

(19)



(11)

**EP 2 218 967 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**18.08.2010 Patentblatt 2010/33**

(51) Int Cl.:  
**F23N 1/00 (2006.01) F24H 9/20 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **10153430.3**

(22) Anmeldetag: **12.02.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA RS**

(72) Erfinder:  
• **Osterloh, Reinhard**  
**59955 Winterberg (DE)**  
• **Hanke, Christine**  
**35099 Burgwald (DE)**  
• **Hoffmann, Jörg**  
**35108 Allendorf (DE)**

(30) Priorität: **12.02.2009 DE 102009008649**

(71) Anmelder: **Viessmann Werke GmbH & Co KG**  
**35107 Allendorf (DE)**

(74) Vertreter: **MERH-IP**  
**Matias Erny Reichl Hoffmann**  
**Paul-Heyse-Strasse 29**  
**80336 München (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Regeln der Laufzeit eines Brenners**

(57) Gegenstand der Erfindung sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Regeln eines Brenners, der geeignet ist, einem Kessel Wärme zuzuführen, wobei das Zu- und/oder Abschalten bei Taktung eines Brenners anhand eines Wertes eines Zu- bzw. Abschaltintegrals

ausgeführt wird, wobei das Zu- bzw. Abschaltintegral durch Integration einer Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  über die Zeit  $t$  bestimmt wird, die anhand eines eingestellten Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$  und eines bestimmten momentanen Kesseltemperatur-Istwerts  $T_{IST}$  bestimmt wird.

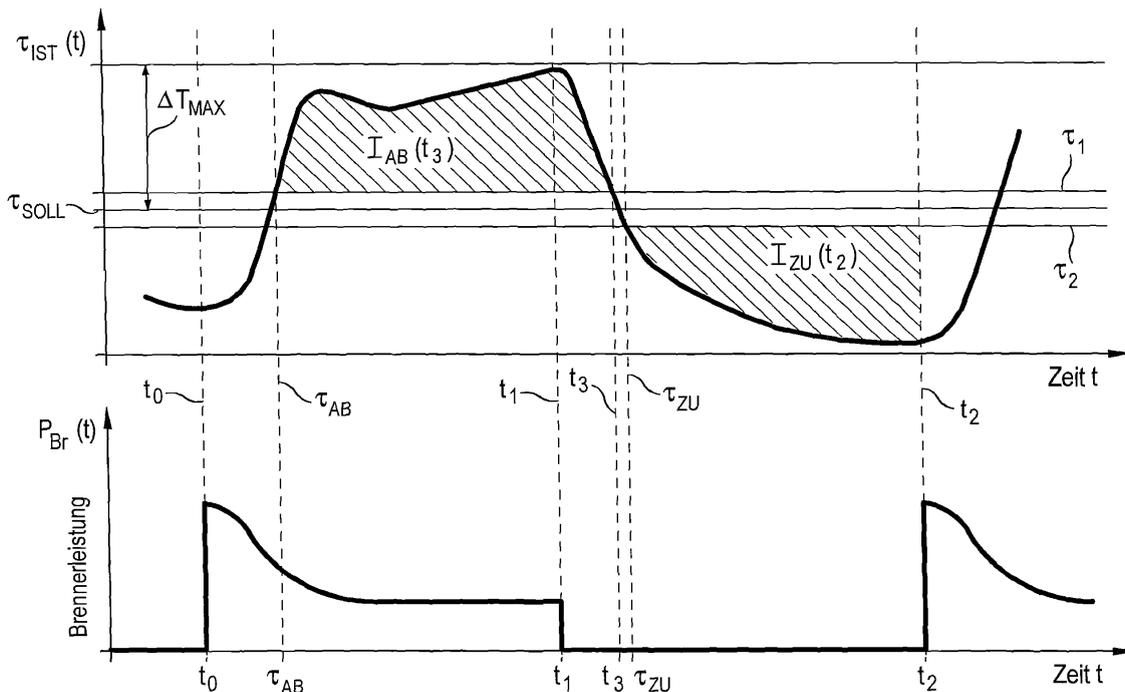


Fig. 5

**EP 2 218 967 A2**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Regeln der Laufzeit eines Brenners, der geeignet ist, einem Kessel Wärmeenergie, im Folgenden kurz Wärme genannt, zuzuführen.

**[0002]** Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Regeln der Laufzeit eines Brenners, der geeignet ist, einem thermischen Medium, z. B. Wasser oder Öl, in einem Kessel oder Wärmespeicher Wärme zuzuführen, um die Temperatur des thermischen Speichermediums im Kessel durch Wärmezufuhr zu erhöhen, basierend auf der Vorgabe eines Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$ .

**Hintergrund der Erfindung**

**[0003]** Derartige Brenner sind dem Stand der Technik bekannt, z. B. als Gas- oder Ölbrenner in Heizungsanlagen und werden z.B. als einziger Wärmeerzeuger oder als ein Wärmeerzeuger aus einer Mehrzahl von Wärmeerzeugern, z.B. in bivalenten Heizanlagen, genutzt.

**[0004]** Ferner sind dem Stand der Technik Gas- und Ölbrenner bekannt, die in einer Betriebsart geregelt werden können, bei der eine abgegebene Brennerleistung  $P_{Br}$  kontinuierlich moduliert werden kann, um einen vorbestimmten, bestimmten oder eingestellten Brennerleistungswert  $P_{Br}$  abzugeben und somit die Kesseltemperatur gleich oder nahe dem Sollwert  $T_{SOLL}$  zu halten. Jedoch kann bei derartig geregelten Gas- und Ölbrennern die abgegebene Leistung  $P_{Br}$  gegebenenfalls nicht kontinuierlich bis auf Null heruntermoduliert werden, so dass der Brenner durch Taktung geregelt wird (Brennertakten), wenn ein Wärmezufuhrbedarf, z.B. in Abhängigkeit einer Gebäudelast, unterhalb einer minimalen Brennerleistung des Brenners auftritt.

**[0005]** Hierbei wird der Brenner bei einer Kesseltemperatur unter dem Sollwert  $T_{SOLL}$  eingeschaltet, um die Kesseltemperatur über den Sollwert  $T_{SOLL}$  zu erhöhen. Bei einer Kesseltemperatur über dem Sollwert  $T_{SOLL}$  wird der Brenner wieder abgeschaltet. Indem der Brenner taktet, also abwechselnd zu- und abgeschaltet wird, kann die Kesseltemperatur nahe dem Sollwert  $T_{SOLL}$  gehalten werden, selbst wenn die dazu benötigte Brennerleistung unterhalb der minimalen Brennerleistung oder der minimalen modulierbaren Brennerleistung liegt.

**[0006]** Als ein Verfahren zum Regeln eines derartigen Gas- oder Ölbrenners ist dem Stand der Technik die sogenannte Zweipunktreglermethode mit Hysterese bekannt. In der Zweipunktreglermethode wird eine Regelabweichung  $\Delta T$  der Kesseltemperatur von dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  ermittelt durch Differenzbildung des Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$  mit einer momentan bestimmten Kesseltemperatur, dem sogenannten Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$ :

$$\Delta T = T_{SOLL} - T_{IST}.$$

**[0007]** Wird hierbei eine Regelabweichung  $\Delta T$  größer Null ermittelt, liegt die Kesseltemperatur unter dem Sollwert  $T_{SOLL}$  und andernfalls, bei einem ermittelten  $\Delta T$  kleiner Null, liegt die Kesseltemperatur momentan oberhalb dem Sollwert  $T_{SOLL}$ .

**[0008]** Nach der Zweipunktreglermethode mit Hysterese wird ein sogenannter Einschalt-differenzwert und ein sogenannter Ausschalt-differenzwert festgelegt. Wird nun ermittelt, dass die Regelabweichung größer der festgelegten Einschalt-differenz ist, wird der Brenner zugeschaltet, da die Kesseltemperatur dann mehr als die festgelegte Einschalt-differenz unterhalb des Sollwerts  $T_{SOLL}$  liegt. Bei zugeschaltetem Brenner wird die Kesseltemperatur dann durch Zuführung von Wärme zu dem Kessel solange erhöht, bis ermittelt werden kann, dass der Absolutwert der Regelabweichung die festgelegte Ausschalt-differenz erreicht oder übersteigt (hierbei ist die Ausschalt-differenz positiv definiert). Dann wird der Brenner wieder ausgeschaltet. Dieser Zyklus wird wiederholt ausgeführt, so dass der Kesseltemperaturwert durch zyklisches Ein- und Ausschalten des Brenners um den Sollwert  $T_{SOLL}$  schwankt.

**[0009]** In der vorhergehend beschriebenen Zweipunktreglermethode treten oftmals sehr kurze Brennerlaufzeiten zwischen Zu- und Abschalten des Brenners auf, selbst wenn relativ hohe Ein- und Ausschalt-differenzwerte festgelegt werden. Die Brennerlaufzeiten in einer Regelung nach der Zweipunktreglermethode können teilweise unter 1 Minute liegen. Da der Brenner aber gegebenenfalls nur kurze Zeit danach wieder zugeschaltet werden muss, und somit gegebenenfalls eine kurze Periodendauer vorliegt, ergeben sich in der Zweipunktreglermethode sehr viele Schaltzyklen, die teilweise über 100 Ein- und Ausschaltvorgänge des Brenners pro Tag umfassen können.

**[0010]** Weiterhin entsteht eine hohe dynamische Belastung des Kessels durch schnellen Temperaturanstieg und daraufhin folgenden schnellen Temperaturabfall bei kurzer Periodendauer und hoher Anzahl von Schaltzyklen pro Tag.

**[0011]** Weiterhin treten bei den kurzen Zykluszeiten oder Periodendauern, bzw. bei der hohen Zyklusanzahl pro Tag durch häufiges Ein- und Ausschalten des Brenners weitere Probleme auf. So ergeben sich z. B. schlechte Emissionswerte des Brenners, ein reduzierter Nutzungsgrad und auch erhöhter Verschleiß.

**[0012]** Bei Ölbrennern tritt zusätzlich gegebenenfalls eine starke Verschmutzung eines Wärmetauschers durch Ruß aufgrund der schlechten Emissionswerte auf.

**[0013]** Fig. 1 zeigt den Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  als Funktion der Zeit  $t$  eines Kessels, dem zeitweise durch einen Brenner Wärme zugeführt wird, wobei der Brenner nach der im Stand der Technik bekannten Zweipunktreglermethode mit Hysterese geregelt wird. Zusätzlich zeigt Fig. 1 den zeitlichen Verlauf der Brennerleistung  $P_{Br}$  entsprechend dem gezeigten Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  als Funktion der Zeit  $t$ .

**[0014]** Nach der Zweipunktreglermethode mit Hysterese wird ein Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  eingestellt und eine Ausschalt- bzw. Einschalt Differenz festgelegt. Die Ausschalt Differenz ergibt sich aus der Differenz eines festgelegten Temperaturmaximalwerts  $T_{MAX}$  und dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ . Die Ausschalt Differenz ergibt sich aus der Differenz des Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$  und einem eingestellten Mindesttemperaturwert  $T_{MIN}$ . Im zeitlichen Verlauf wird jeweils der momentane Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  bestimmt, um eine Regelabweichung zwischen dem Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  und dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  zu ermitteln.

**[0015]** Bei eingeschaltetem Brenner wird dem Kessel Wärme zugeführt und die Kesseltemperatur bzw. der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  erhöht sich im zeitlichen Verlauf. Wird nun ermittelt, dass der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  über den eingestellten Maximaltemperaturwert  $T_{MAX}$  steigt, wird der Brenner abgeschaltet. Mit anderen Worten, wenn die ermittelte Regelabweichung zwischen dem Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  und dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  im Absolutwert bei Kesseltemperaturen über dem Sollwert über die Ausschalt Differenz steigt, wird der Brenner abgeschaltet. Daraufhin sinkt die Kesseltemperatur, bis sie zuerst unter den Sollwert  $T_{SOLL}$  sinkt und daraufhin unter den eingestellten Mindesttemperaturwert  $T_{MIN}$ .

**[0016]** Wird nun festgestellt, dass der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  unter die Mindesttemperatur  $T_{MIN}$  gefallen ist, also mit anderen Worten die Regelabweichung unterhalb des Sollwerts die eingestellte Einschalt Differenz übersteigt, wird der Brenner wieder zugeschaltet, so dass dem Kessel Wärme zugeführt wird und die Kesseltemperatur wieder steigt.

**[0017]** Wie in Fig. 1 dargestellt, führt die Zweipunktreglermethode somit zu einem zyklischen Zu- und Abschalten des Brenners, wodurch die Kesseltemperatur um den eingestellten Sollwert  $T_{SOLL}$  schwankt. Die jeweiligen Ein- bzw. Ausschaltzeitpunkte des Brenners sind in Fig. 1 durch die gestrichelten senkrechten Linien dargestellt. Im unteren Teil der Fig. 1 ist die Brennerleistung  $P_{Br}$  als Funktion der Zeit dargestellt. In einem Zeitraum zwischen Abschalten des Brenners und erneutem Einschalten des Brenners ist die Brennerleistung  $P_{Br}$  gleich Null (oder auf einem niedrigen Bereitschaftswert).

**[0018]** Wird der Brenner zu einem bestimmten Zeitpunkt eingeschaltet, erhöht sich die Brennerleistung  $P_{Br}$  auf eine hohe Brennerstartleistung und wird dann auf einen niedrigeren Wert heruntermoduliert. Dies führt zu einem schnellen Temperaturanstieg im Kessel aufgrund der hohen Brennerstartleistung, die gegebenenfalls erst wieder sinkt, bevor sie kontinuierlich aufgrund einer Brennerleistung  $P_{Br}$  unterhalb der hohen Brennerstartleistung steigt.

**[0019]** Jedoch kann es vorkommen, dass der starke Temperaturanstieg aufgrund der hohen Brennerstartleistung ohne große Verzögerung über den eingestellten Temperaturmaximalwert  $T_{MAX}$  steigt, wodurch in der Zweipunktreglermethode mit Hysterese der Brenner wieder ausgeschaltet wird. Dies kann zu einer sehr kurzen Brennerzeit führen, in der der Kessel durch die schnellen Temperaturschwankungen und hohen Temperaturamplituden dynamisch belastet wird, und zusätzlich kann dies zu einer Verbrennung mit hohen Emissionswerten führen. Eine derartige vorzeitige Brennerabschaltung durch einen Temperaturüberschwinger aufgrund der hohen Brennerstartleistung ist in Fig. 1 im zweiten Zyklus dargestellt.

**[0020]** Um die vorangehend beschriebenen Probleme der Zweipunktreglermethode zu vermeiden, ist es im Stand der Technik bekannt, hohe Ein- und Ausschalt Differenzwerte zu wählen, z. B. eine Einschalt Differenz von 6 K (Kelvin) und eine Ausschalt Differenz von ca. 8 K. Hierdurch können die Zykluszeiten des Brenners verlängert werden, bzw. die Anzahl der Zyklen pro Tag verringert werden. Allerdings ergibt sich nach diesem Verfahren das weitere Problem, dass die Amplituden der Temperaturschwankung der Kesseltemperatur um den Sollwert  $T_{SOLL}$  bei hohen Ein- und Ausschalt Differenzwerten ansteigen. Dies kann gegebenenfalls zu einem eingeschränkten Nutzungsvermögen des Brenners führen. So ist es bekannt, dass hohe Ein- und Ausschalt Differenzen ungeeignet sind für eine Vielzahl von Heizungsanlagen, z. B. Niedertemperatur-Fußboden-Heizungsanlagen, in denen der Kessel direkt, also ohne Mischer, an einen Heizkreis, z. B. die Fußbodenheizung, angeschlossen ist.

