positivem Ergebnis dieser Überprüfung diese Art der Verbesserung der Heizkurve durchgeführt wird, wogegen dann, wenn die obige Überprüfung negativ verlief, eine neue Heizkurve durch Änderung der Steigung der Sehne bei unverändert bleibender Krümmungsfunktion eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn die Einstellung einer besseren Heizkurve befohlen wird, dann dies in ersten Fällen durch Änderung der Steigung der Sehne und in zweiten Fällen in der Weise erfolgt, dass zuerst die Möglichkeit einer Verbesserung der Heizkurve durch Einstellung einer anderen Krümmungsfunktion überprüft und bei Bejahung diese Art der Verbesserung der Heizkurve durchgeführt und bei Verneinung die Verbesserung durch Änderung der Steigung der Sehne durchgeführt wird, wobei, ob gemäss dem ersten oder dem zweiten Fall jeweils zu verfahren ist, durch einen Zufallsgenerator bestimmt wird, oder zwischen dem ersten und zweiten Fall in vorbestimmter Weise gewechselt, vorzugsweise alternierend gewechselt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Krümmungsfunktionen durch

2

Polynome

$$f_i(x) = \sum_{k=0}^w a_{ik} \cdot x^k$$

5

angenähert werden, wobei k = 0, 1, 2, ... w ist und deren Koeffizienten a_{ik} in Form numerischer Werte gespeichert werden, wobei w eine kleine Zahl, vorzugsweise 5, ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Raumtemperaturabweichung vom Steuer-Sollwert jeweils über einen vorbestimmten, vorzugsweise mindestens eine Stunde betragenden Zeitraum gemittelt wird, und dass dieser Mittelwert für die jeweilige Entscheidung, ob die momentane Heizkurve zur Optimierung geändert wird oder nicht, verwendet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Heizungsanlage mit automatischer Nachtabsenkung der Mittelwert der Raumtemperaturabweichung jeweils über eine, zwischen zwei aufeinanderfolgenden Nachtabsenkungen vorliegende Taganhebung der Raumtemperatur gebildet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Zeitabständen von 24 Stunden eine Überprüfung stattfindet, ob die Heizkurve zur Optimierung geändert werden soll oder nicht.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn das Heizkurvenbüschel mindestens drei Heizkurven aufweist, bei dem Übergang von einer Heizkurve zu einer anderen Heizkurve des Heizkurvenbüschels die jeweils neue Heizkurve dadurch ausgewählt wird, indem die der Entscheidung, die Heizkurve zu ändern, zugrundeliegende Raumtemperaturabweichung Δz zur momentanen Aussemtemperatur je nach Erfordernis hinzuaddiert oder abgezogen wird und dass die diesem neuen Koordinatenwert ($x \pm \Delta z$) bei dem Sollwert oder Istwert der momentanen Heizungsvorlauftemperatur am nächsten liegende Heizkurve des Heizkurvenbüschels als neue Heizkurve ausgewählt und eingestellt wird (Fig. 2 und 4).

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Einstellung einer neuen Heizkurve durch Änderung der bisherigen Steigung S_A der Sehne des Heizkurvenbüschels die Steigung S_B der neuen Sehne nach der Gleichung

$$S_B = S_A \cdot \frac{Y}{Y + \Delta Y}$$

45

berechnet wird.

12. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch Anschlüsse zum Anschluss von Momentanwertgebern (20, 21, 22) für die Aussentemperatur, die Heizungsvorlauftemperatur und die Raumtemperatur, mit Rechenmitteln zum Berechnen der Daten der Heizkurven eines Heizkurvenbüschels mit mindestens zwei Heizkurven unterschiedlicher Krümmungsfunktion, deren durch die beiden Endpunkte des zu erfassenden Bereichs der Aussentemperaturen definierten Sehnen identisch sind, mit Optimierungsmitteln zum Auswählen einer jeweils neuen Heizkurve des Heizkurvenbüschels oder zum Ändern der Steigung der Sehne des Heizkurvenbüschels, wenn die Auswertung der Raumtemperaturabweichung das Erfordernis der Einstellung einer neuen Heizkurve ergeben hat.

13. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Rechenmittel derart ausgebildet sind, dass

in ihnen die Daten von fünf zu einem Heizkurvenbüschel gehörigen Heizkurven digital speicherbar sind.

14. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Rechenmittel derart ausgebildet sind, dass in ihnen Koeffizienten speicherbar sind, welche Polynome definieren, durch die die exakten Heizkurven des ausgewählten Heizkurvenbüschels angenähert sind.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Bei einem bekannten Verfahren zum Optimieren einer Heizkurve (FR-PS 1 461 767) wird die Raumtemperatur auf die Weise geregelt, dass mindestens ein Parameter der Heizkurve in Abhängigkeit von der Regelabweichung zwischen dem Sollwert und dem Istwert der Raumtemperatur selbsttätig so verstellt wird, dass die Regelabweichung verkleinert wird. Die Heizkurve wird hierdurch selbsttätig den Werten des betreffenden Gebäudes und der Heizungsanlage angepasst, und nach einiger Zeit kann die Regelung der Raumtemperatur abgeschaltet und im weiteren nur noch die Heizungsvorlauftemperatur in durch die zuletzt eingestellte Heizkurve bestimmte Abhängigkeit von der Aussentemperatur gesteuert werden. Diese Optimierung der Heizkurve wird gestört, wenn kurzzeitige Störgrössen die Raumtemperatur unkontrolliert beeinflussen, beispielsweise durch zeitweises Öffnen von Fenstern.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum vorzugsweise vollautomatischen Optimieren der Heizkurve eines Heizkreises zu schaffen, welches sich so durchführen lässt, dass es gegen unvorhergesehene kurzzeitige Störgrössen der Raumtemperatur verhältnismässig unempfindlich ist und bei welchem ferner jederzeit zuverlässige Kriterien für die Optimierung der Heizkurve verfügbar sind.

Diese Aufgabe wird durch das in Anspruch 1 angegebene erfindungsgemässe Verfahren gelöst. Eine erfindungsgemässe Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens ist in Anspruch 12 beschrieben.

Das erfindungsgemässe Verfahren lässt sich mittels kostengünstiger Einrichtungen durchführen, da nur eine relativ geringe Anzahl von beispielsweise vier bis sechs unterschiedlich gekrümmten Heizkurven vorgesehen werden müssen, die das Heizkurvenbüschel bilden. Zur Optimierung wird dann nach Erfordernis oder je nach vorgegebenen Kriterien zur Optimierung der Heizkurve von einer Heizkurve zu einer anderen Heizkurve des Heizkurvenbüschels bei unveränderter Steigung der allen Heizkurven gemeinsamen Sehne dieses Heizkurvenbüschels übergegangen oder es wird zum Übergang auf eine neue Heizkurve die Steigung S der Heizkurve $Y_i = S \cdot f_i(x)$ geändert. Die Krümmungsfunktion $f_i(x)$ wird dabei in letzterem Falle nicht geändert.