**[0021]** Mit den oben genannten Beispielwerten für die Einschalt Differenz (6 K) und die Ausschalt Differenz (8 K) ergibt sich bei einer Kesselsolltemperatur von z. B. 26 °C ein Zyklus, in dem ein Brenner erst zugeschaltet wird, wenn die Kesseltemperatur unter 20 °C fällt, und weiterhin wird der Brenner erst wieder ausgeschaltet, wenn die Kesseltemperatur bei 34 °C liegt. Dies führt zu dem Problem, dass ein Gebäude erst vollständig auskühlt, bevor der Brenner wieder startet. Danach, wenn der Brenner läuft, wird das Gebäude allerdings überheizt. Bei einer Periodendauer, die in der Praxis mehrere Tage dauern kann, bedeutet dies, dass eine Wohntemperatur in dem Gebäude einen Tag zu kalt und einen Tag zu warm ist.

**[0022]** Weiterhin sind dem Stand der Technik Regelungsmethoden zur Regelung eines Brenners bekannt, bei denen die Zweipunktreglermethode derart erweitert ist, dass zusätzlich eine variable Mindestpausenzeit, z. B. 4 Minuten, festgelegt oder eingestellt wird. Zusätzlich zu dem Einschaltkriterium für den Brenner anhand des Vergleichs der Re-

gelabweichung mit dem festgelegten Einschalt differenzwert wird dann überprüft, ob die festgelegte Mindestpausenzeit seit dem letzten Abschalten des Brenners verstrichen ist.

[0023] Hierdurch können die Zykluszeiten des Brenners erhöht werden, bzw. die Anzahl der Zyklen pro Tag verringert werden. Jedoch kann eine solche Methode dazu führen, dass die Kesseltemperatur zu stark fällt, wenn die Regelabweichung der Kesseltemperatur die festgelegte Einschalt differenz vor Ablauf der Mindestpausenzeit unterschreitet.

### Zusammenfassung der Erfindung

[0024] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Nachteile und Probleme der bekannten Regelungsverfahren eines Brenners zu vermeiden und eine Laufzeitregelung eines Brenners zu optimieren.

[0025] Insbesondere ist es eine weitere Aufgabe der Erfindung, die oben beschriebenen Nachteile und Probleme der bekannten Zweipunktreglermethode mit Hysterese und der erweiterten Zweipunktreglermethode mit einer zusätzlichen Mindestpausenzeit des Brenners zu vermeiden.

[0026] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Regeln eines Brenners, der geeignet ist, einem Kessel Wärme zuzuführen, bereitzustellen, um eine niedrigere Schaltzyklenzahl des Brenners pro Tag zu ermöglichen, und um die Probleme eines häufigen Ein- und Ausschaltens des Brenners, wie z. B. erhöhte Emissionswerte, einen reduzierten Nutzungsgrad und einen erhöhten Verschleiß, zu vermeiden.

[0027] Zur Lösung der vorangehend beschriebenen Aufgaben der Erfindung wird ein Verfahren zum Regeln der Laufzeit eines Brenners nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung zum Regeln der Laufzeit eines Brenners nach Anspruch 8 vorgeschlagen. Bevorzugte Ausführungsformen werden in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0028] Das Verfahren nach der vorliegenden Erfindung zum Regeln der Laufzeit eines Brenners, der geeignet ist, einem Kessel Wärme zuzuführen umfasst die folgenden Verfahrensschritte:

- Einstellen eines Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$ , der einen Sollwert der Kesseltemperatur angibt,
- Zuführen von Wärme durch den Brenner zu dem Kessel,
- kontinuierliches oder wiederholtes Ermitteln eines momentanen Kesseltemperatur-Istwerts  $T_{IST}$ , der von einer momentanen Temperatur in zumindest einem Teil des Kesselvolumens abhängt, zum Bestimmen des Kesseltemperatur-Istwerts  $T_{IST}(t)$  als Funktion der Zeit  $t$ , und
- kontinuierliches oder wiederholtes Bestimmen einer momentanen Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T$ , die eine Differenz zwischen dem eingestellten Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  und dem bestimmten momentanen Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  angibt, zum Bestimmen der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  als Funktion der Zeit  $t$ .

[0029] Weiterhin umfasst das Verfahren zum Regeln der Laufzeit eines Brenners nach der vorliegenden Erfindung die Verfahrensschritte:

- Bestimmen eines Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  durch Integralbildung in Abhängigkeit der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  über die Zeit  $t$ , wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  größer ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ ,
- Abschalten des Brenners zu einem ersten Zeitpunkt  $t_1$ , an dem der Wert  $I_{AB}(t_1)$  des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  einen ersten Schwellwert  $SW_1$  erreicht, um das Zuführen von Wärme durch den Brenner zu beenden.

[0030] In dem oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren zum Regeln eines Brenners wird im Gegensatz zum Stand der Technik ein neuer Ansatz verwendet, in dem das Zuschalten des Brenners nicht über starre Temperaturgrenzen, sondern über die Bestimmung eines Zuschaltintegrals durch Integralbildung in Abhängigkeit der ermittelten Regelabweichung, insbesondere über einen Temperaturparameter (als Funktion der Zeit), der um eine erste konstante Temperaturdifferenz von der ermittelten Regelabweichungsdifferenz (als Funktion der Zeit  $t$ ) abweicht, oder über die ermittelte Regelabweichungsdifferenz (als Funktion der Zeit  $t$ ) selbst ausgeführt wird.

[0031] Die Erfindung macht sich den Umstand zunutze, dass eine fehlende Massenträgheit auf der Erzeugerseite (Wärmeerzeugung) durch Massenträgheit auf der Verbraucherseite ergänzt werden kann. Weiterhin macht sich die Erfindung den Umstand zunutze, dass es für den Komfort seitens eines Verbrauchers entscheidend ist, welche Energiemenge eingespeist wird, und welches Temperaturniveau herrscht, und nicht die tatsächliche momentane Leistung des Brenners.

[0032] Des Weiteren ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren längere Zykluszeiten und eine niedrigere Anzahl Zyklen des Brenners pro Tag, da nicht anhand starrer Temperaturgrenzen geregelt wird. Es ergeben sich somit erfindungsgemäß längere Brennerlauf- und Pausenzeiten, wodurch geringere Emissionswerte, eine höhere Energiesparung und zusätzlich ein reduzierter Wartungsaufwand erreicht werden kann. Die Erfindung bietet gegenüber dem Stand der Technik somit eine optimierte Regelung eines Brenners mit einer optimierten Brennerlaufzeit.

[0033] Vorzugsweise umfasst das Verfahren zum Regeln der Laufzeit eines Brenners nach der vorliegenden Erfindung die weiteren Verfahrensschritte:

- Bestimmen eines Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  durch Integralbildung in Abhängigkeit der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  über die Zeit  $t$ , wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  kleiner ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , und/oder
- Zuschalten des Brenners zu einem zweiten Zeitpunkt  $t_2$ , an dem der Wert  $I_{ZU}(t_2)$  des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  einen zweiten Schwellwert  $SW_2$  erreicht, um dem Kessel Wärme durch den Brenner zuzuführen.

**[0034]** Wie vorstehend in Bezug auf das Abschaltintegral beschrieben wird hierbei eine Integralbildung in Abhängigkeit der ermittelten Regelabweichung durchgeführt, insbesondere über einen Temperaturparameter (als Funktion der Zeit), der um die erste konstante Temperaturdifferenz oder um eine zweite konstante Temperaturdifferenz von der ermittelten Regelabweichungsdifferenz (als Funktion der Zeit  $t$ ) abweicht, oder über die ermittelte Regelabweichungsdifferenz (als Funktion der Zeit  $t$ ) selbst.

**[0035]** Somit kann die Laufzeitregelung weiter optimiert werden, indem zusätzlich zu dem Zuschalten des Brenners auch das darauffolgende Abschalten des Brenners bei dem Brennertakten anhand eines Integrals in Abhängigkeit der Regelabweichung  $\Delta T(t)$  über die Zeit  $t$  geregelt wird und nicht anhand starrer Temperaturgrenzen. Des Weiteren wird eine weitere Reduktion der Anzahl der Zyklen des Brenners pro Tag ermöglicht, wenn Zu- und Abschaltintegrale zum Regeln des Zu- und Abschaltens bei Brennertaktung bestimmt werden. Es ergeben sich somit noch längere Brennerlauf- und Pausenzeiten, wodurch noch geringere Emissionswerte, eine noch höhere Energiesparung und zusätzlich ein noch niedrigerer Wartungsaufwand erreicht werden kann.

**[0036]** Vorzugsweise werden in dem erfindungsgemäßen Verfahren zumindest die Schritte des Zuführens von Wärme, des Bestimmens des Abschaltintegrals, des Abschaltens des Brenners, des Bestimmen eines Zuschaltintegrals und des Zuschaltens des Brenners zyklisch wiederholt.

**[0037]** Somit wird ermöglicht, dass der Kesseltemperaturwert nahe dem eingestellten Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  durch zyklisches Ein- und Ausschalten des Brenners gehalten werden kann.

**[0038]** Vorzugsweise ist der erste Schwellwert  $SW_1$  manuell oder prozessgesteuert einstellbar und vorzugsweise umfasst das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin den Schritt des Einstellens des ersten Schwellwerts  $SW_1$ .

**[0039]** Somit wird ermöglicht, dass der erste Schwellwert, also der Abschaltintegral-Schwellwert  $SW_1$ , parametrisierbar ist, z.B. auf ein gewünschtes oder erforderliches Anlagenverhalten.

**[0040]** Vorzugsweise wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren das Abschaltintegral  $I_{AB}(T)$  bestimmt durch Integration bis zu einem dritten Zeitpunkt  $t_3$ , an dem der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}(T)$  den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  nach Abschalten des Brenners erreicht oder unterschreitet, und wobei der zweite Schwellwert  $SW_2$  vorzugsweise entsprechend dem Wert  $I_{AB}(t_3)$  des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  zu dem dritten Zeitpunkt  $t_3$  festgelegt wird, so dass der zweite Zeitpunkt  $t_2$  vorzugsweise der Zeitpunkt ist, an dem der Absolutwert  $|I_{ZU}(t)|$  des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  den Absolutwert  $|I_{AB}(t_3)|$  des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  zu dem dritten Zeitpunkt  $t_3$  erreicht oder überschreitet.

**[0041]** Somit wird eine dynamische Zuschaltintegralschwelle  $SW_2$  ermöglicht. Die Erfindung macht sich somit vorzugsweise den Umstand zunutze, dass der Wert des Abschaltintegrals zu diesem Zeitpunkt  $t_3$  ein Maß für die zuviel eingebrachte Energie ist, da, nachdem der Brenner nach Überschreiten des ersten Schwellwerts  $SW_1$  abgeschaltet wurde, solange weiter integriert wird, bis die Kesseltemperatur kleiner oder gleich dem Sollwert ist.

**[0042]** Des Weiteren bleibt der Brenner vorzugsweise solange ausgeschaltet, bis ein analog dem vorangehend bestimmten Abschaltintegral gebildetes Zuschaltintegral den gleichen Wert erreicht, wie das vorhergehend bestimmte Abschaltintegral. Somit wird es ermöglicht, dass bei einem Stillstand des Brenners (bei ausgeschaltetem Brenner) im selben Maße unterversorgt wird, wie zuvor übertersorgt wurde. Es entsteht somit im zeitlichen Mittel weder eine Über- noch Unterversorgung. Die nur kurzfristigen Über- und Unterversorgungen erzeugen keine Komforteinbußen, da diese im Wesentlichen nur innerhalb eines Brennerzyklus auftreten und somit durch die Trägheit der gesamten Anlage ausgeglichen werden.

**[0043]** Vorzugsweise umfasst das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin einen Verfahrensschritt des Einstellens eines Regelabweichungsgrenzwerts  $\Delta T_{MAX}$ , wobei der Brenner vorzugsweise zu dem ersten Zeitpunkt  $t_1$  oder zu einem vierten Zeitpunkt  $t_4$ , an dem der Absolutwert der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  einen Regelabweichungsgrenzwert  $\Delta T_{MAX}$  erreicht oder überschreitet, vor dem ersten Zeitpunkt  $t_1$  abgeschaltet wird.

**[0044]** Somit kann eine hohe Überschreitung des Sollwerts  $T_{SOLL}$  vermieden werden, indem der Brenner abgeschaltet wird, wenn die Regelabweichung den Regelabweichungsgrenzwert  $\Delta T_{MAX}$  überschreitet. Die Amplituden der Regelabweichung können dann zusätzlich durch Temperaturwerte begrenzt werden. Hohe Temperaturamplituden können somit vermieden werden, selbst wenn das Abschaltintegral den ersten Schwellwert  $SW_1$  zum Beispiel bedingt durch einen schnellen Temperaturanstieg noch nicht erreicht oder überschritten hat, obwohl schon eine sehr hohe Regelabweichung vorliegt. Somit können hohe Temperaturamplituden z.B. bei einem fehlendem Volumenstrom des thermischen Speichermediums in einer Heizungsanlage vermieden werden.

**[0045]** Analog kann vorzugsweise in einem weiteren Verfahrensschritt des Verfahrens ein zweiter Regelabweichungsgrenzwert  $\Delta T_{MAX;2}$  eingestellt werden, so dass der Brenner nicht nur zugeschaltet wird, wenn das Zuschaltintegral den zweiten Schwellwert  $SW_2$  erreicht, sondern vorzugsweise auch bei einer Regelabweichung, bei der der Kesseltempe-

ratur-Istwert  $T_{IST}$  den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  um mehr als  $\Delta T_{MAX;2}$  unterschreitet.

[0046] Vorzugsweise umfasst das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin den Verfahrensschritt des Definierens eines Temperaturbereichs um den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  durch Einstellen eines ersten Temperaturbereichswerts  $T_1$ , der größer ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , und eines zweiten Temperaturbereichswerts  $T_2$ , der kleiner ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , wobei das Abschaltintegral  $I_{AB}(T)$  vorzugsweise nur dann bestimmt wird, wenn der bestimmte momentane Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  größer als der erste Temperaturbereichswert  $T_1$  ist, und/oder wobei das Zuschaltintegral  $I_{ZU}(t)$  vorzugsweise nur dann bestimmt wird, wenn der bestimmte momentane Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  kleiner als der zweite Temperaturbereichswert  $T_2$  ist.

[0047] Somit wird um den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  eine sogenannte Tote Zone mit einer Temperaturbreite von z. B. 1 K definiert (d.h.  $T_1 - T_2 = 1$  K), wobei weder ein Zu- und noch ein Abschaltintegral gebildet wird, wenn die Regelabweichung  $\Delta T$  oder die Amplituden der Regelabweichung  $\Delta T$  so klein sind, dass der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  innerhalb der Toten Zone liegt oder schwankt. Solange  $T_{IST}$  innerhalb der Toten Zone liegt, wird die Integration vorzugsweise nicht ausgeführt, bzw. vorzugsweise angehalten. Dies verhindert ein Zu- bzw. Abschalten des Brenners, wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  nur geringfügig, nämlich innerhalb der Toten Zone, um den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  schwankt. Somit können unnötige Ein- und Ausschaltvorgänge des Brenners verhindert werden.