Indem die Raumtemperatur nicht geregelt, sondern nur durch die Steuerung oder vorzugsweise Regelung der Heizungsvorlauftemperatur gemäss der Heizkurve gesteuert wird, können vor jeder neuen Optimierung der Heizkurve die Abweichungen der Raumtemperatur von ihrem Steuer-Sollwert über längere Zeit gemittelt werden, so dass kurzzeitig auftretende Störgrössen der Raumtemperatur sich in dem Mittelwert der ermittelten Abweichung des Istwertes der Raumtemperatur vom Steuer-Sollwert nur unbedeutend niederschlägt und so hierdurch die Optimierung nicht oder vernachlässigbar beeinflusst wird. Beispielsweise kann in vielen Fällen zweckmässig so vorgegangen werden, dass die Raumtemperaturabweichung sei es unter kontinuierlicher

Messung oder durch Einzelmessungen in Zeitabständen über mindestens eine Stunde gemittelt und der Mittelwert danach daraufhin überprüft wird, ob eine neue Heizkurve erforderlich wird. Bevorzugt kann hierbei vorgesehen sein, dass innerhalb 24 Stunden jeweils nur einmal die mittlere Abweichung der Raumtemperatur vom Steuer-Sollwert ermittelt und entsprechend einmal pro 24 Stunden geprüft wird, ob eine neue Optimierung der Heizkurve vorgenommen werden muss oder nicht. Wird diese Frage bejaht, findet dann eine Neueinstellung der Heizkurve sei es durch Übergang auf eine andere Heizkurve des Heizkurvenbüschels bei unveränderter Steigung der Sehne oder durch Änderung der Steigung S der Sehne des Kurvenbüschels $Y_i = f_i(x)$ statt. Wenn der Heizkreis mit Taganhebung und Nachtabenkung betrieben wird, kann zweckmässig vorgesehen sein, dass die mittlere Abweichung der Raumtemperatur vom Steuer-Sollwert über die Zeitdauer der Taganhebung ermittelt und anschliessend sofort oder innerhalb der nachfolgenden Nachtabenkungszeitdauer eine neue Heizkurve eingestellt wird, wenn die hierfür vorgesehenen Kriterien dies zur Optimierung erforderlich machen.

Eine Heizungsanlage kann einen oder mehrere Heizkreise aufweisen. Ein Heizkreis ist dadurch definiert, dass er der Beheizung eines oder mehrerer oder gegebenenfalls auch vieler Räume des betreffenden Gebäudes oder einer Gebäudezone oder dergleichen dient und dass die Heizungsvorlauftemperatur des in diesen Heizkreis einströmenden Heizmittels (Heizmedium), bei dem es sich im allgemeinen um Wasser handeln kann, zur Steuerung der Raumtemperatur in Abhängigkeit der Aussentemperatur gemäss einer Heizkurve geführt werden kann. Beispielsweise kann die Heizungsvorlauftemperatur des betreffenden Heizkreises mittels eines Mehrweg-Mischventiles, vorzugsweise mittels eines Dreiweg- oder Vierweg-Mischventiles gesteuert werden. Im einfachsten Fall hat eine Heizungsanlage einen einzigen Heizkreis und es kann dabei konstante oder gleitende Kesselvorlauftemperatur vorgesehen sein. Auch wenn die Heizungsanlage mehrere Heizkreise aufweist, kann mit konstanter oder in manchen Fällen auch mit gleitender Kesselvorlauftemperatur gearbeitet werden, wobei jedoch die Heizungsvorlauftemperatur jedes Heizkreises unabhängig von dem oder den anderen Heizkreisen in Abhängigkeit der Aussentemperatur gemäss der zugeordneten Heizkurve geregelt oder gesteuert werden kann.

Unter der Aussentemperatur ist eine für die Witterung massgebende Temperatur zu verstehen, bei der es sich also um die Aussenlufttemperatur allein oder um eine Temperatur handeln kann, die ausser der Aussenlufttemperatur auch noch andere Witterungsgrössen wie Wind, Sonneneinstrahlung oder dergleichen berücksichtigt.

Bei der Raumtemperatur, die bei dem erfindungsgemässen Verfahren gesteuert wird, handelt es sich um die Temperatur eines einzigen Raumes oder um den Mittelwert der Raumtemperaturen mehrerer vorbestimmter beheizter Räume. Im allgemeinen ist es ausreichend, falls der betreffende Heizkreis mehrere oder viele Räume beheizt, nur die Raumtemperatur eines einzigen ausgewählten Raumes für die Optimierung der Heizkurve zu erfassen. Bei der Raumtemperatur dieses Raumes kann es sich dabei um eine Lufttemperatur oder gegebenenfalls auch um einen Mittelwert aus mehreren Temperaturen handeln, beispielsweise um einen gewichteten Mittelwert aus einer Lufttemperatur und einer Wandtemperatur des betreffenden Raumes, der dem Behaglichkeitsempfinden von in dem Raum befindlichen Personen Rechnung trägt.

Indem erfindungsgemäss jeweils die günstigste Heizkurve des gegebenenfalls zum Verändern der Steilheit der Sehne geschwenkten Heizkurvenbüschels ausgewählt wird, ergibt

sich, dass die jeweilige Heizungsvorlauftemperatur für die Steuerung der Raumtemperatur praktisch optimal ist. Störgrößen, welche die Raumtemperatur beeinflussen, wie z.B. das zeitweilige Öffnen von Fenstern, die Anwesenheit einer mehr oder weniger grossen Zahl von Personen im Raum, das Vorhandensein wärmeentwickelnder Maschinen oder dergleichen, werden in ihrer Wirkung auf den Optimierungsvorgang relativ klein gehalten. Einige vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Patentansprüchen beschrieben.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen noch näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine grafische Darstellung von fünf ein Kurvenbüschel bildenden normierten Heizkurven $Y_i(x)$, die unterschiedlich gekrümmt sind, jedoch eine gemeinsame Sehne E aufweisen,

Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung zur Erläuterung der bei dem erfindungsgemässen Verfahren ablaufenden Schritte beim Übergang zu einer neuen Heizkurve anderer Krümmungsfunktion ausgehend von zu hoher Raumtemperatur,

Fig. 3 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung zur Erläuterung der bei dem erfindungsgemässen Verfahren ablaufenden Schritte beim Übergang zu einer neuen Heizkurve geänderter Sehnensteigung, ausgehend von zu hoher Raumtemperatur,