[0048] Vorzugsweise wird hierbei bei der Integration für die Integralbildung des Abschaltintegrals über einen ersten Temperaturparameter in Abhängigkeit der ermittelten Regelabweichungsdifferenz integriert, der von der ermittelten Regelabweichungsdifferenz um eine erste konstante Temperaturdifferenz, insbesondere vorzugsweise entsprechend der Differenz zwischen dem ersten Temperaturbereichswert  $T_1$  und dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  abweicht, und vorzugsweise wird hierbei weiterhin bei der Integration für die Integralbildung des Zuschaltintegrals über einen zweiten Temperaturparameter in Abhängigkeit der ermittelten Regelabweichungsdifferenz integriert, der von der ermittelten Regelabweichungsdifferenz um eine zweite konstante Temperaturdifferenz, insbesondere vorzugsweise entsprechend der Differenz zwischen dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  und dem zweiten Temperaturbereichswert  $T_2$ , abweicht.

[0049] Vorzugsweise umfasst das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin den Verfahrensschritt des Zurücksetzens des bestimmten Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  auf den Wert Null, wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  bei zugeschaltetem Brenner unterschreitet.

[0050] Bei einer Regelung des Brenners im modulierten Betrieb (z. B. im Winter) kann es auftreten, dass die Kesseltemperatur den Sollwert  $T_{SOLL}$  gegebenenfalls selbst dann unterschreitet, wenn der Brenner dem Kessel Wärme zuführt. Steigt die Kesseltemperatur danach leicht über den Sollwert und fällt gegebenenfalls kurz darauf wieder usw., kann ohne Zurücksetzen des Abschaltintegrals auf den Wert Null eine Kumulation dieser kleinen Regelabweichungen gegebenenfalls dazu führen, dass ein bestimmtes Abschaltintegral den Schwellwert  $SW_1$  erreicht, obwohl ein Ausschalten des Brenners nicht empfehlenswert ist. Ein solches Ausschalten des Brenners kann dadurch vermieden werden, dass das Abschaltintegral auf den Wert Null zurückgesetzt wird, wenn die Kesseltemperatur den Sollwert oder den ersten Temperaturbereichsparameter  $T_1$  bei in Betrieb befindlichem Brenner unterschreitet.

[0051] Im Folgenden wird die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Regeln der Laufzeit eines Brenners, der geeignet ist, einem Kessel Wärme zuzuführen, beschrieben, die dazu geeignet ist, das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen. Hierbei wird nicht im Detail auf die Vorteile eingegangen, da diese den Vorteilen des Verfahrens entsprechen.

[0052] Eine Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung zum Regeln der Laufzeit eines Brenners umfasst:

- ein Kesseltemperatur-Sollwert-Einstellungsmittel zum Einstellen eines Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$ , der einen Sollwert der Kesseltemperatur angibt,
- ein Kesseltemperatur-Istwert-Ermittlungsmittel zum kontinuierlichen oder wiederholten Ermitteln eines momentanen Kesseltemperatur-Istwerts  $T_{IST}$ , der eine momentane Temperatur in zumindest einem Teil des Kesselvolumens angibt, zum Bestimmen des Kesseltemperatur-Istwerts  $T_{IST}(t)$  als Funktion der Zeit  $t$ ,
- ein Regelabweichungs-Bestimmungsmittel zum kontinuierlichen oder wiederholten Bestimmen einer momentanen Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T$ , die eine Differenz zwischen dem eingestellten Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  und dem bestimmten momentanen Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  angibt, zum Bestimmen der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  als Funktion der Zeit  $t$ , und/oder
- ein Brennersteuerungsmittel zum Zu- und Abschalten des Brenners.

[0053] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel zum Bestimmen eines Integrals durch Integralbildung in Abhängigkeit der Regelabweichung  $\Delta T(t)$  über die Zeit  $t$  umfasst.

[0054] Erfindungsgemäß bestimmt das Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel vorzugsweise ein Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$ , wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  größer ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ . Der Brenner wird vorzugsweise durch das Brennersteuerungsmittel zu einem ersten Zeitpunkt  $t_1$  abgeschaltet, an dem der Wert  $I_{AB}(t_1)$  des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  einen ersten Schwellwert  $SW_1$  erreicht, um das Zuführen von Wärme durch den Brenner zu beenden. Weiterhin bestimmt das Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel vorzugsweise ein Zuschaltintegral

$I_{ZU}(t)$ , wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  kleiner ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , und der Brenner wird vorzugsweise durch das Brennersteuerungsmittel zu einem zweiten Zeitpunkt  $t_2$  zugeschaltet, an dem der Wert  $I_{ZU}(t_2)$  des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  einen zweiten Schwellwert  $SW_2$  erreicht, um dem Kessel Wärme durch den Brenner zuzuführen.

5 **[0055]** Vorzugsweise umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung weiterhin ein Schwellwert-Einstellungsmittel zum Einstellen des ersten Schwellwerts  $SW_1$ .

**[0056]** Vorzugsweise bestimmt das Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  durch Integralbildung in Abhängigkeit der Regelabweichung  $\Delta T(t)$  bis zu einem dritten Zeitpunkt  $t_3$ , an dem der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  nach Abschalten des Brenners erreicht oder unterschreitet, und vorzugsweise legt das Brennersteuerungsmittel den zweiten Schwellwert  $SW_2$  entsprechend dem Wert  $I_{AB}(t_3)$  des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  zu dem dritten Zeitpunkt  $t_3$  fest, so dass der zweite Zeitpunkt  $t_2$  vorzugsweise der Zeitpunkt ist, an dem der Absolutwert des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  den Absolutwert des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  zu dem dritten Zeitpunkt  $t_3$  erreicht oder überschreitet.

15 **[0057]** Vorzugsweise umfasst die Vorrichtung zum Regeln der Laufzeit eines Brenners weiterhin ein Regelabweichungsgrenzwert-Einstellungsmittel zum Einstellen eines Regelabweichungsgrenzwerts  $\Delta T_{MAX}$ , wobei der Brenner vorzugsweise zu dem ersten Zeitpunkt  $t_1$  oder zu einem vierten Zeitpunkt  $t_4$ , an dem der Absolutwert der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  einen Regelabweichungsgrenzwert  $\Delta T_{MAX}$  erreicht oder überschreitet, vor dem ersten Zeitpunkt  $t_1$  durch das Brennersteuerungsmittel abgeschaltet wird.

**[0058]** Vorzugsweise ist das Regelabweichungsgrenzwert-Einstellungsmittel weiterhin zum Einstellen eines zweiten Regelabweichungsgrenzwerts  $\Delta T_{MAX;2}$  geeignet, so dass der Brenner analog zugeschaltet werden kann, wenn die Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  einen Regelabweichungsgrenzwert  $\Delta T_{MAX;2}$  erreicht oder überschreitet, bevor das Zuschaltintegral den zweiten Schwellwert  $SW_2$  erreicht.

20 **[0059]** Vorzugsweise umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung weiterhin ein Temperaturbereichs-Definitionsmittel zum Definieren eines Temperaturbereichs um den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  durch Einstellen eines ersten Temperaturbereichswerts  $T_1$ , der vorzugsweise größer ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , und eines zweiten Temperaturbereichswerts  $T_2$ , der vorzugsweise kleiner ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , wobei das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  vorzugsweise nur dann von dem Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel bestimmt wird, wenn der bestimmte momentane Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  größer als der erste Temperaturbereichswert  $T_1$  ist, und das Zuschaltintegral  $I_{ZU}(t)$  vorzugsweise nur dann von dem Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel bestimmt wird, wenn der bestimmte momentane Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  kleiner als der zweite Temperaturbereichswert  $T_2$  ist.

25 **[0060]** Vorzugsweise wird hierbei bei der Integration für die Integralbildung des Abschaltintegrals über einen ersten Temperaturparameter in Abhängigkeit der ermittelten Regelabweichungsdifferenz integriert, der von der ermittelten Regelabweichungsdifferenz um eine erste konstante Temperaturdifferenz, insbesondere vorzugsweise entsprechend der Differenz zwischen dem ersten Temperaturbereichswert  $T_1$  und dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  abweicht, und vorzugsweise wird hierbei weiterhin bei der Integration für die Integralbildung des Zuschaltintegrals über einen zweiten Temperaturparameter in Abhängigkeit der ermittelten Regelabweichungsdifferenz integriert, der von der ermittelten Regelabweichungsdifferenz um eine zweite konstante Temperaturdifferenz, insbesondere vorzugsweise entsprechend der Differenz zwischen dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  und dem zweiten Temperaturbereichswert  $T_2$ , abweicht.

30 **[0061]** Vorzugsweise umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung weiterhin ein Integral-Zurücksetzungsmittel zum Zurücksetzen eines von dem Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel bestimmten Integrals auf den Wert Null, wobei das Integral-Zurücksetzungsmittel das bestimmte Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  vorzugsweise auf den Wert Null zurücksetzt, wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  bei zugeschaltetem Brenner unterschreitet. Das Integral-Zurücksetzungsmittel ist kann vorzugsweise auch dazu geeignet sein, das bestimmte Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  bereits auf den Wert Null zurückzusetzen, wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  den ersten Temperaturbereichswert  $T_1$  bei eingeschaltetem Brenner unterschreitet.

## Kurzbeschreibung der Figuren

### [0062]

50 Fig. 1 zeigt einen Verlauf eines Kesseltemperatur-Istwerts  $T_{IST}$  als Funktion der Zeit  $t$  nach der im Stand der Technik bekannten Zweipunktregelungsmethode mit Hysterese und den dazugehörigen Verlauf der Brennerleistung  $P_{Br}$  als Funktion der Zeit  $t$ .

55 Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung des Brenners, des Kessels und der Vorrichtung zum Regeln des Brenners nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3A und Fig. 3B zeigen ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Regeln eines Brenners nach einem ersten

Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4A, Fig. 4B und Fig. 4C zeigen ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Regeln eines Brenners nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5 zeigt einen Verlauf eines Kesseltemperatur-Istwertes  $T_{IST}$  als Funktion der Zeit  $t$  nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung und den dazugehörigen Verlauf der Brennerleistung  $P_{Br}$  als Funktion der Zeit  $t$ .

Fig. 6 zeigt einen Ausschnitt eines Diagramms nach einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung und den dazugehörigen Verlauf der Brennerleistung  $P_{Br}$  als Funktion der Zeit  $t$ .

Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der Vorrichtung zum Regeln eines Brenners nach der vorliegenden Erfindung.

### Detaillierte Beschreibung der Figuren und bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung

**[0063]** Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung detailliert anhand von Ausführungsbeispielen des Verfahrens zum Regeln eines Brenners nach der vorliegenden Erfindung, sowie eine Ausführungsform einer Vorrichtung zum Regeln eines Brenners nach der vorliegenden Erfindung anhand der Figuren beschrieben.

**[0064]** Fig. 2 zeigt einen Brenner 10, einen Kessel 20 und eine Vorrichtung 30 zum Regeln des Brenners 10, in einer schematischen Darstellung. Der Brenner 10 ist dazu geeignet, einem thermischen Speichermedium, z. B. Wasser oder Öl, im Kessel 20 Wärme zuzuführen, wobei der Brenner 10 durch die Vorrichtung 30 zum Regeln eines Brenners 10 geregelt wird.

**[0065]** Der Kessel 20 ist hierbei z.B. ein unabhängiger Kessel, z. B. eines Wasserboilers, oder ein an eine Heizungsanlage z. B. eines Gebäudes angeschlossener Heizkessel. Bei dem Brenner 10 kann es sich z.B. um einen Gas- oder Ölbrenner handeln. Ein Regelungsverfahren nach der Erfindung ist jedoch nicht auf das Regeln von Gas- oder Ölbrennern eingeschränkt und kann generell auf jede Vorrichtung angewendet werden, die dazu geeignet ist zu- und abgeschaltet zu werden, um einem Kessel zeitweise Wärme zuzuführen.

**[0066]** Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Regeln eines Brenners nach einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das Verfahren umfasst die Schritte S31 Einstellen des Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$ , S32 Zuschalten des Brenners 10, S33 Zuführen von Wärme, S34 Ermitteln des Kesseltemperatur-Istwertes  $T_{IST}(t)$ , S35 Bestimmen der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$ , S36 Bestimmen des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$ , S37 Abschalten des Brenners 10, und S38 Bestimmen des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$ .

**[0067]** In Schritt S31 Einstellen des Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$  wird ein Sollwert der Kesseltemperatur eingestellt, anhand dessen die Regelung des Brenners 10 nach dem Regelungsverfahren der vorliegenden Erfindung ausgeführt wird. Im Folgenden wird das Verfahren zum Regeln eines Brenners 10 anhand eines einmaligen Einstellens des Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$  beschrieben. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf das einmalige Einstellen des Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$  beschränkt. Je nach Bedarf ist ein neuer Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  einstellbar.

**[0068]** Im Schritt S32 Zuschalten des Brenners 10 wird der abgeschaltete Brenner 10 zugeschaltet, um dem Kessel 20 im Schritt S33 Wärmeenergie zuzuführen.

**[0069]** Weiterhin wird im Schritt S34 Ermitteln des Kesseltemperatur-Istwertes  $T_{IST}(t)$  die Kesseltemperatur als Funktion der Zeit  $t$  ermittelt. Hierzu wird eine momentane Kesseltemperatur, bzw. der momentane Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$ , entweder kontinuierlich oder wiederholt bzw. periodisch ermittelt. Durch kontinuierliches Ermitteln der Kesseltemperatur kann der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  direkt als Funktion der Zeit  $t$  ermittelt werden. Wird der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  wiederholt bzw. periodisch z. B. immer nach Ablauf eines eingestellten Zeitintervalls  $\Delta t$  ermittelt, wird der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  als Stufenfunktion der Zeit  $t$  ermittelt. Der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  wird hierbei derart ermittelt, dass eine Integralbildung durch Integration des Kesseltemperatur-Istwertes  $T_{IST}$  mit der Zeit  $t$  möglich ist.

**[0070]** Im Schritt S35 Bestimmen der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  wird die Regelabweichungsdifferenz zwischen dem Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  und dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  ermittelt:

$$\Delta T = T_{SOLL} - T_{IST},$$

wodurch die Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  als Funktion der Zeit  $t$  anhand des Kesseltemperatur-Istwertes  $T_{IST}(t)$  als Funktion der Zeit  $t$  und dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  gebildet werden kann:

$$\Delta T(t) = T_{\text{SOLL}} - T_{\text{IST}}(t).$$

5 **[0071]** Durch das Zuführen von Wärme steigt der Kesseltemperatur-Istwert über den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{\text{SOLL}}$  zu einem Zeitpunkt  $\tau_0$ . Wird nun festgestellt, dass der Kesseltemperatur-Istwert den Kesseltemperatur-Sollwert übersteigt, wird in Schritt S36 Bestimmen des Abschaltintegrals  $I_{\text{AB}}(t)$  ein Abschaltintegral  $I_{\text{AB}}(t)$  bestimmt:

10

$$I_{\text{AB}}(t) = \int_{\tau_0}^t |\Delta T| d\tau$$

15

**[0072]** Wird der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{\text{IST}}$  periodisch nach jedem Zeitintervall  $\Delta t$  ermittelt, kann das Abschaltintegral als Summe der ermittelten Werte (Stufenfunktionswerte) multipliziert mit  $\Delta t$  ermittelt werden (Bestimmung einer Fläche unterhalb einer Stufenfunktion).

20 **[0073]** Das Abschaltintegral  $I_{\text{AB}}(t)$  wird somit bestimmt durch Integration der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  über die Zeit  $t$ , wenn sich der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{\text{IST}}$  oberhalb des Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{\text{SOLL}}$  befindet. Da bei der oben angegebenen Definition der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T$  oberhalb der Kesselsolltemperatur  $T_{\text{SOLL}}$  ein negativer Wert bestimmt wird, wird bei Bestimmung des Abschaltintegrals  $I_{\text{AB}}(t)$  der Absolutwert der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  ermittelt, um ein positives Abschaltintegral  $I_{\text{AB}}(t)$  zu bestimmen. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf diese Bestimmung des Abschaltintegrals  $I_{\text{AB}}(t)$  beschränkt und kann auch ohne Absolutwertbildung bestimmt werden, ggf. durch gleichzeitige Anpassung der Vorzeichen von Schwellwerten.

25 **[0074]** Zu einem Zeitpunkt  $t_1$  steigt das bestimmte Abschaltintegral  $I_{\text{AB}}(t)$ , das auch eine Funktion der Zeit  $t$  darstellt, einen eingestellten ersten Schwellwert  $\text{SW}_1$ , so dass erfindungsgemäß festgestellt wird, dass der Brenner 10 zum Zeitpunkt  $t_1$  abzustellen ist, da das bestimmte Abschaltintegral  $I_{\text{AB}}$  zu diesem Zeitpunkt  $t_1$  den Schwellwert  $\text{SW}_1$  erreicht hat oder übersteigt. Im Gegensatz zu der oben beschriebenen Zweipunktreglermethode mit Hysterese wird der Brenner 10 somit nicht abgeschaltet, wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{\text{IST}}$  einen Maximalwert  $T_{\text{MAX}}$  übersteigt, sondern wenn das bestimmte Abschaltintegral  $I_{\text{AB}}$ , bestimmt durch Integration der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T$ , einen Schwellwert  $\text{SW}_1$  erreicht oder übersteigt.

30 **[0075]** Erfindungsgemäß führt dies zum Zeitpunkt  $t_1$  im Schritt S37 Abschalten des Brenners dazu, dass die Wärmezufuhr des Brenners 10 zu dem Kessel 20 beendet wird, indem der Brenner 10 abgeschaltet wird. Hierauf fällt die Kesseltemperatur, da dem Kessel 20 keine Wärme durch den Brenner 10 mehr zugeführt wird.

35 **[0076]** Sinkt die Kesseltemperatur zu einem Zeitpunkt  $T_0'$  unter den eingestellten Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{\text{SOLL}}$ , wird erneut über die Regelabweichung  $\Delta T$  integriert, um im Schritt S38 Bestimmen des Zuschaltintegrals  $I_{\text{ZU}}(t)$  ein Zuschaltintegral zu bilden. Da die Regelabweichung  $\Delta T$  bei Kesseltemperaturen unterhalb des Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{\text{SOLL}}$  nach der obigen Definition positiv ist, wird bei dem erfindungsgemäßen Bestimmen des Zuschaltintegrals  $I_{\text{ZU}}$  nach dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung auf Absolutwertbildung verzichtet:

45

$$I_{\text{ZU}}(t) = \int_{\tau_0'}^t \Delta T d\tau$$

50

**[0077]** Jedoch kann es erforderlich sein, eine Absolutwertbildung auszuführen, wenn eine andere Definition der Regelabweichung  $\Delta T$  oder der Schwellwerte (z. B. negative Schwellwerte) vorliegt.

55 **[0078]** Solange die Kesseltemperatur unterhalb des Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{\text{SOLL}}$  liegt, steigt der bestimmte Wert des Zuschaltintegrals  $I_{\text{ZU}}(t)$  und erreicht zu einem Zeitpunkt  $t_2$  einen zweiten Schwellwert  $\text{SW}_2$ . Wird nun festgestellt, dass das Zuschaltintegral  $I_{\text{ZU}}(t)$  den zweiten Schwellwert  $\text{SW}_2$  erreicht oder übersteigt, wird der Brenner im Schritt S32 Zuschalten des Brenners erneut zugeschaltet, um dem Kessel 20 erneut Wärme zuzuführen. Nach dem vorliegend beschriebenen Ausführungsbeispiel des Verfahrens zum Regeln eines Brenners 10 in Fig. 3 werden die Schritte S32 bis S38 zyklisch wiederholt, so dass der Brenner zyklisch zugeschaltet wird, wenn das bestimmte Zuschaltintegrals  $I_{\text{ZU}}$

(t) den zweiten Schwellwert  $SW_2$  erreicht oder übersteigt, um jeweils abgeschaltet zu werden, wenn das bestimmte Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  den ersten Schwellwert  $SW_1$  erreicht oder übersteigt.

**[0079]** Ein bevorzugtes zweites Ausführungsbeispiel des Verfahrens zum Regeln eines Brenners 10 nach der vorliegenden Erfindung wird in dem Ablaufdiagramm in Fig. 4 dargestellt. Nach dem bevorzugten zweiten Ausführungsbeispiel des Verfahrens nach der vorliegenden Erfindung umfasst das Verfahren die Schritte S401 Einstellen des Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$ , S402 Einstellen des ersten Schwellwert  $SW_1$ , S403 Definieren des Temperaturbereichs (Tote Zone), S404 Einstellen des Regelabweichungsgrenzwerts  $\Delta T_{MAX}$ , S405 Zuschalten des Brenners, S406 Zuführen von Wärme, S407 Ermitteln des Kesseltemperatur-Istwerts  $T_{IST}(t)$ , S408 Bestimmen der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$ , S409 Bestimmen des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$ , S410 Abschalten des Brenners 10, S411 Bestimmen des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$ , und S412 Bestimmen des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$ .

**[0080]** Im Schritt S401 Einstellen des Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$  wird analog zu Schritt S31 in Fig. 3 ein Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  eingestellt.

**[0081]** Im Schritt S402 Einstellen des ersten Schwellwerts  $SW_1$  wird ein erster Schwellwert  $SW_1$  eingestellt, der analog zu dem Ausführungsbeispiel in Fig. 3 einen Schwellwert für das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  darstellt, um anzuzeigen, ab welchem Wert des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  der Brenner 10 erfindungsgemäß abzuschalten ist.

**[0082]** Im Schritt S403 Definieren des Temperaturbereichs (Tote Zone) wird ein Temperaturbereich um den eingestellten Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  definiert durch Einstellen eines ersten Temperaturbereichswerts  $T_1$  größer dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  und Einstellen eines zweiten Temperaturbereichswerts  $T_2$  kleiner dem eingestellten Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ . Hierbei kann der Schritt S403 Definieren des Temperaturbereichs, bzw. der sogenannten Toten Zone, ausgeführt werden, indem der erste und zweite Temperaturbereichswert  $T_1$  und  $T_2$  einzeln eingestellt werden, oder durch Einstellen einer Halbbreite der Toten Zone, so dass der erste Temperaturbereichswert  $T_1$  und der zweite Temperaturbereichswert  $T_2$  jeweils um den Halbwert der Toten Zone oberhalb bzw. unterhalb des eingestellten Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$  liegen.

**[0083]** Im Schritt S404 Einstellen des Regelabweichungsgrenzwerts  $\Delta T_{MAX}$  wird ein maximaler Regelabweichungsgrenzwert  $\Delta T_{MAX}$  festgelegt, um große Temperaturamplituden bzw. große Temperaturschwankungen der Kesseltemperatur um den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  neben einer Begrenzung der Zu- und Abschaltintegrale zusätzlich durch absolute Temperaturwerte zu begrenzen.

**[0084]** Dies bedeutet, dass der Brenner 10 gegebenenfalls zu- bzw. abgeschaltet wird, wenn die Regelabweichung  $\Delta T$  den eingestellten Regelabweichungsgrenzwert  $\Delta T_{MAX}$  übersteigt, obwohl ein bestimmtes Zu- bzw. Abschaltintegral den ersten bzw. den zweiten Schwellwert noch nicht erreicht hat. Gegebenenfalls können auch zwei verschiedene Regelabweichungsgrenzwerte eingestellt werden, um eine Regelabweichung ober- und/oder unterhalb des Schwellwerts unabhängig voneinander zu begrenzen.

**[0085]** Weiterhin umfasst das Verfahren nach dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wie in Fig. 3 dargestellt, weiterhin die Schritte S405 Zuschalten des Brenners und S406 Zuführen von Wärme analog zu den Schritten S32 und S33 in Fig. 3.

**[0086]** Analog zu den Schritten S34 und S35 in Fig. 3 umfasst das Verfahren in Fig. 4 weiterhin die Schritte S407 Ermitteln des Kesseltemperatur-Istwerts  $T_{IST}(t)$  und S408 Bestimmen der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$ . Sowohl der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  als auch die Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T$  werden analog zu dem Verfahren in Fig. 3 als Funktion der Zeit  $t$  bestimmt.

**[0087]** Durch die Zufuhr von Wärme übersteigt die Kesseltemperatur zuerst den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  und kurz darauf den ersten Temperaturbereichswert  $T_1$ , so dass die Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T$  kleiner gleich der Differenz  $T_{SOLL} - T_1$  wird. Zu diesem Zeitpunkt  $\tau_{AB}$  beginnt die Bestimmung des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  im Schritt S409 Bestimmen des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$ . Im Gegensatz zu dem vorhergehend beschriebenen Ausführungsbeispiel des Verfahrens nach Fig. 3, in dem das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  ab einem Zeitpunkt  $\tau_0$  bestimmt wurde, an dem die Kesseltemperatur den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  übersteigt, wird in diesem Ausführungsbeispiel des Verfahrens das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  ab einem Zeitpunkt  $\tau_{AB}$  bestimmt, an dem die Kesseltemperatur den definierten Temperaturbereich, bzw. die Tote Zone, um den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  verlässt:

$$I_{AB}(t) = \int_{\tau_{AB}}^t [|\Delta T(\tau)| - (T_1 - T_{SOLL})] d\tau$$

**[0088]** Des Weiteren wird bei der Integration in diesem Ausführungsbeispiel, wie an der vorstehend angegebenen

Formel ersichtlich ist, ein Flächenbereich unterhalb des zeitlichen Verlaufs des Kesseltemperatur-Istwertes  $T_{IST}$  bis zu dem ersten Temperaturbereichswert  $T_1$  gebildet, so dass eine Fläche zwischen dem Temperaturbereichswert  $T_1$  und dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  unberücksichtigt bleibt. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf eine derartige Integralbildung beschränkt und es ist möglich Ausführungsbeispiele der Erfindung bereitzustellen, in denen eine

Integralbildung über die gesamte Regelabweichung  $\Delta T$  ausgeführt wird, wobei die Integralbildung erst zu einem Zeitpunkt beginnt, an dem der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  den definierten Temperaturbereich bzw. die tote Zone verlässt.

**[0089]** Solange die Kesseltemperatur, bzw. der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$ , oberhalb des ersten Temperaturbereichswerts  $T_1$  bleibt, wird der Wert des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  bestimmt.

**[0090]** Im Schritt S410 Abschalten des Brenners 10 wird der Brenner 10 abgeschaltet, wenn der Wert des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  den eingestellten ersten Schwellwert  $SW_1$  erreicht oder übersteigt, oder wenn zuvor der Absolutbetrag der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T$  den eingestellten Maximalwert für die Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T_{MAX}$  erreicht oder übersteigt. Durch das Abschalten des Brenners wird eine Wärmezufuhr von dem Brenner 10 zu dem Kessel 20 geändert, so dass die Kesseltemperatur zu sinken beginnt.

**[0091]** Selbst bei ausgeschaltetem Brenner wird im Schritt S411 nach Abschalten des Brenners weiterhin das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  bestimmt. Hierbei wird das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  mindestens bis zu einem Zeitpunkt bestimmt, zu dem die abnehmende Kesseltemperatur den ersten Temperaturbereichswert  $T_1$  erreicht oder unterschreitet. Schließlich wird das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  bis zu einem Zeitpunkt  $t_3$  weiter bestimmt, an dem der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  den ersten Temperaturbereichswert  $T_1$  erreicht oder unterschreitet. Zu diesem Zeitpunkt wird das Bestimmen des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  beendet und der bis dahin bestimmte Wert  $I_{AB}(t_3)$  als neuer Wert für den zweiten Schwellwert  $SW_2$  festgelegt:

$$I_{AB}(t_3) = SW_2.$$

**[0092]** Sinkt die Kesseltemperatur weiter, so dass die Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T$  größer gleich der Differenz der Kesseltemperatur-Solltemperatur  $T_{SOLL}$  mit dem zweiten Temperaturbereichswert  $T_2$  an einem Zeitpunkt  $\tau_{ZU}$  wird, beginnt in Schritt S412 Bestimmen des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  die Integration zum Bestimmen des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$ :

$$I_{ZU}(t) = \int_{\tau_{ZU}}^t [\Delta T(\tau) - (T_{SOLL} - T_2)] d\tau$$

**[0093]** Erreicht oder unterschreitet das bestimmte Zuschaltintegral  $I_{ZU}(t)$  den zweiten Schwellwert  $SW_2$ , der entsprechend dem Wert des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t_3)$  zum Zeitpunkt  $t_3$  festgelegt ist, wird der Brenner im Schritt S405 wieder zugeschaltet, um den Kessel 20 im Schritt S406 wieder Wärme zuzuführen. Des Weiteren wird der Brenner 10 durch eine erweiterte Regelung auch dann zugeschaltet, wenn die Regelabweichung  $\Delta T$  bei sinkendem Kesseltemperatur-Istwert unterhalb des Sollwerts eine maximale Regelabweichung  $\Delta T_{MAX}$  erreicht oder überschreitet, obwohl das bestimmte Zuschaltintegral  $I_{ZU}(t)$  den zweiten Schwellwert  $SW_2 = I_{AB}(t_3)$  noch nicht erreicht hat.

**[0094]** Die Schritte S405 bis S412 werden zyklisch wiederholt, so dass der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  um den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  schwankt.

**[0095]** Durch das Festlegen des zweiten Schwellwert  $SW_2 = I_{AB}(t_3)$ , kann sichergestellt werden, dass der Kessel innerhalb eines Zyklus im gleichen Maße unterversorgt wird, wie er direkt zuvor mit Wärmeenergie übertersorgt wurde. Der Grund hierfür ist, dass das Abschaltintegral vom Zeitpunkt  $\tau_{AB}$  bis zum Zeitpunkt  $t_1$  im Wesentlichen dem Wert der zuviel eingebrachten Wärmeenergie entspricht, und es wird sichergestellt, dass der Brenner innerhalb des Zyklus solange ausgeschaltet bleibt, bis ein analog gebildetes Zuschaltintegral den gleichen Wert erreicht wie das zuvor gebildete Abschaltintegral, das im Wesentlichen einer Übertersorgung an Wärmeenergie entspricht. Innerhalb eines Zyklus ist somit sichergestellt, dass der Kessel weder über- noch unterversorgt wird.