Fig. 4 und 5 den Fig. 2 bzw. 3 entsprechenden Darstellungen zur Erläuterung der beim erfindungsgemässen Verfahren ablaufenden Schritte beim Übergang zu einer neuen Heizkurve, ausgehend von zu niedriger Raumtemperatur,

Fig. 6 ein schematisches Flussdiagramm,

Fig. 7 eine Heizungsanlage mit einer Einrichtung gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Bei dem Verfahren gemäss der Erfindung wird von der bekannten Beziehung zwischen der Heizungsvorlauftemperatur, der Aussentemperatur, der Raumtemperatur und den Nennwerten der drei genannten Größen für den jeweiligen Auslegungsfall der Heizungsanlage sowie von den bekannten, für die Heizkurvenkrümmung verantwortlichen Werten m ausgegangen. Dabei ergibt sich folgende bekannte Beziehung:

$$\vartheta_{HV} = \frac{\vartheta_z - \vartheta_a}{\vartheta_{zn} - \vartheta_{an}} \cdot \frac{\vartheta_{HVn} - \vartheta_{Rn}}{1 - \left(\frac{\vartheta_{HVn} - \vartheta_{zn}}{\vartheta_{Rn} - \vartheta_{zn}} \right) - \left[\left(\frac{\vartheta_z - \vartheta_a}{\vartheta_{zn} - \vartheta_{an}} \right)^{\frac{m-1}{m}} \right]} \quad (1)$$

wobei

- ϑ_z = Raumtemperatur
- ϑ_a = Aussentemperatur
- ϑ_{HV} = Heizungsvorlauftemperatur
- ϑ_R = Rücklauftemperatur
- m = für den Heizkörper charakteristischer Exponentialfaktor
- n = Index für die Nenngrößen der Heizungsanlage im Auslegungsfall

Wenn in der Beziehung gemäss Gleichung (1) folgende Substitutionen durchgeführt werden:

$$\begin{aligned} \vartheta_{HV} - \vartheta_z &= Y \\ \vartheta_{HVn} - \vartheta_{zn} &= Y_n \\ \vartheta_z - \vartheta_a &= x \\ \vartheta_{zn} - \vartheta_{an} &= x_n \end{aligned}$$

dann lässt sich die Gleichung (1) wie folgt schreiben:

$$Y = \frac{x}{x_n} \cdot \frac{\vartheta_{HVn} - \vartheta_{Rn}}{1 - \left(\frac{Y_n}{\vartheta_{Rn} - \vartheta_{zn}} \right) - \left[\left(\frac{x}{x_n} \right)^{\frac{m-1}{m}} \right]} + \vartheta_z \quad (2)$$

In dieser Gleichung (2) ist x die einzige Variable des Nenners, solange gilt: $m = \text{konstant}$, was insofern praktisch stets der Fall ist, als m durch die Art der verwendeten Heizkörper und dergleichen des betreffenden Heizkreises bestimmt wird.

Mit Gleichung (2) lassen sich folglich alle Heizkurven für die jeweilige Auslegung der Heizungsanlage bzw. des betreffenden Heizkreises darstellen. Diese mathematische Beziehung ist jedoch so komplex, dass ihre Realisierung auch bei Einsatz eines Mikroprozessors, insbesondere wegen des relativ hohen Bedarfs an Speicherplätzen und Rechenzeit zu aufwendig würde.

Gemäss der Erfindung werden eine Mehrzahl von Heizkurven nach Gleichung (2) für vorbestimmte Werte x_n , ϑ_{HVn} , ϑ_{Rn} , ϑ_{zn} , m durch folgende Beziehung dargestellt:

$$Y_i = S \cdot f_i(x) \quad (3)$$

wobei f_i so bestimmt wird, dass die Gleichung (2) im vorliegenden Aussentemperaturbereich jeweils mit guter Näherung erfüllt wird, was am einfachsten durch Annäherung mittels Polynomen erfolgen kann. Der Index i ($i = 1, 2, \dots$) definiert die unterschiedlichen Heizkurven des Heizkurvenbüschels und S ist die Steigung $\tan \alpha$ der Sehne E der Heizkurven, während die Funktion $f_i(x)$ die Krümmungsfunktion der normierten Heizkurve darstellt. Unter einer normierten Heizkurve ist eine Heizkurve zu verstehen, die vom Nullpunkt eines Koordinatensystems ausgeht, dessen Nullpunkt so gewählt ist, dass dort die Heizungsvorlauftemperatur gleich der Raumtemperatur ist.

Gemäss der Erfindung werden eine Anzahl Heizkurven Y_i unterschiedlicher Krümmungsfunktionen $f_i(x)$ vorgegeben, wobei die durch diese Funktionen $f_i(x)$ bestimmten Krümmungen so gewählt sind, dass sie über den in der Praxis vorkommenden Wertebereich m der Gleichung (2) gleichmässig verteilt sind. Wie erwähnt, ist m abhängig von den Heizkörpern und die in der Praxis üblichen Heizkörper liegen im wesentlichen in dem Wertebereich von $m = 1,1$ bis $1,6$. Man kann nun vorsehen, die Funktionen $f_i(x)$ so auszuwählen, dass sie nur einen Teilbereich dieses Wertebereiches erfassen, beispielsweise für eine Einrichtung den Wertebereich von $1,1$ bis $1,35$ und für eine andere Einrichtung den Wertebereich $1,35$ bis $1,6$. In diesem Fall können dann beispielsweise zwei oder drei unterschiedliche Funktionen $f_i(x)$ für das Heizkurvenbüschel ausreichen. Günstiger ist es jedoch, eine solche Anzahl von Funktionen $f_i(x)$ in der Einrichtung zu speichern, dass sie den genannten Wertebereich von $m = 1,1$ bis $m = 1,6$ – oder gegebenenfalls einen noch grösseren Wertebereich – als Büschel erfasst. Dies kann gemäss einer bevorzugten Ausführungsform auf die Weise erfolgen, dass insgesamt fünf Funktionen $f_i(x)$ unterschiedlicher Krümmungen ausgewählt werden, die ungefähr den Werten $m = 1,15$; $1,25$; $1,35$; $1,45$ und $1,55$ zugeordnet sind. Dies ist an einem Beispiel in Fig. 1 dargestellt. Die Fig. 2 bis 4 gehen von Heizkurven der Fig. 1 aus.