**[0096]** Fig. 5 zeigt einen Zyklus eines Brenners, der nach dem Verfahren zum Regeln eines Brenners nach dem in Fig. 4 beschriebenen zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung geregelt wird. Fig. 5 zeigt den Temperaturverlauf der Kesseltemperatur als Funktion der Zeit  $t$  und den entsprechenden zeitlichen Verlauf der Brennerleistung  $P_B$  als Funktion der Zeit  $t$ . Der eingestellte Sollwert  $T_{SOLL}$  für die Kesseltemperatur ist durch eine horizontale Linie dargestellt. Ober- und unterhalb des eingestellten Sollwerts  $T_{SOLL}$  sind zwei weitere horizontale Linien dargestellt, die die Tote Zone bzw. den definierten Temperaturbereich um den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  definieren und die

ersten und zweiten Temperaturbereichswerte  $T_1$  und  $T_2$  darstellen. Zusätzlich stellt eine weitere horizontale Linie die eingestellte maximale Regelabweichung  $\Delta T_{MAX}$  dar.

**[0097]** Zu einem Zeitpunkt  $t_0$  wird der Brenner 10 zugeschaltet, dargestellt durch den Anstieg der Brennerleistung zum Zeitpunkt  $t_0$  (S405). Die Kesseltemperatur steigt aufgrund des Zuschaltens des Brenners 10 und erreicht bzw. überschreitet den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  und kurz daraufhin zu einem Zeitpunkt  $\tau_{AB}$  den ersten Temperaturbereichswert  $T_1$ . Zu diesem Zeitpunkt  $\tau_{AB}$  beginnt das Bestimmen des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  im Schritt S409. Zu einem Zeitpunkt  $t_1$  erreicht der bestimmte Wert des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  den eingestellten ersten Schwellwert  $SW_1$ , so dass der Brenner zu diesem Zeitpunkt  $t_1$  abgeschaltet wird, dargestellt durch den Abfall der Brennerleistung  $P_{Br}$  zum Zeitpunkt  $t_1$  (S410).

**[0098]** Das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  wird nun im Schritt S411 weiter bestimmt, bis der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  zu einem Zeitpunkt  $t_3$  den ersten Temperaturbereichswert  $T_1$  erreicht und unterschreitet. Die schraffierte Fläche unterhalb des Verlaufs der Kesseltemperatur als Funktion der Zeit  $t$  zwischen den Zeitpunkten  $\tau_{AB}$  und  $t_3$  entspricht dem Wert des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t_3)$  zum Zeitpunkt  $t_3$ . Dieser Wert wird als neuer zweiter Schwellwert  $SW_2$  für das nächste zu bestimmende Zuschaltintegral  $I_{ZU}(t)$  festgelegt.

**[0099]** Nach dem Zeitpunkt  $t_3$  fällt die Kesseltemperatur bei abgeschaltetem Brenner 10 weiter, bis sie kurz darauf unter die definierte Tote Zone, also unter den ersten Temperaturbereichswert  $T_2$  fällt. Zu diesem Zeitpunkt  $\tau_{ZU}$  beginnt das Bestimmen des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  im Schritt S412.

**[0100]** Zu einem Zeitpunkt  $t_2$  erreicht der Wert des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t_2)$  den zweiten Schwellwert  $SW_2 = I_{AB}(t_3)$ , so dass der Brenner 10 zum Zeitpunkt  $t_2$  im Schritt S405 erneut zugeschaltet wird. Ab- und Zuschaltintegralwerte, die bisher bestimmt wurden, und/oder der zweite Schwellwert  $SW_2$  werden zurückgesetzt, so dass ein weiterer Brennerzyklus anhand der Regelungsmethode nach der vorliegenden Erfindung nach dem zweiten Ausführungsbeispiel erneut erfolgen kann.

**[0101]** Fig. 6 illustriert die Wirkungsweise des eingestellten Regelabweichungsmaximalwerts  $\Delta T_{MAX}$ . Die Kesseltemperatur steigt nach Zuschalten des Brenners 10 zu einem Zeitpunkt  $t_0$ . An einem Zeitpunkt  $t_2$  übersteigt die Kesseltemperatur den ersten Temperaturbereichswert  $T_1$  und das Bestimmen des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  beginnt. Die Regelabweichung steigt nach Zuschalten des Brenners 10 so schnell, dass die Kesseltemperatur  $T_{IST}$  zu einem Zeitpunkt  $t_4$  einen Wert erreicht, bei dem der Absolutbetrag der ermittelten momentanen Regelabweichung  $\Delta T(t_4)$  den eingestellten Regelabweichungsmaximalwert  $\Delta T_{MAX}$  erreicht.

**[0102]** Nach dem zweiten Ausführungsbeispiel des Verfahrens zum Regeln eines Brenners nach der vorliegenden Erfindung wird der Brenner zu diesem Zeitpunkt  $t_4$  abgeschaltet, obwohl der Wert des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t_4)$  zu diesem Zeitpunkt  $t_4$  noch nicht den ersten Schwellwert  $SW_1$  erreicht oder überschritten hat.

**[0103]** Somit können auch bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, bei dem das Ein- und Ausschalten des Brenners anhand der Bestimmung von Ab- und Zuschaltintegralen bestimmt wird, zu hohe Temperaturamplituden bei schnellem Anstieg oder Fall der Kesseltemperatur vermieden werden, indem die Regelabweichung zusätzlich zu den bestimmten Regelabweichungsintegralen begrenzt wird, d. h. bei einer sehr hohen Überschreitung des Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$  wird der Brenner ebenfalls abgeschaltet, gegebenenfalls unabhängig von dem bestimmten Abschaltintegral.

**[0104]** Weiterhin wird in dem Regelungsverfahren eines Brenners nach dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ein Temperaturbereich, bzw. eine Tote Zone (z. B. 1 K) definiert, wobei innerhalb der Toten Zone weder Zu- noch Abschaltintegrale gebildet werden. Innerhalb dieser Toten Zone wird die Integration also angehalten.

**[0105]** In einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens zum Regeln eines Brenners nach der vorliegenden Erfindung wird der Wert des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  zusätzlich auch zurückgesetzt, wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  bei in Betrieb befindlichem Brenner unterschreitet. In diesem Falle wird das Abschaltintegral auf den Wert Null zurückgesetzt, bzw. der Zeitpunkt, zu dem der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  erneut überschreitet als neuer Startzeitpunkt für die Bestimmung des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  verwendet.

**[0106]** Somit kann vermieden werden, dass ein lange laufender Brenner in einem modulierenden Betrieb durch Kumulation kleiner Regelabweichungen abgeschaltet wird. Bei modulierendem Betrieb kann auch eine kleine Schwankung der Kesseltemperatur innerhalb der definierten Toten Zone auftreten, in der nach dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ebenfalls keine Ab- und Zuschaltintegrale gebildet werden. Somit tritt bei kleinen Regelabweichungen innerhalb der Toten Zone keine Kumulation beim Bestimmen der Ab- oder Zuschaltintegrale auf, so dass kleine Regelabweichungen innerhalb der Toten Zone nicht zu unnötigem oder unerwünschtem Ein- und Ausschalten des Brenners 10 führen können.

**[0107]** Fig. 7 zeigt eine Vorrichtung zum Regeln eines Brenners nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die dazu geeignet ist, zumindest eines der erfindungsgemäßen Verfahren nach den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung auszuführen. Die Vorrichtung 30 zum Regeln eines Brenners 10 nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst ein Kesseltemperatur-Sollwert-Einstellungsmittel 31, ein Kesseltemperatur-Istwert-Ermittlungsmittel 32, ein Regelabweichungs-Bestimmungsmittel 33, ein Brennersteuerungsmittel 34, ein Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel 35, ein Schwellwert-Einstellungsmittel 36, ein Regelabweichungs-

chungsgrenzwert-Einstellungsmittel 37 und ein Temperaturbereichs-Definitionsmittel 38.

**[0108]** Das Kesseltemperatur-Sollwert-Einstellungsmittel 31 ist geeignet, einen Sollwert für die Kesseltemperatur, also den oben beschriebenen Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  für die Regelung des Brenners 10, einzustellen.

**[0109]** Das Kesseltemperatur-Istwert-Ermittlungsmittel 32 ist dazu geeignet, den momentanen Wert der Kesseltemperatur, also den Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  in zumindest einem Teil des Kessels zu ermitteln. Das Kesseltemperatur-Istwert-Ermittlungsmittel 32 umfasst hierzu zumindest ein Mittel zum Messen der Kesseltemperatur in einem Bereich des Kessels oder eine Vielzahl von Mitteln zum Ermitteln von Kesseltemperaturen an verschiedenen Stellen des Kessels, wobei das Kesseltemperatur-Istwert-Ermittlungsmittel 32 gegebenenfalls dazu geeignet ist, die von der Vielzahl von Mitteln ermittelten Kesseltemperaturwerte festzustellen und weiterzuverarbeiten, gegebenenfalls durch gewichtete oder ungewichtete Mittelwertbildung, um einen Istwert  $T_{IST}$  zu bestimmen.

**[0110]** Weiterhin ist das Kesseltemperatur-Istwert-Ermittlungsmittel 32 dazu geeignet, den Istwert der Kesseltemperatur kontinuierlich oder wiederholt bzw. periodisch zu ermitteln. Somit kann die Kesseltemperatur  $T_{IST}$  als Funktion der Zeit  $t$  ermittelt werden.

**[0111]** Das Regelabweichungs-Bestimmungsmittel 33 ist dazu geeignet, eine Regelabweichung  $\Delta T$  zwischen dem eingestellten Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  und dem momentan ermittelten Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  zu bestimmen. Hierzu ist das Regelabweichungs-Bestimmungsmittel 33 zumindest geeignet, eine Differenz  $\Delta T = T_{SOLL} - T_{IST}$  zu bestimmen.

**[0112]** Das Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel 35 ist dazu geeignet, die kontinuierlich oder wiederholt von dem Regelabweichungs-Bestimmungsmittel 33 bestimmten Regelabweichungen  $\Delta T(t)$  über die Zeit  $t$  zu integrieren, Integrale in Abhängigkeit der Regelabweichung zu bestimmen und/oder den Absolutwert eines bestimmten Integrals über die Zeit  $t$  zu bilden.

**[0113]** Das Brennersteuerungsmittel 34 ist dazu geeignet, den Brenner 10 zu- und abzuschalten anhand der bestimmten Zu- und Abschaltintegrale, die durch das Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel 35 bestimmt werden.

**[0114]** Das Temperaturbereichs-Definitionsmittel 38 ist dazu geeignet, einen Temperaturbereich, bzw. eine Tote Zone, um den eingestellten Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  zu definieren. Das Temperaturbereichs-Definitionsmittel 38 ist dazu geeignet, einen ersten Temperaturbereichswert  $T_1$  größer dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  und einen zweiten Temperaturbereichswert  $T_2$  kleiner dem Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  einzustellen oder einen Temperaturbereich um den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  zu definieren durch Einstellen einer Temperaturbereichshalbbreite, die eine halbe Breite des zu definierenden Temperaturbereichs definiert, wobei der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  im Mittelpunkt des definierten Temperaturbereichs liegt.

**[0115]** Das Schwellwert-Einstellungsmittel 36 ist dazu geeignet, einen ersten Schwellwert  $SW_1$  und/oder zweiten Schwellwert  $SW_2$  als Schwellwerte für die bestimmten Zu- und Abschaltintegrale, die durch das Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel 35 bestimmt werden, einzustellen. Das Brennersteuerungsmittel 34 ist dazu geeignet den Brenner 10 abzuschalten, wenn ein bestimmtes Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  den ersten Schwellwert  $SW_1$  erreicht oder überschreitet, und den Brenner 10 abzuschalten, wenn ein von dem Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel 35 bestimmtes Zuschaltintegral  $I_{ZU}(t)$  den zweiten Schwellwert  $SW_2$  erreicht oder überschreitet.

**[0116]** Das Regelabweichungsgrenzwert-Einstellungsmittel 37 ist dazu geeignet, einen Maximalwert für die Regelabweichung als Regelabweichungsgrenzwert  $\Delta T_{MAX}$  einzustellen, so dass große Temperaturamplituden vermieden werden können, indem das Brennersteuerungsmittel 34 den Brenner ab- bzw. zuschaltet, wenn die von dem Regelabweichungs-Bestimmungsmittel 33 bestimmte Regelabweichung  $\Delta T$  oder der Absolutwert davon den eingestellten Regelabweichungsgrenzwert  $\Delta T_{MAX}$  erreicht, bevor ein von dem Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel 35 bestimmtes Zu- oder Abschaltintegral einen festgelegten Schwellwert erreicht oder überschreitet.

**[0117]** Schließlich umfasst die Vorrichtung 30 zum Regeln eines Brenners 10 weiterhin ein Integral-Zurücksetzungsmittel 39, das dazu geeignet ist, ein von dem Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel 35 bestimmtes Integral auf den Wert Null zurückzusetzen, wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  in den definierten Temperaturbereich (Tote Zone) eindringt, insbesondere, wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  bei eingeschaltetem Brenner zurück in den definierten Temperaturbereich fällt.

**[0118]** Durch die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele des Verfahrens zum Regeln eines Brenners 10 nach der vorliegenden Erfindung und die beschriebene bevorzugte Ausführungsform einer Vorrichtung zum Regeln eines Brenners 10 nach der vorliegenden Erfindung wird eine deutliche Optimierung der Regelung eines Brenners ermöglicht, wenn der Brenner unterhalb einer minimal modulierbaren Brennerleistung getaktet wird. Dies ermöglicht eine deutliche Erhöhung der Brennerlaufzeiten, wodurch dynamische Belastungen durch Temperaturschwankungen des Kessels vermieden werden und eine emissionsärmere Verbrennung im Brenner ermöglicht wird.

**[0119]** Durch das Festlegen des zweiten Schwellwert  $SW_2$  anhand des bestimmten Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  bis zu einem Zeitpunkt, an dem die Kesseltemperatur bei abgeschaltetem Brenner unter den eingestellten Sollwert  $T_{SOLL}$  fällt, wird ermöglicht, dass der Kessel oder eine an den Kessel angeschlossene Heizanlage für ein Gebäude bei einem Stillstand des Brenners im selben Maße unterversorgt wird, wie im selben Zyklus kurz vor überversorgt wurde. Im zeitlichen Mittel wird somit eine Über- oder Unterversorgung an Wärmeenergie vermieden.

[0120] Erfindungsgemäß wird somit eine Regelungsmethode eines Brenners bereitgestellt, bei der weiterhin Komforteinbußen für einen Nutzer vermieden werden. Die nur kurzzeitig innerhalb eines Zyklus auftretende Über- bzw. Unterversorgung kann durch die Trägheit auf der Verbraucherseite ausgeglichen werden.

[0121] Weiterhin wird ermöglicht, dass ein gewünschtes Verhalten (lange Laufzeiten oder geringe Temperaturamplituden gewünscht) einfach über einen einzigen Parameter (z.B. der erste Schwellwert  $SW_1$ ) eingestellt werden kann, wenn der zweite Schwellwert  $SW_2$  für das Zuschaltintegral anhand des zuvor bestimmten Abschaltintegrals bestimmt wird.