In Fig. 1 ist ein Heizkurvenbüschel mit fünf Heizkurven Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 und Y_5 dargestellt, wobei $Y_i = S \cdot f_i(x)$ ist. Diese Heizkurven Y_i weisen eine einzige gemeinsame Sehne E auf, deren Steigung $S = \tan \alpha$ ist. Dieses Heizkurvenbüschel Y_i ist

so normiert, dass sein Nullpunkt in den Nullpunkt des rechtwinkligen Koordinatensystems Y, x fällt. x bedeutet die vom Nullpunkt aus abwärts verlaufende Aussentemperatur und Y die vom Nullpunkt aus aufwärts verlaufende Heizungs-vorlauftemperatur. Der Nullpunkt entspricht dem jeweiligen Steuer-Sollwert der Raumtemperatur, der mittels Regelung oder Steuerung der Heizungs-vorlauftemperatur gemäss der jeweiligen Heizkurve gesteuert wird. Wenn also der Steuer-Sollwert der Raumtemperatur beispielsweise $+20^\circ\text{C}$ beträgt, dann entspricht der Nullpunkt des Koordinatensystems für beide Koordinatenachsen 20°C , da im Nullpunkt die Heizungs-vorlauftemperatur gleich der Raumtemperatur und diese hier gleich der Aussentemperatur ist. Die Koordinaten Y_n und x_n der Sehne E und damit der obere Endpunkt des Heizkurvenbüschels entspricht den Nenngrößen der Heizungsanlage, wobei jedoch Y_n durch Verstellung der Steilheit S zur Heizkurvenoptimierung selbsttätig durch die erfindungsgemässe Einrichtung verstellt werden kann. Wenn beispielsweise die Heizungsanlage auf eine minimale Aussentemperatur von -15°C ausgelegt ist, dann entspricht x_n dieser Aussentemperatur von -15°C . Ist die Heizungsanlage auf eine max. Heizungs-vorlauftemperatur von 90°C ausgelegt, dann entspricht Y_n dieser Heizungs-vorlauftemperatur von 90°C . Die Krümmungsfunktionen $f_i(x)$ berücksichtigen ferner gemäss Gleichung (2) die Temperaturspreizung $\vartheta_{HVn}-\vartheta_{Rn}$, auf die die jeweilige Heizungsanlage ausgelegt ist. Bei einer Heizungsanlage, die auf 90°C maximale Heizungs-vorlauftemperatur ausgelegt ist, beträgt die Temperaturspreizung meistens 20 K , d.h. dass dann die maximale Heizungs-rücklauftemperatur 70°C beträgt. Sofern die Heizungsanlage für eine andere Temperaturspreizung ausgelegt ist, dann muss dies bei den Funktionen $f_i(x)$ berücksichtigt werden.

Zur Heizkurvenoptimierung kann zwischen den fünf Funktionen $f_i(x)$ gewechselt werden und ferner kann die Steigung S der Sehne E des Heizkurvenbüschels stetig oder in kleinen Schritten verstellt werden.

Wie bereits oben angedeutet, ist es besonders zweckmässig, wenn die Funktionen $f_i(x)$ nicht als stetige Funktionen im Rechner behandelt werden, sondern durch den exakten stetigen Funktionen in ausreichender Näherung angepasste Polynome, für die gilt:

$$f_i(x) = \sum_{k=0}^w a_{ik} \cdot x^k \quad (4)$$

Durch die Nachbildung der Krümmungsfunktionen f_i durch solche Polynome wird die mathematische Behandlung dieser Gleichungen in der Optimierungseinrichtung wesentlich vereinfacht, u.a. deshalb, weil nur noch eine verhältnismässig beschränkte Anzahl von unterschiedlichen Koeffizienten a_{ik} gespeichert werden müssen. Es hat sich dabei als besonders günstig erwiesen, wenn die Gleichung (4) mit $w = 5$ verwendet wird, d.h. insgesamt sechs unterschiedliche Koeffizienten a_k pro Einzelfunktion $f_i(x)$ verwendet werden, nämlich a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 und a_5 . Diese Koeffizienten werden für die betreffende Funktion so berechnet, dass die Gleichung eine möglichst gute Annäherung an die für die betreffenden Werte der Gleichung (2) sich ergebende stetige Heizkurve darstellt. Es lässt sich zeigen, dass dann, wenn man fünf unterschiedliche Heizkurvenkrümmungen, d.h. $i = 5$ und $w = 6$ vorsieht, dann der maximale Betrag des Fehlers in der Steuerung der Raumtemperatur auf den gewünschten Sollwert kleiner als $0,5\text{ K}$ wird, was bei den in der Praxis auftretenden Bedingungen voll ausreichend ist. Mit noch höheren Werten für i und gegebenenfalls w lässt sich dieser Fehler natürlich noch weiter verringern.

Unter Berücksichtigung der vorstehend angenommenen

Vereinfachungen, die im Hinblick auf die in der Praxis gewünschte Einhaltung der Raumtemperatur auch in schwierigen Fällen normalerweise völlig ausreichend sind, lassen Heizkurvendaten also beispielsweise in Form von fünf Polynomen mit jeweils sechs Koeffizienten a_k bequem speichern. Ein derart geringer Speicherplatzbedarf kann bei der heutigen Halbleitertechnologie ohne weiteres auf einer integrierten Schaltung zur Verfügung gestellt werden.

Nachdem vorstehend die Grundlagen der Datenaufbereitung für bei dem erfindungsgemässen Verfahren einsetzbare Heizkurven ausführlich dargelegt wurden, wird nachfolgend noch näher an Ausführungsbeispielen darauf eingegangen, wie man mit Hilfe geeigneter Suchalgorithmen jeweils die günstigste Heizkurve ermitteln kann, um diese jeweils günstigste Heizkurve möglichst durch nur einen Einstellschritt bereits zu erreichen.

Hierzu wird auf die Fig. 2 bis 5 der Zeichnung verwiesen, in denen jeweils x - Y Diagramme für ein Heizkurvenbüschel der Fig. 1 dargestellt sind. Es sei dabei angenommen, dass zum betrachteten Zeitpunkt jeweils die mit A bezeichnete Heizkurve als Ausgangskurve eingestellt sei und es hätte sich das Kriterium ergeben, auf eine günstigere Heizkurve überzugehen. Dies ist dann der Fall, wenn die Differenz Δz zwischen Steuer-Sollwert und Istwert der Raumtemperatur einen vorbestimmten positiven oder negativen Schwellwert überschreitet. Es kann dabei zwar vorgesehen sein, dass sofort nach jedesmaligem Überschreiten des Schwellwertes auf eine neue, die Raumtemperaturabweichung verringernde Heizkurve übergegangen wird, doch ist bevorzugt vorgesehen, dass die Raumtemperaturabweichung zum Ausschalten von kurzzeitigen zufälligen Überschreitungen des Schwellwertes die Raumtemperatur erst nach längerzeitiger, z.B. mindestens eine Stunde betragender Überwachung daraufhin ausgewertet wird, ob tatsächlich der Übergang auf eine andere Heizkurve sinnvoll ist. Auf vorteilhafte Möglichkeiten hierfür wird weiter unten noch eingegangen.