[0122] Das erfindungsgemäße Verfahren ist hierbei sowohl für Gas- als auch Ölbrenner geeignet, sowie für weitere Brennerarten, die für Lasten unterhalb einer minimal modulierbaren Brennerleistung getaktet werden. Das Verfahren ist für Heizungsanlagen für alle Gebäudetypen und Auslegungstemperaturen geeignet und bietet eine hohe Robustheit aufgrund des Integralansatzes, nach dem die Ab- und Zuschaltzeitpunkte des Brenners in einem Zyklus nicht anhand starrer Temperaturgrenzen, sondern anhand eines Integrals der Regelabweichung über die Zeit  $t$  bestimmt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln der Laufzeit eines Brenners (10), der geeignet ist, einem Kessel (20) Wärme zuzuführen, wobei das Verfahren die Verfahrensschritte umfasst:

- Einstellen (S31; S401) eines Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$ , der einen Sollwert der Kesseltemperatur angibt,
- Zuführen (S33; S406) von Wärme durch den Brenner (10) zu dem Kessel (20),
- kontinuierliches oder wiederholtes Ermitteln (S34; S407) eines momentanen Kesseltemperatur-Istwerts  $T_{IST}$ , der von einer momentanen Temperatur in zumindest einem Teil des Kesselvolumens abhängt, zum Bestimmen des Kesseltemperatur-Istwerts  $T_{IST}(t)$  als Funktion der Zeit  $t$ , und
- kontinuierliches oder wiederholtes Bestimmen (S35; S408) einer momentanen Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T$ , die eine Differenz zwischen dem eingestellten Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  und dem bestimmten momentanen Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  angibt, zum Bestimmen der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  als Funktion der Zeit  $t$ ,

**gekennzeichnet durch** die Verfahrensschritte:

- Bestimmen (S36; S409, S411) eines Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  **durch** Integralbildung in Abhängigkeit der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  über die Zeit  $t$ , wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  größer ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ ,
- Abschalten (S37; S410) des Brenners (10) zu einem ersten Zeitpunkt  $t_1$ , an dem der Wert  $I_{AB}(t_1)$  des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  einen ersten Schwellwert  $SW_1$  erreicht, um das Zuführen von Wärme **durch** den Brenner (10) zu beenden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die weiteren Verfahrensschritte:

- Bestimmen (S38; S412) eines Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  **durch** Integralbildung in Abhängigkeit der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  über die Zeit  $t$ , wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  kleiner ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , und
- Zuschalten (S32; S405) des Brenners (10) zu einem zweiten Zeitpunkt  $t_2$ , an dem der Wert  $I_{ZU}(t_2)$  des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  einen zweiten Schwellwert  $SW_2$  erreicht, um dem Kessel (20) Wärme **durch** den Brenner (10) zuzuführen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** wiederholtes Ausführen der Schritte Zuführen (S33; S406) von Wärme, Bestimmen (S36; S409, S411) des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$ , Abschalten (S37; S410) des Brenners (10), Bestimmen (S38; S412) eines Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  und Zuschalten (S32; S405) des Brenners (10).

4. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** den weiteren Verfahrensschritt Einstellen (S402) des ersten Schwellwerts  $SW_1$ .

5. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  bestimmt wird durch Integration bis zu einem dritten Zeitpunkt  $t_3$ , an dem der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}(t)$  den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  oder einen vorbestimmten ersten Temperaturbereichswert  $T_1$  nach Abschalt-

ten des Brenners (10) erreicht oder unterschreitet, und wobei der zweite Schwellwert  $SW_2$  entsprechend dem Wert  $I_{AB}(t_3)$  des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  zu dem dritten Zeitpunkt  $t_3$  festgelegt wird, so dass der zweite Zeitpunkt  $t_2$  der Zeitpunkt ist, an dem der Absolutwert  $|I_{ZU}(t)|$  des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  den Absolutwert  $|I_{AB}(t_3)|$  des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  zu dem dritten Zeitpunkt  $t_3$  erreicht oder überschreitet.

- 5
6. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 5, **gekennzeichnet durch** den Verfahrensschritt des Einstellens (S404) eines Regelabweichungsgrenzwerts  $\Delta T_{MAX}$ , wobei der Brenner (10) zu dem ersten Zeitpunkt  $t_1$  oder zu einem vierten Zeitpunkt  $t_4$ , an dem der Absolutwert  $|\Delta T(t_4)|$  der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  einen Regelabweichungsgrenzwert  $\Delta T_{MAX}$  erreicht oder überschreitet, vor dem ersten Zeitpunkt  $t_1$  abgeschaltet wird.
- 10
7. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** den Verfahrensschritt des Definierens (S403) eines Temperaturbereichs um den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  **durch** Einstellen eines ersten Temperaturbereichswerts  $T_1$ , der größer ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , und eines zweiten Temperaturbereichswerts  $T_2$ , der kleiner ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , wobei das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  nur dann bestimmt wird, wenn der bestimmte momentane Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  größer als der erste Temperaturbereichswert  $T_1$  ist, und wobei das Zuschaltintegral  $I_{ZU}(t)$  nur dann bestimmt wird, wenn der bestimmte momentane Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  kleiner als der zweite Temperaturbereichswert  $T_2$  ist.
- 15
8. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 7, **gekennzeichnet durch** den weiteren Verfahrensschritt des Zurücksetzens des bestimmten Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  auf den Wert Null, wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  bei zugeschaltetem Brenner (10) unterschreitet.
- 20
9. Vorrichtung zum Regeln der Laufzeit eines Brenners (10), der geeignet ist, einem Kessel (20) Wärme zuzuführen, mit:
- 25
- einem Kesseltemperatur-Sollwert-Einstellungsmittel (31) zum Einstellen eines Kesseltemperatur-Sollwerts  $T_{SOLL}$ , der einen Sollwert der Kesseltemperatur angibt,
  - einem Kesseltemperatur-Istwert-Ermittlungsmittel (32) zum kontinuierlichen oder wiederholten Ermitteln eines momentanen Kesseltemperatur-Istwerts  $T_{IST}$ , der eine momentane Temperatur in zumindest einem Teil des Kesselvolumens angibt, zum Bestimmen des Kesseltemperatur-Istwerts  $T_{IST}(t)$  als Funktion der Zeit  $t$ ,
  - einem Regelabweichungs-Bestimmungsmittel (33) zum kontinuierlichen oder wiederholten Bestimmen einer momentanen Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T$ , die eine Differenz zwischen dem eingestellten Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  und dem bestimmten momentanen Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  angibt, zum Bestimmen der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  als Funktion der Zeit  $t$ , und
  - einem Brennersteuerungsmittel (34) zum Zu- und Abschalten des Brenners (10),
- 30
- 35

**gekennzeichnet durch**

- 40
- ein Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel (35) zum Bestimmen eines Integrals **durch** Integralbildung in Abhängigkeit der Regelabweichung  $\Delta T(t)$  über die Zeit  $t$ ,

wobei das Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel (35) ein Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  bestimmt, wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  größer ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , und das Brennersteuerungsmittel (34) den Brenner (10) zu einem ersten Zeitpunkt  $t_1$  abschaltet, an dem der Wert  $I_{AB}(t_1)$  des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  einen ersten Schwellwert  $SW_1$  erreicht, um das Zuführen von Wärme **durch** den Brenner (10) zu beenden.

45

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel (35) ein Zuschaltintegral  $I_{ZU}(t)$  bestimmt, wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  kleiner ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , und das Brennersteuerungsmittel (34) den Brenner (10) zu einem zweiten Zeitpunkt  $t_2$  zuschaltet, an dem der Wert  $I_{ZU}(t_2)$  des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  einen zweiten Schwellwert  $SW_2$  erreicht, um dem Kessel (20) Wärme durch den Brenner (10) zuzuführen.
- 50
- 55

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **gekennzeichnet durch** ein Schwellwert-Einstellungsmittel (36) zum Einstellen des ersten Schwellwerts  $SW_1$ .

12. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel (35) das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  durch Integration bis zu einem dritten Zeitpunkt  $t_3$  bestimmt, an dem der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  oder einen ersten Temperaturbereichswert  $T_1$  nach Abschalten des Brenners (10) erreicht oder unterschreitet, und wobei das Brennersteuerungsmittel (34) den zweiten Schwellwert  $SW_2$  entsprechend dem Wert  $I_{AB}(t_3)$  des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  zu dem dritten Zeitpunkt  $t_3$  festgelegt, so dass der zweite Zeitpunkt  $t_2$  der Zeitpunkt ist, an dem der Absolutwert  $|I_{ZU}(t)|$  des Zuschaltintegrals  $I_{ZU}(t)$  den Absolutwert  $|I_{AB}(t_3)|$  des Abschaltintegrals  $I_{AB}(t)$  zu dem dritten Zeitpunkt  $t_3$  erreicht oder überschreitet.
13. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 12, **gekennzeichnet durch** ein Regelabweichungsgrenzwert-Einstellungsmittel (37) zum Einstellen eines Regelabweichungsgrenzwerts  $\Delta T_{MAX}$ , wobei der Brenner (10) zu dem ersten Zeitpunkt  $t_1$  oder zu einem vierten Zeitpunkt  $t_4$ , an dem der Absolutwert  $|\Delta T(t_4)|$  der Regelabweichungsdifferenz  $\Delta T(t)$  einen Regelabweichungsgrenzwert  $\Delta H_{MAX}$  erreicht oder überschreitet, vor dem ersten Zeitpunkt  $t_1$  **durch** das Brennersteuerungsmittel (34) abgeschaltet wird.
14. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 13, **gekennzeichnet durch** ein Temperaturbereich-Definitionsmittel (38) zum Definieren eines Temperaturbereichs um den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  **durch** Einstellen eines ersten Temperaturbereichswerts  $T_1$ , der größer ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , und eines zweiten Temperaturbereichswerts  $T_2$ , der kleiner ist als der Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$ , wobei das Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  nur dann von dem Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel (35) bestimmt wird, wenn der bestimmte momentane Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  größer als der erste Temperaturbereichswert  $T_1$  ist, und das Zuschaltintegral  $I_{ZU}(t)$  nur dann von dem Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel (35) bestimmt wird, wenn der bestimmte momentane Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  kleiner als der zweite Temperaturbereichswert  $T_2$  ist.
15. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 14, **gekennzeichnet durch** ein Integral-Zurücksetzungsmittel (39) zum Zurücksetzen eines von dem Regelabweichungsintegral-Bestimmungsmittel (35) bestimmten Integrals auf den Wert Null, wobei das Integral-Zurücksetzungsmittel (39) das bestimmte Abschaltintegral  $I_{AB}(t)$  auf den Wert Null zurücksetzt, wenn der Kesseltemperatur-Istwert  $T_{IST}$  den Kesseltemperatur-Sollwert  $T_{SOLL}$  bei zugeschaltetem Brenner (10) unterschreitet.

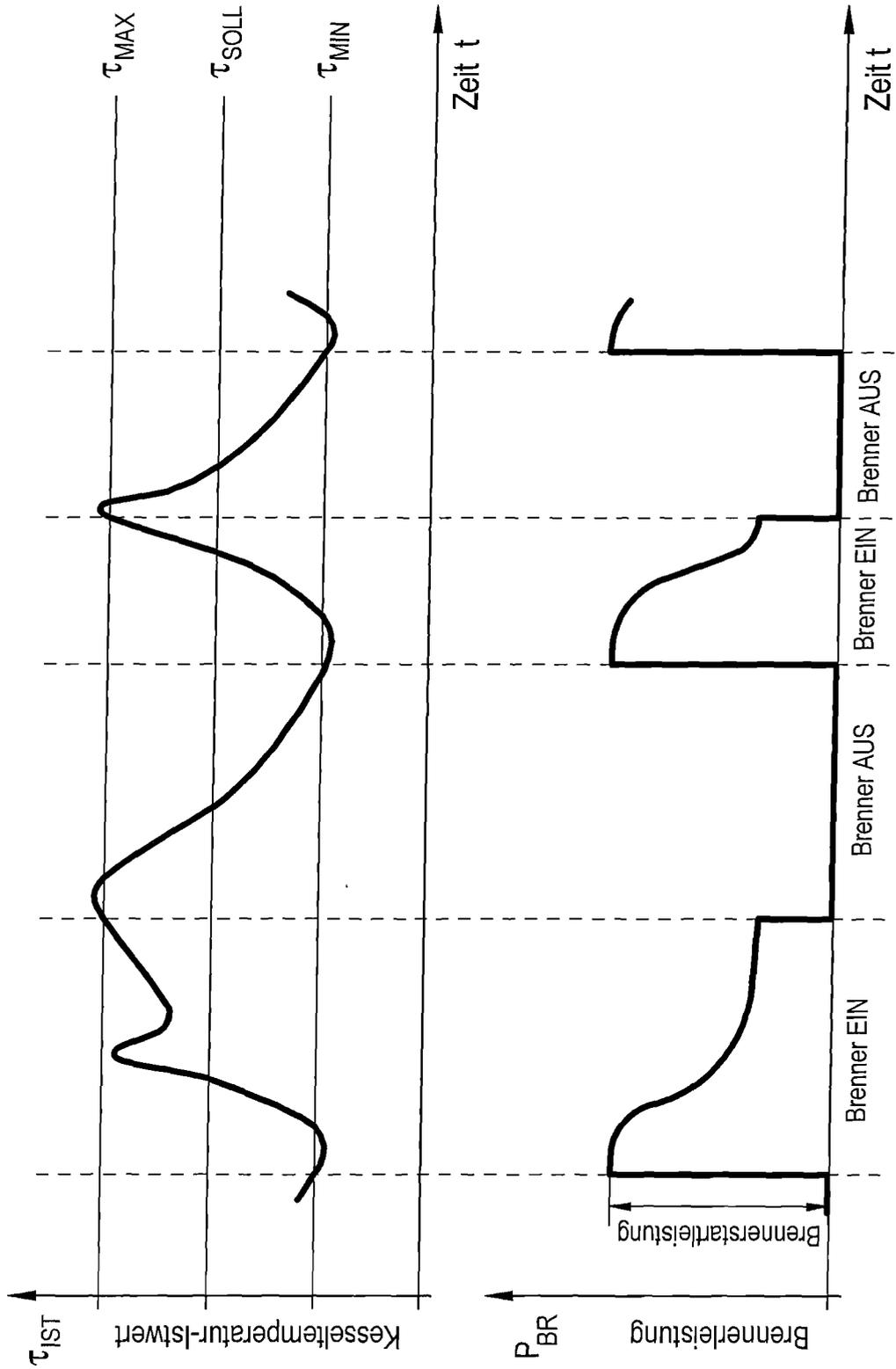


Fig. 1 Stand der Technik

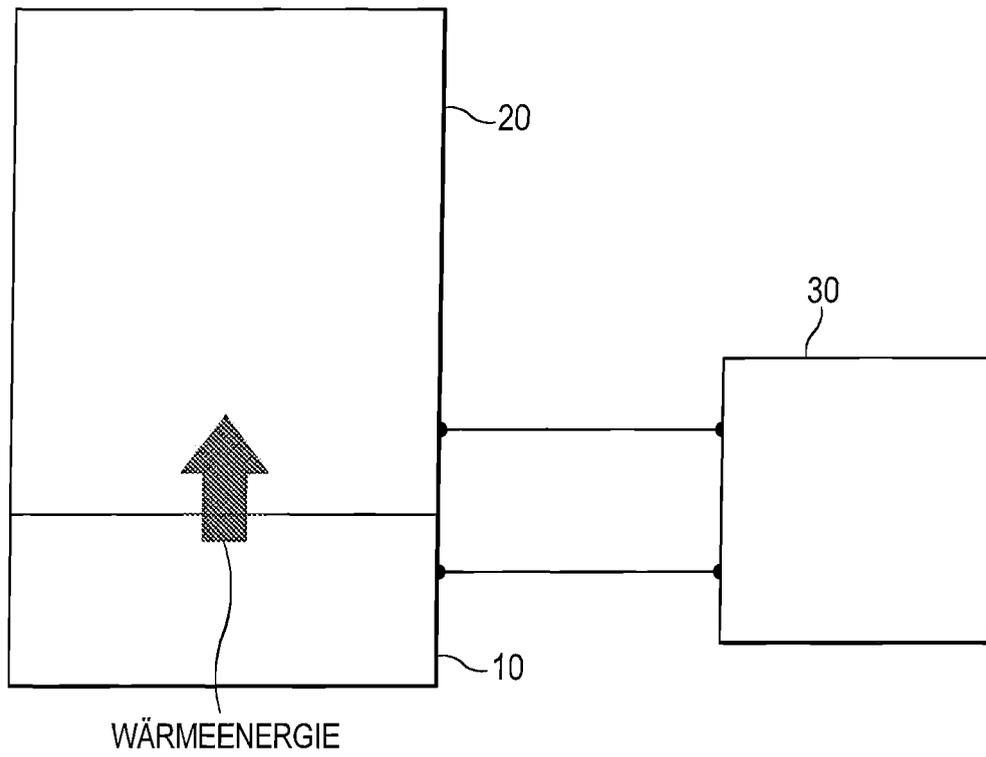


Fig. 2

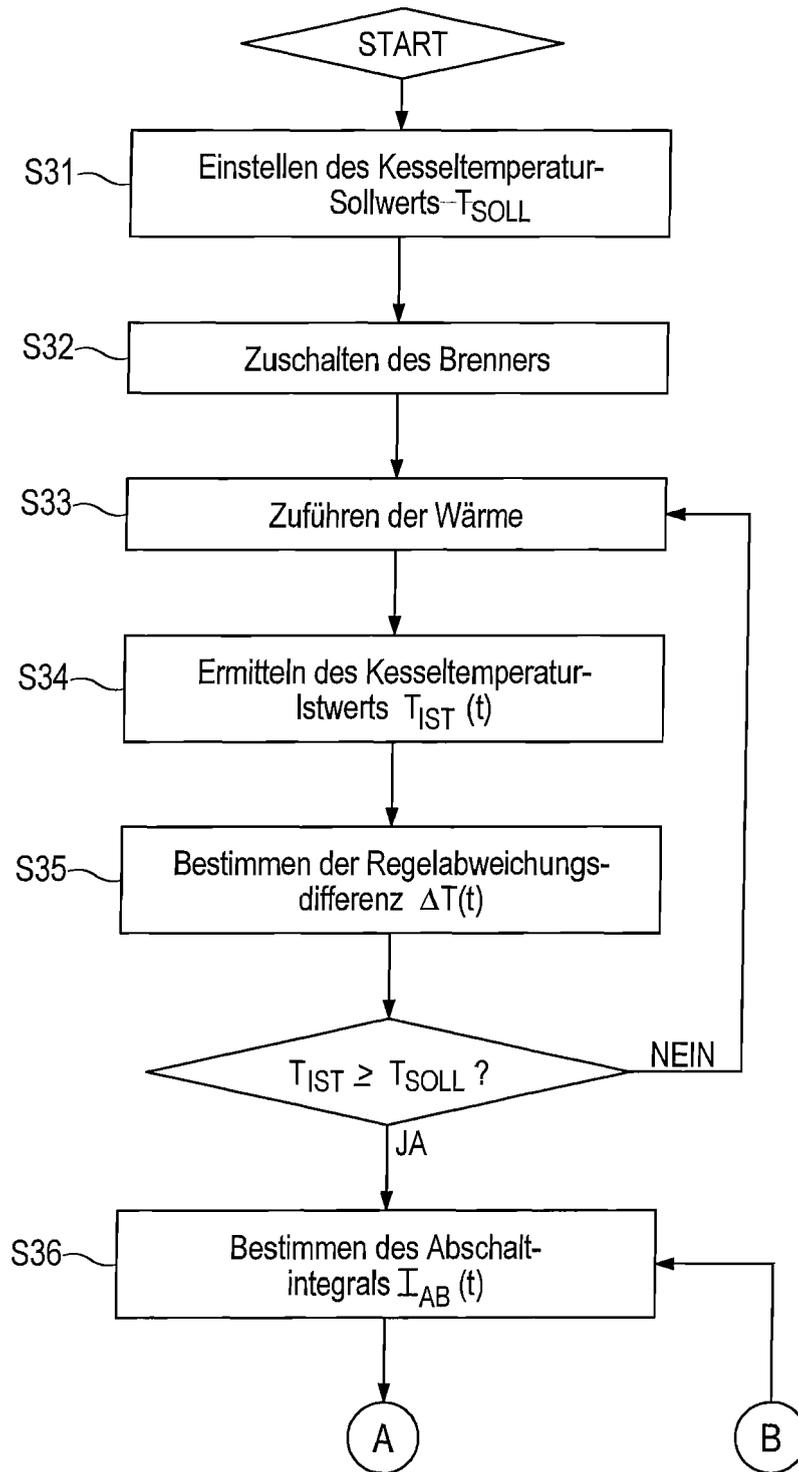
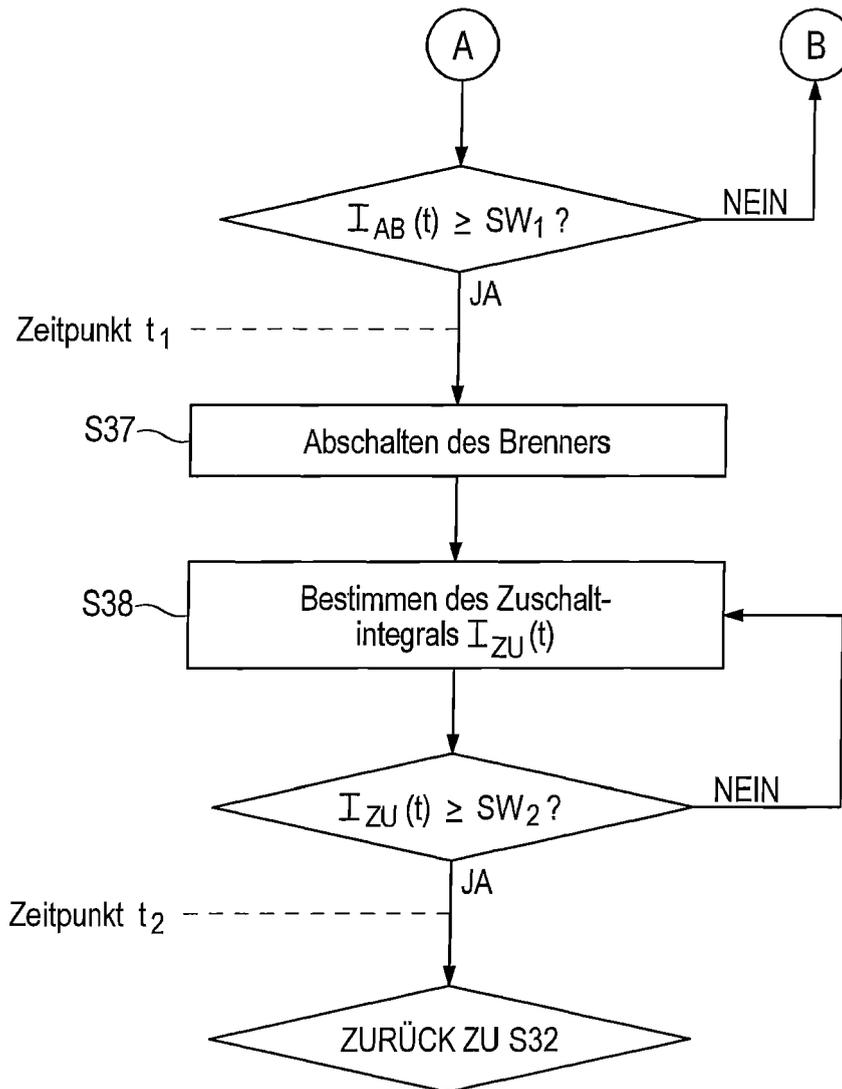


Fig. 3A

Fig. 3B  
(fortgesetzt)



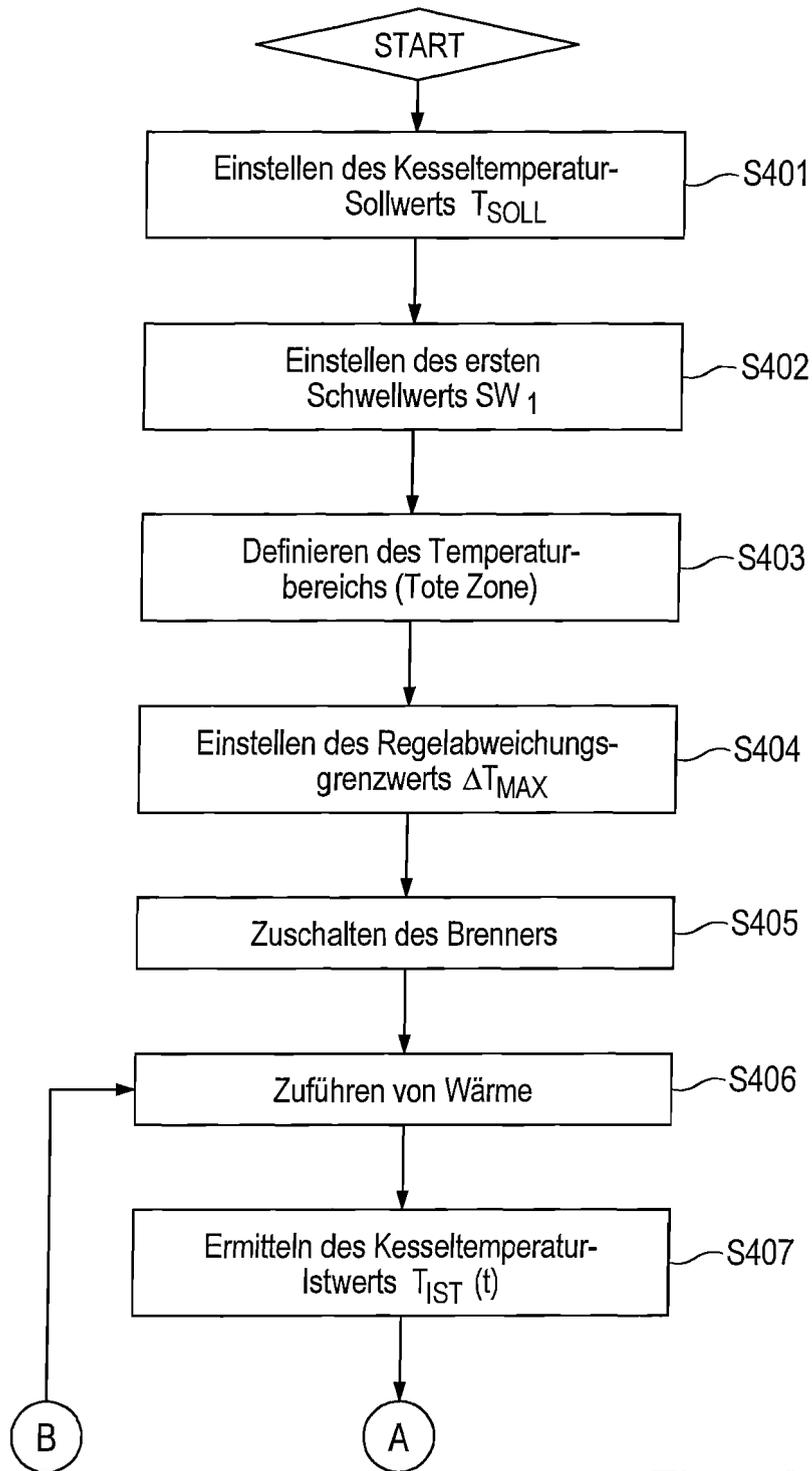


Fig. 4A

Fig. 4B  
(fortgesetzt)