In dem Diagramm nach Fig. 2 sei angenommen, dass sich in dem Raum, dessen Raumtemperatur auf den Sollwert ϑ_{zn} gesteuert wird, eine Übertemperatur Δz über einen längeren Zeitraum ergeben hat, beispielsweise über mindestens eine Stunde hinweg, die anzeigt, dass die momentane Heizkurve A falsch gewählt ist und deshalb Übergang auf eine andere, die Raumtemperatur genauer steuernde Heizkurve erwünscht ist. Die momentane Aussentemperatur betrage x_0 und es ergibt sich dann aus der eingestellten Heizkurve A , dass momentan die Heizungs-vorlauftemperatur auf den Wert Y_0 geregelt wird. Dieser Wert Y_0 führte also dazu, dass der Steuer-Sollwert der Raumtemperatur bleibend um den Betrag Δz überschritten würde, die Raumtemperatur also $\vartheta_{zn} + \Delta z$ beträgt. Es wird deshalb unter den gespeicherten Heizkurven eine andere Heizkurve gesucht, die den Sollwert der Raumtemperatur möglichst gut erreichen lässt, also dass bei der Aussentemperatur x_0 die Heizungs-vorlauftemperatur gemäss der neuen Heizkurve auf einen solchen Wert geregelt wird, dass die Raumtemperatur ungefähr den Wert ϑ_{zn} annimmt. Der Suchalgorithmus kann nunmehr, wie in Fig. 2 dargestellt, so arbeiten, dass zuerst in diesem Diagramm bei unveränderter Steigung S des Heizkurvenbüschels Y_i geprüft wird, ob es eine Heizkurve enthält, die bei der vorliegenden Aussentemperatur x_0 durch Verringerung der Heizungs-vorlauftemperatur die Raumtemperatur so weit absenkt, dass der Sollwert ϑ_{zn} mit einer vorbestimmten Genauigkeit von beispielsweise $\pm 0,5\text{ K}$ eingehalten wird. Dies kann mit guter Näherung zum Beispiel so erfolgen, dass für den Koordinatenpunkt $Y_0; x_0 + \Delta z$ geprüft wird, ob er innerhalb der Heizkurvenschar Y_i liegt oder nicht. Falls ja, wird ermittelt, welche Heizkurve Y_i diesem Koordinatenpunkt am nächsten liegt und es wird dann auf diese neue Heizkurve (Heizkurve

B in Fig. 2) umgeschaltet, so dass nunmehr gemäss ihr die Heizungsvorlauftemperatur in Abhängigkeit der Aussentemperatur geregelt wird. Diese Heizkurve bleibt dann so lange eingestellt, bis sich wieder eine signifikante Abweichung Δz ergeben hat, die den Übergang zu einer anderen Heizkurve erforderlich macht. Dies wird jedoch allenfalls nur bei erheblich geänderten Aussentemperaturen auftreten.

Wenn die Übertemperatur Δz auf die beschriebene Weise nicht korrigiert werden kann, dann wird anstelle des Aufsuchens einer neuen Krümmungsfunktion $f_i(x)$ die Steigung S der Heizkurve A unter Beibehalt der Heizkurvenkrümmungsfunktion $f_i(x)$ geändert und hierdurch, wie in Fig. 3 dargestellt, als neue Heizkurve die Heizkurve B erhalten. Die vorzunehmende Änderung von S kann auf irgendetwelche Weise vorgegeben werden, beispielsweise eine konstante Änderung von S programmiert sein, oder was besser ist, die Änderung von S kann rechnerisch so ermittelt werden, dass die neue Heizkurve bereits den Steuer-Sollwert der Raumtemperatur möglichst genau bei der vorliegenden Aussentemperatur x_0 steuert. Dies kann vorzugsweise wie folgt erreicht werden: Ausgehend von den Momentanwerten x_0 , Y_0 wird der Abszissenwert $x_0 + \Delta Y$ ermittelt und dann der ihm zugehörige Wert $Y_1 = Y_0 + \Delta Y$ auf der Ausgangsheizkurve A ermittelt. Dann ergibt sich als Steilheit S_B der Sehne E_B der neu einzustellenden Heizkurve B in guter Näherung gemäss dem Strahlensatz:

$$S_B = S_A \cdot \frac{Y_0}{Y_0 + \Delta Y}; \text{ wo } S_B = \tan \alpha_B \text{ und } S_A = \tan \alpha_A$$

und S_A die Steilheit der Sehne der Ausgangsheizkurve A ist. Obwohl die Krümmungsfunktion $f_i(x)$ dabei nicht geändert wurde, ist die neue Heizkurve B wegen der verringerten Steigung S_B schwächer gekrümmt als die Heizkurve A. Der Nennwert Y_n der Heizungsvorlauftemperatur hat sich von Y_{nA} auf Y_{nB} verringert, was jedoch bei der Krümmungsfunktion $f_i(x)$ nicht berücksichtigt werden muss, da vernachlässigbar. Es stellt sich dann bei dieser Aussentemperatur x_0 durch die Regelung der Heizungsvorlauftemperatur auf den durch die neue Heizkurve B bestimmten Wert eine Raumtemperatur ein, die dem Steuer-Sollwert der Raumtemperatur entspricht oder sehr nahe an ihm liegt.

Nach der vorstehend erläuterten Korrektur der Steilheit S kann u. U. eine weitere Annäherung durch Übergang auf eine andere Krümmungsfunktion wünschenswert sein. Eine entsprechende Korrektur könnte dann wieder in der Weise erfolgen, wie dies anhand der Fig. 2 erläutert wurde. Insgesamt ist jedoch gewährleistet, dass ein grösserer Fehler in der Raumtemperatur nach Durchführung eines der vorstehend beschriebenen Näherungsschritte allenfalls erst dann wieder auftreten kann, wenn sich die Witterungsbedingungen stärker verändert haben und die eingestellte Krümmungsfunktion und Steilheit der Heizkurve noch nicht ausreichend genau genug waren.

Wenn sich anstelle einer Übertemperatur der Raumtemperatur eine Untertemperatur ergibt, dann erfolgt der Übergang von der jeweiligen Ausgangsheizkurve A zu der neuen Heizkurve B in entsprechender Weise gemäss Fig. 4 und 5 der Zeichnung, die im Hinblick auf die obigen Erläuterungen keiner weiteren Erläuterungen bedürfen. Für Fig. 5 gilt $S_B = S_A \cdot Y_0 / (Y_0 - \Delta Y)$, da hier ΔY negativ ist. Auf die beschriebene Weise lässt sich in relativ kurzer Zeit die Heizkurve optimieren. Diese Zeitdauer kann bspw. einige Tage oder einige Wochen betragen. Je stärker die Aussentemperaturen schwanken, um so rascher wird die optimale Heizkurve eingestellt. Nach erfolgter Einstellung der optimalen Heizkurve kann gegebenenfalls die Optimierung abgeschaltet werden, oder die Optimierungseinrichtung ganz abgenommen

werden. Jedoch ist es zweckmässiger, die Optimierungseinrichtung ständig wirksam sein zu lassen, so dass auch etwaige bauliche Änderungen an dem Heizkreis oder in dem betreffenden beheizten Raum eine erneute Optimierung auslösen oder auch Nachoptimierungen aus anderen Gründen stets stattfinden können.