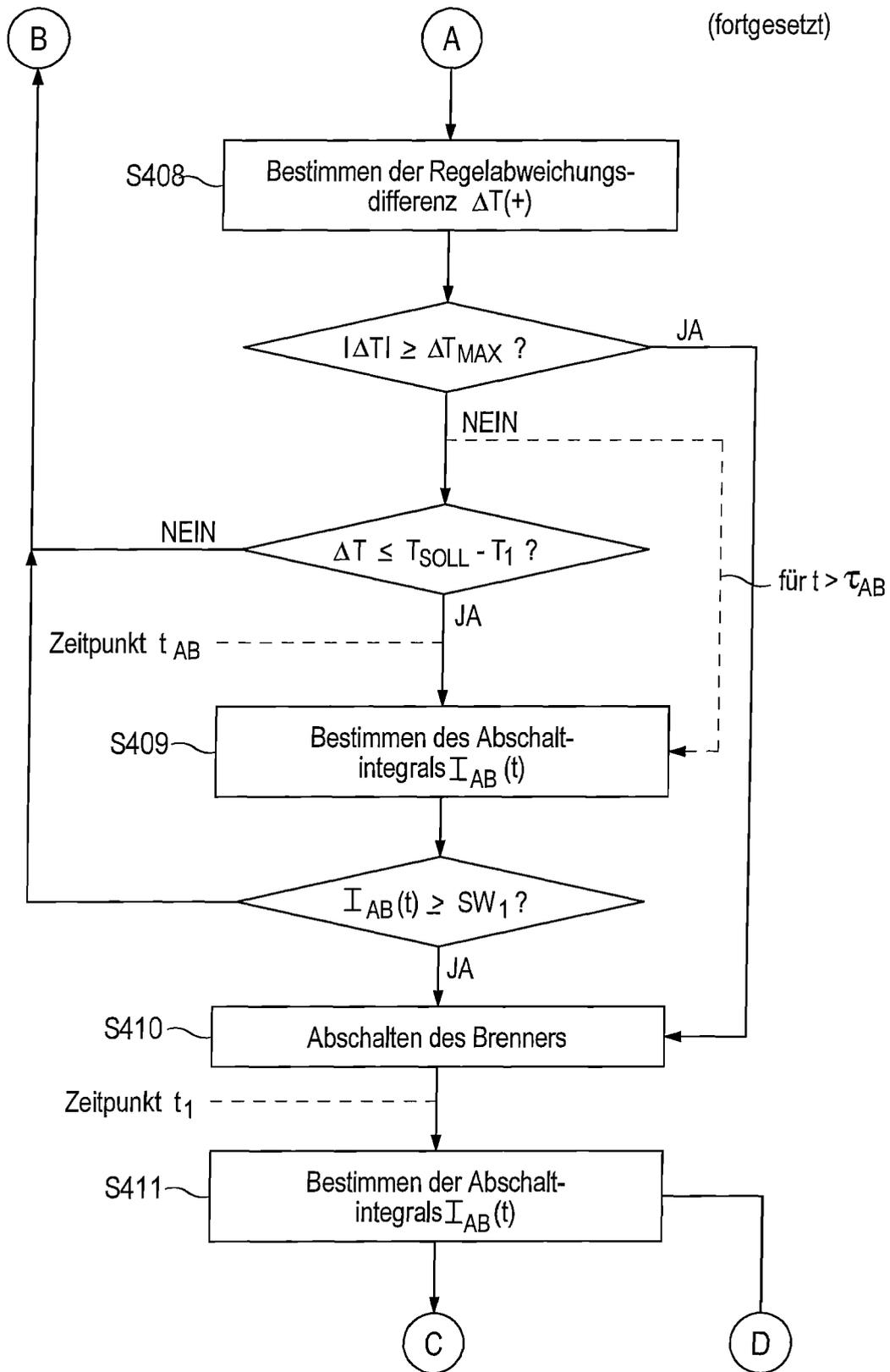
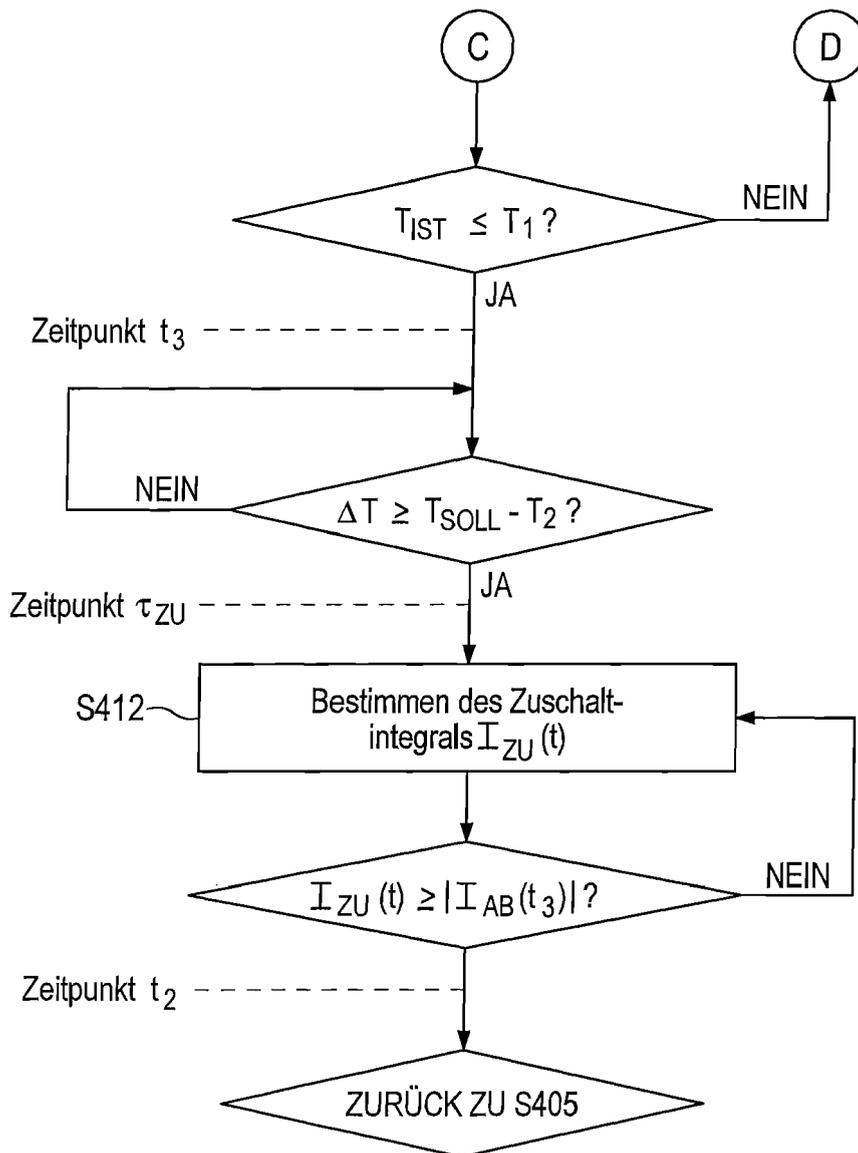


Fig. 4C  
(fortgesetzt 2)



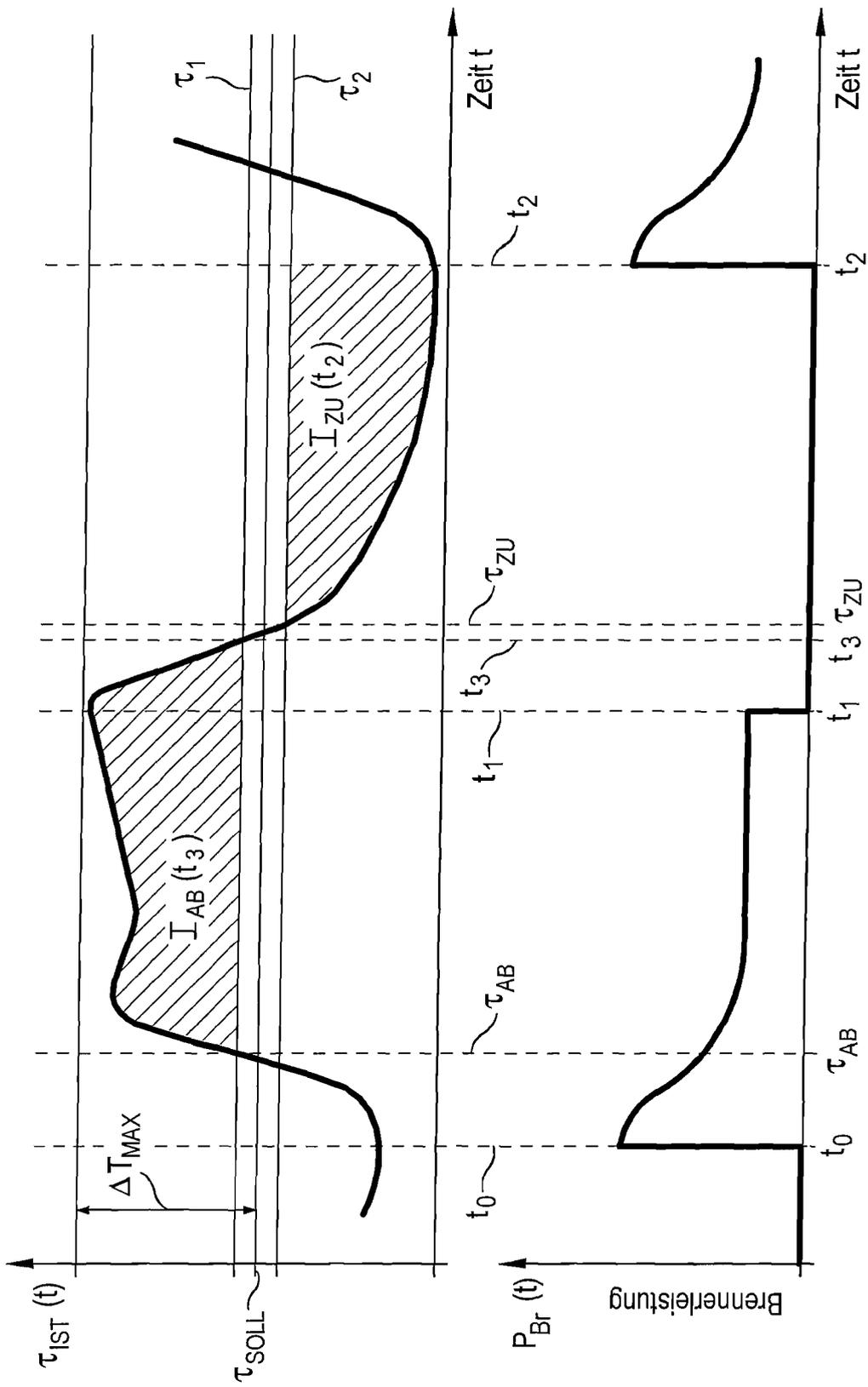


Fig. 5

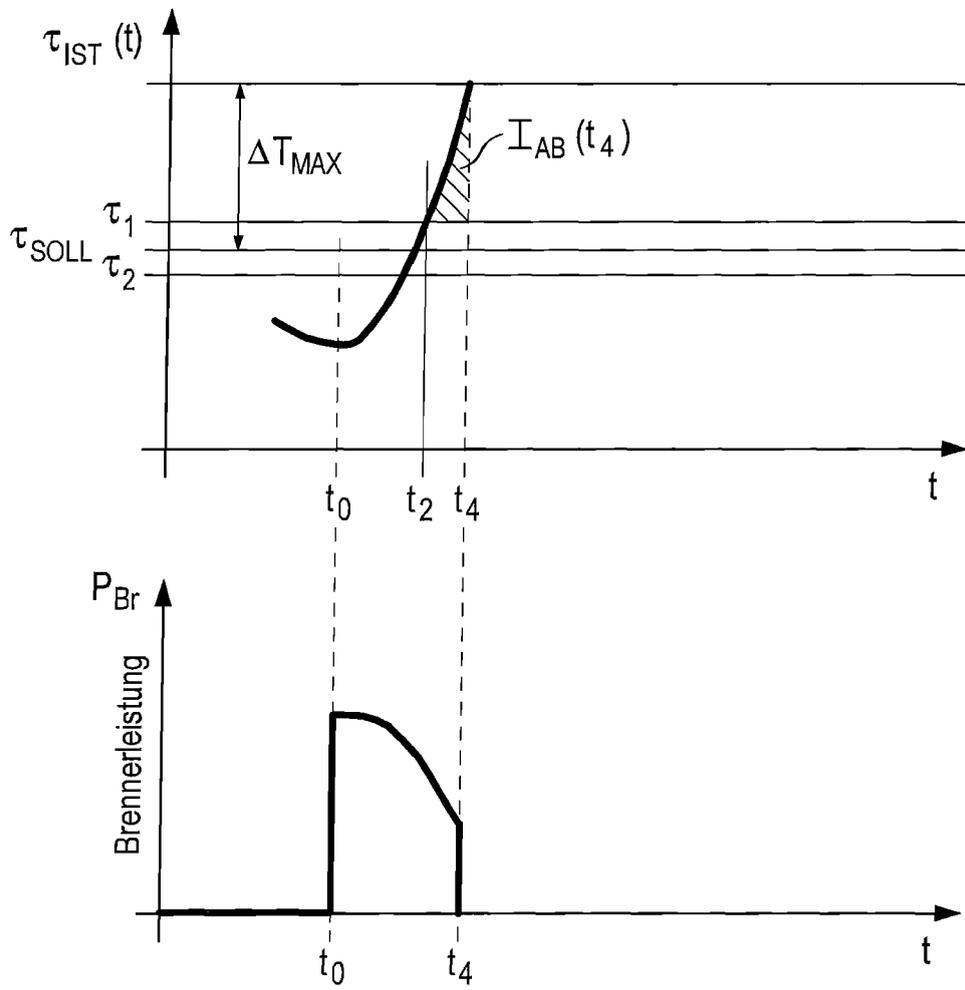


Fig. 6

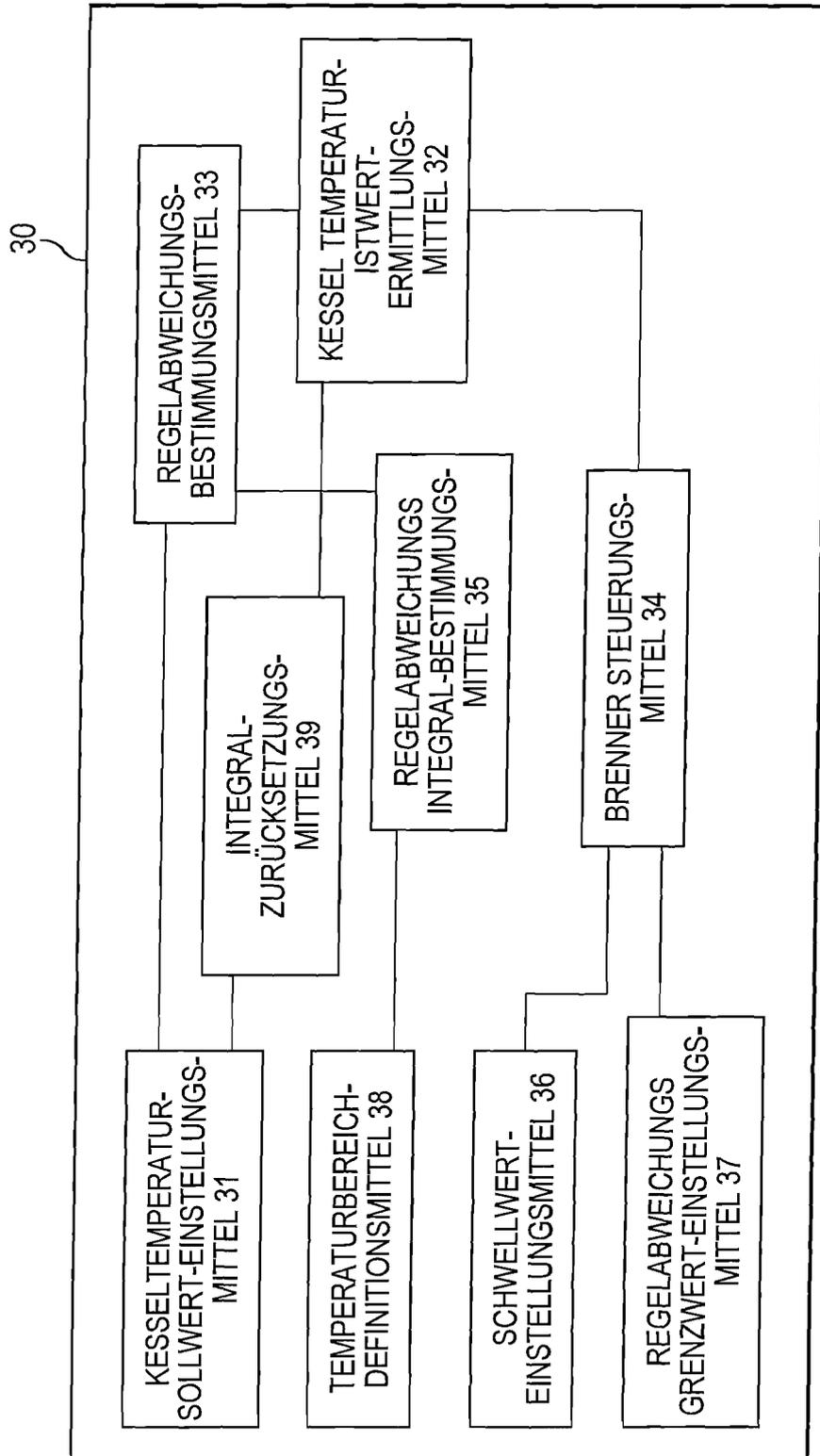


Fig. 7