Der vorstehend erläuterte Suchalgorithmus, welcher bei dem erfindungsgemässen Verfahren vorzugsweise angewandt werden kann, lässt sich sehr übersichtlich als ein Flussdiagramm darstellen, wie dies Fig. 6 zeigt. Die Blöcke in Fig. 6 haben folgende Bedeutung:

Block 100 = Start.

Block 102 = Ermittle mittleren Fehler Δz der Raumtemperatur über einen vorbestimmten, zyklisch wiederholten Zeitraum, z.B. über jeweils 24 h oder über die tägliche Belegzeit des betreffenden Raumes von bspw. 8 h/Tag.

Block 104 = Überschreitet Δz den zulässigen Schwankungsbereich und den Sollwert der Raumtemperatur nach oben oder unten?

Block 106 = Lässt sich der Raumtemperaturfehler durch Übergang auf eine andere Krümmungsfunktion $f_i(x)$ bei unverändertem S korrigieren?

Block 108 = Ermittle die neu einzustellende Heizkurvenfunktion $f_i(x)$, durch die der Raumtemperaturfehler am stärksten verkleinert wird und stelle diese neue Heizkurvenfunktion ein.

Block 110 = Ermittle diejenige Steigung der Sehne E des Heizkurvenbüschels, bei welcher bei unveränderter Krümmungsfunktion $f_i(x)$ der Raumtemperaturfehler am stärksten verkleinert oder vollständig beseitigt wird und stelle diese neue Steigung S ein.

Ferner bedeuten in Fig. 6

J = JA

N = NEIN

Wie das Flussdiagramm gemäss Fig. 6 zeigt, wird also nach dem Start – Block 100 – des Suchalgorithmus eine mittlere Abweichung Δz der Raumtemperatur, bspw. aufgrund einer Änderung der Aussentemperatur gemäss Block 102 ermittelt. Der ermittelte Wert Δz der Temperaturabweichung wird dann gemäss dem Entscheidungsblock 104 darauf überprüft, ob er eine vorgegebene Fehlergrenze überschreitet. Wenn dies der Fall ist (JA), dann erfolgt gemäss dem Entscheidungsblock 106 eine Überprüfung, ob eine Korrektur der Temperaturabweichung Δz mit einer Heizkurve mit einer anderen Funktion $f_i(x)$ korrigiert werden kann. Wenn die Temperaturabweichung Δz die Fehlergrenze nicht übersteigt, dann wird vom NEIN-Ausgang des Blockes 104 zum Eingang des Blockes 102 zurückgekehrt oder mit dieser Rückkehr ggfs. bis zum zeitprogrammierten Beginn des nächsten Zyklus zugewartet. Wenn gemäss Block 106 festgestellt wird, dass eine Korrektur von Δz bei Verwendung einer neuen Funktion f_i , d.h. bei Arbeiten mit einer Heizkurve anderer Krümmung möglich ist (JA), dann wird gemäss Block 108 die neue Heizkurvenkrümmungsfunktion bestimmt. Andernfalls wird über den NEIN-Ausgang des Blockes 106 gemäss Block 110 eine neue Heizkurve mit der alten Funktion $f_i(x)$, jedoch mit einer neuen Steilheit S ermittelt. Vom Ausgang der Blöcke 108, 110 erfolgt dann die Rückkehr zum Eingang des Blockes 102.

Vorstehend wurde erläutert, wie bei einer gegebenen mittleren Temperaturabweichung Δz der Raumtemperatur der Übergang von einer Ausgangsheizkurve zu einer neuen Heizkurve unter Anwendung des erfindungsgemässen Suchalgorithmus durchgeführt werden kann. Dabei wurde deutlich, dass ein relativ einfaches «Programm» gemäss dem in Fig. 6 gezeigten Flussdiagramm durchlaufen werden muss,

wobei die erforderlichen Heizkurvendaten aus entsprechenden Speichern abgerufen werden können.

An dieser Stelle sei nun darauf hingewiesen, dass die Ermittlung der Abweichung Δz der Raumtemperatur sowohl manuell wie automatisch erfolgen kann. Dabei wird im ersten Fall aufgrund von Messungen die Temperaturabweichung Δz festgestellt und die ermittelte Abweichung Δz wird von Hand über eine geeignete Tastatur in das Gerät eingegeben (halbautomatischer Betrieb). Im zweiten Fall wird die Raumtemperatur mit Hilfe eines Raumtemperaturfühlers überwacht und die jeweilige Temperaturabweichung Δz wird automatisch ermittelt.

Bei dem erfindungsgemässen Verfahren wird die Temperaturabweichung vorzugsweise im automatischen Betrieb nach einem statistischen Verfahren ermöglicht, welches dafür sorgt, dass Störgrössen, wie Sonneneinstrahlung, Lüften usw., nicht zu ständigen Änderungen der ausgewählten Heizkurve führen.

Bevorzugt kann zur Ermittlung eines über einen vorbestimmten längeren Zeitraum durch Mittelwertbildung gebildeten Wertes $\overline{\Delta z}$, wie er nach Ende dieses vorzugsweise mindestens eine Stunde betragenden Zeitraumes dem Block 104 eingegeben wird, die Raumtemperatur ϑ_z in j zeitlich diskreten Schritten, z.B. in Abständen von 1 Min. abgetastet werden, wobei jeweils die momentane Abweichung berechnet wird. Aus diesen Einzelwerten der Temperaturabweichung kann dann die mittlere Raumtemperaturabweichung Δz gemäss folgender Gleichung berechnet werden:

$$\Delta z = \overline{\Delta z_j} = \frac{\Delta z_{j-1} \cdot (M-1) + \Delta z_j}{M} \quad (5)$$

wobei gilt:

$$\begin{aligned} \Delta z_0 &= 0 \\ M &= j \text{ für } j \leq j_{\text{Grenz}} \\ M &= j_{\text{Grenz}} \text{ für } j > j_{\text{Grenz}} \end{aligned}$$

wobei j_{Grenz} = vorgegebene Höchstzahl der Abtastschritte pro Zeitraum für die Bildung einer Abweichung $\overline{\Delta z_j}$ ist. j_{Grenz} kann bspw. 2000 betragen.

Ausserdem erfolgt die Berechnung der Temperaturabweichung Δz in Form eines Mittelwertes aus den bei mehreren oder vielen Messschritten erhaltenen Einzelabweichungen, vorzugsweise nur während der Zeit, in der der betreffende Raum normalerweise belegt ist bzw. in der die Heizungsanlage im Normalbetrieb arbeitet und nicht im Nachtbetrieb oder im Wochenendbetrieb bei abgesenkter Temperatur.

Vorzugsweise erfolgt eine Änderung der Heizkurve in Abhängigkeit von der ermittelten Temperaturabweichung Δz erst am Ende eines sogenannten Belegungsintervalles, in dem der betreffende Heizkreis im Normalbetrieb arbeitet. Die Neueinstellung kann dann also bspw. während der Phase der nächtlichen Temperaturabsenkung durchgeführt werden.

Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass eine Neueinstellung der Heizkurve bereits während der Belegungszeit durchgeführt wird, bspw. dann, wenn aus irgendwelchen Gründen eine übermässige Temperaturabweichung Δz festgestellt wird, die einen in diesem Zusammenhang vorgegebenen Grenzwert übersteigt.

Ausserdem kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass nach der Durchführung einer Neueinstellung der Heizkurve bis zum Beginn der nächsten Neueinstellung eine Mindestzeit von bspw. 2 h eingehalten wird, damit sich die Raumtemperatur entsprechend der neu eingestellten Heizkurve stabilisieren kann.

Weiterhin kann für den Fall, dass die Heizanlage ständig

im Normalbetrieb arbeitet, die mittlere Temperaturabweichung Δz über 24 Stunden hinweg ermittelt und bspw. jeweils um 24 Uhr eine Überprüfung durchgeführt werden, ob die Heizkurve neu einzustellen ist.

In Fig. 7 ist eine Heizungsanlage eines Gebäudes, einer Gebäudezone oder dergl. ausschnittsweise dargestellt und mit 10 bezeichnet, deren Heizkreis 11 eine mit 12 bezeichnete, in Blockbilddarstellung schematisch dargestellte Optimierungseinrichtung gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung zugeordnet ist. Die Heizungsanlage 10 weist einen Kessel 30, eine Kesselvorlaufleitung 31, ein Dreiweg-Mischventil 32, eine Heizungsvorlaufleitung 33, eine Heizungsrücklaufleitung 35 und eine Kesselrücklaufleitung 36 auf. Eine Abzweigung 35' der Heizungsrücklaufleitung führt zu dem einen Eingang des Ventils 32. Die Kesselvorlauftemperatur kann auf konstanten Wert geregelt werden. Das Mischventil 32 steuert die Heizungsvorlauftemperatur, in dem es mittels eines von einem Heizungsvorlauftemperatur-Regler 37 angesteuerten Stellmotor 38 verstellt wird. Diese Heizungsvorlauftemperatur wird mittels eines Temperaturfühlers 21 gefühlt und als Istwert dem Regler 37 eingegeben, dessen Heizungsvorlauftemperatur-Sollwert von einem Multiplizierglied 39 geliefert wird, das die von zwei Rechnern 108 und 110, die den Blöcken 108 und 110 in Fig. 6 entsprechen, gelieferten Werte $f_i(x)$ und S multipliziert, so dass $Y_i = S \cdot f_i(x)$ ist und Y_i ergibt für die momentane Aussentemperatur x_0 den Sollwert für die Heizungsvorlauftemperatur. Der Momentanwert x_0 der Aussentemperatur wird von einem Aussentemperaturfühler 20 in den Rechner 108 eingegeben. Dieser Rechner 108 weist Speichermittel zum Speichern der unterschiedlichen Krümmungsfunktionen $f_i(x)$ auf, die vorzugsweise in Form von Polynomen gemäss Gleichung (4) gespeichert sein können. Für jede einzelne dieser Krümmungsfunktionen $f_i(x)$ ist ein gesonderter Speicherabschnitt vorhanden. Je nachdem, welcher Speicherabschnitt für die Bildung der momentanen Heizkurve benutzt wird, d.h. je nachdem, welche der Funktionen $f_i(x)$ eingestellt ist, berechnet der Rechner 108 den Momentanwert der betreffenden Funktion $f_i(x)$ aus den betreffenden gespeicherten Kurvendaten und der momentanen Aussentemperatur x_0 . Der Rechner 110 dient der Vorgabe der Steilheit S der Sehne des betreffenden Heizkurvenbüschels. Für die weiter oben anhand der Fig. 2 bis 5 erläuterten Rechenoperationen wird den Rechnern 108, 110 auch der Momentanwert Y_i und dem Rechner 110 die eingestellte Funktion $f_i(x)$ eingegeben.

Der Heizkreis 11 weist Wärmetauscher 40 auf, von denen nur einer dargestellt ist, der einen Gebäuderaum 41 beheizt, dessen Raumtemperatur mittels eines Temperaturfühlers 22 gefühlt wird. Diese Raumtemperatur wird einem dem Block 102 der Fig. 6 entsprechenden Rechner 102 als Istwert der Raumtemperatur eingegeben, dem auch der Steuer-Sollwert der Raumtemperatur mittels des Sollwert-Stellers 101 eingegeben wird. In diesem Rechner 102 wird jeweils der mittlere Fehler Δz der Raumtemperatur über einen vorbestimmten, mittels einer Zeitschaltuhr 99 zyklisch wiederholten Zeitraum, z.B. über jeweils 24 Stunden oder über die tägliche Belegungszeit des Raumes 41 von beispielsweise acht Stunden/Tag berechnet. Die Abtastung des Istwertes der Raumtemperatur kann dabei beispielsweise in Zeitabständen von 1 min. erfolgen. Aus den während des betreffenden Abtastzeitraumes ermittelten Raumtemperaturabweichungen wird fortlaufend der Mittelwert der Raumtemperaturabweichung Δz beispielsweise gem. Gleichung (5) berechnet. Der im Block 102 berechnete Mittelwert Δz wird jedoch gesteuert durch die Zeitschaltuhr 99 erst am Ende des programmierten Abtastzeitraumes aus dem Rechner 102 abgefragt und unter Rückstellung des Rechners 102 auf Null dann darauf in den Block 104 eingelesen und in ihm über-

prüft, ob dieser Mittelwert $\bar{\Delta z}$ den zulässigen Schwankungsbereich um den Sollwert der Raumtemperatur nach oben oder unten überschreitet. Falls die Antwort NEIN ist, bleibt die Heizkurve ungeändert und die Zeitschaltuhr sperrt weitere Arbeit der Optimierungseinrichtung 12 bis zum Beginn des nächsten programmierten Berechnungszyklus der mittleren Raumtemperaturabweichung $\bar{\Delta z}$. War dagegen die vom Block 104 gestellte Frage mit JA beantwortet worden, dann wird Δz in den Block 106 eingelesen und in ihm darauf überprüft, ob sich der Raumtemperaturfehler durch Übergang auf eine andere Krümmungsfunktion $f_i(x)$ bei unverändertem S korrigieren lässt oder nicht. Falls die Antwort JA ist, wird Δz in den Block 108 eingelesen, der dann, wie anhand der Fig. 2 und 4 erläutert, eine neue Krümmungsfunktion $f_i(x)$ sucht und einstellt, durch die die Heizkurve optimiert wird. War dagegen die Antwort NEIN, dann wird Δz in den Rechner 110 eingelesen und durch ihn diejenige Steigung S der Sehne E (Fig. 3, 5) des Heizkurvenbüschels berechnet, bei der bei der unverändert bleibenden, im Rechner 108 momentan eingestellten Krümmungsfunktion der Raumtemperaturfehler am stärksten verkleinert oder vollständig beseitigt wird und er stellt diese neue Steigung S ein. Findet eine Änderung der Heizkurve bei dieser Optimierung statt, dann wird die neue Heizkurve für die Berechnung des Sollwertes der Heizungsvorlauftemperatur solange verwendet, bis bei einem späteren Optimierungsvorgang eine neue Heizkurve eingestellt wird.

Wie bereits erwähnt, werden die Funktionen $f_i(x)$ für die Auslegungsnennwerte der Heizungsanlage 10 und den vorgeesehenen Raumtemperatur-Steuer-Sollwert gemäss Gleichung (3) so berechnet, dass sie für die vorbestimmten Werte von m die Gleichung (2) möglichst gut annähern. Diese Krümmungsfunktionen $f_i(x)$ können vorzugsweise gemäss Gleichung (4) als Polynome im Speicher des Rechners 108 gespeichert werden. Diese im Speicher des Rechners 108 gespeicherten Krümmungsfunktionen $f_i(x)$ werden im Betrieb der Anlage nicht geändert, wenn durch den Rechner die Steigung S zur Heizkurvenoptimierung geändert wird. Hierdurch wird der Rechner 108 erheblich vereinfacht.

Es sei nachfolgend noch ein Zahlenbeispiel gebracht: Die Heizungsanlage 10 der Fig. 7 sei für folgende Nennwerte ausgelegt:

$\vartheta_{HVn} = 90^\circ\text{C}$
 $\vartheta_{Rn} = 70^\circ\text{C}$
 minimale Aussentemperatur = -15°C

Ferner sei der Raumtemperatur-Steuer-Sollwert ϑ_{zn} auf 20°C festgesetzt. Es sollen die Polynome $f_i(x)$ gemäss Gleichung (4) für fünf unterschiedliche Werte $m = 1,15; 1,25; 1,35; 1,45; 1,55$ und pro Polynom sechs Koeffizienten a_k vorgesehen werden. Es gelten dann folgende Koeffizienten a_k für diese fünf Funktionen $f_i(x)$, die nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet wurden:

a_0	0,39172	} f_2 für $m = 1,25$
a_1	3,20900	
a_2	-0,12088	
a_3	5,73388 E-03	
a_4	-1,39548 E-04	
a_5	1,31358 E-06	
a_0	0,17921	} f_1 für $m = 1,15$
a_1	2,75081	
a_2	-7,46030 E-02	
a_3	3,60288 E-03	
a_4	-9,01164 E-05	
a_5	8,70824 E-07	

a_0	0,61486	} f_3 für $m = 1,35$
a_1	3,68348	
a_2	-0,17494	
a_3	8,50451 E-03	
a_4	-2,09089 E-04	
a_5	1,97954 E-06	

a_0	0,86629	} f_4 für $m = 1,45$
a_1	4,14357	
a_2	-0,23005	
a_3	1,14102 E-02	
a_4	-2,82922 E-04	
a_5	2,69163 E-06	

a_0	1,14009	} f_5 für $m = 1,55$
a_1	4,58633	
a_2	-0,28529	
a_3	1,43879 E-02	
a_4	-3,59340 E-04	
a_5	3,43295 E-06	

Der Hinweis E-ON bedeutet, dass der betreffende Koeffizient mit 10^{-N} zu multiplizieren ist.

Vorstehend war beschrieben worden, dass immer dann, wenn sich die Notwendigkeit einer Neueinstellung der Heizkurve zu ihrer Optimierung erwiesen hat, dann zuerst überprüft wird, ob die Verbesserung der Heizkurve durch Einstellung einer anderen Krümmungsfunktion bei unveränderter Steigung der Sehne des Heizkurvenbüschels vorgenommen werden kann und bei positiver Beantwortung dieser Überprüfung wird dann die bessere Krümmungsfunktion eingestellt. Verliefe dagegen die Überprüfung negativ, dann wird die Steigung der Sehne des Heizkurvenbüschels geändert und die eingestellte Krümmungsfunktion unverändert belassen. Es bestehen hier jedoch auch andere Möglichkeiten. So kann in vielen Fällen zweckmässig so vorgegangen werden, dass, wenn die Einstellung einer besseren Heizkurve befohlen wird, dann dies in ersten Fällen durch Änderung der Steigung der Sehne und in zweiten Fällen in der Weise erfolgt, dass zuerst die Möglichkeit einer Verbesserung der Heizkurve durch Einstellung einer anderen Krümmungsfunktion überprüft und bei Bejahung diese Art der Verbesserung der Heizkurve durchgeführt und bei Verneinung die Verbesserung durch Änderung der Steigung der Sehne durchgeführt wird, wobei, ob gemäss dem ersten oder dem zweiten Fall jeweils zu verfahren ist, durch einen Zufallsgenerator bestimmt wird, oder zwischen dem ersten und zweiten Fall in vorbestimmter Weise gewechselt, vorzugsweise alternierend gewechselt wird. Bei diesem Verfahren wird also in vorbestimmter Weise oder durch den Zufallsgenerator ausgewählt, ob entweder gemäss dem ersten Fall oder gemäss dem zweiten Fall die jeweils neue Heizkurve eingestellt wird. Unter alternierendem Wechsel zwischen ersten und zweiten Fall ist verstanden, dass jede übernächste Einstellung einer neuen Heizkurve gemäss dem ersten Fall und die dazwischen liegenden Einstellungen gemäss dem zweiten Fall durchgeführt werden. Auch anderer vorbestimmter Wechsel zwischen dem ersten und dem zweiten Fall kann vorgesehen werden, beispielsweise dass jeweils zweimal hintereinander gemäss dem ersten Fall und dann einmal nach dem zweiten Fall eingestellt wird, etc.

