

(19)



(11)

EP 2 913 734 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.09.2015 Patentblatt 2015/36

(51) Int Cl.:
G05D 23/19 (2006.01) **F24C 7/04** (2006.01)
F24C 15/24 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15154354.3**

(22) Anmeldetag: **09.02.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL 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 RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder:
• **Bach, Christine**
90431 Nürnberg (DE)
• **Indefrey, Klaus**
90489 Nürnberg (DE)
• **Schmidt, Bernhard**
90425 Nürnberg (DE)
• **Schneider, Reinhard**
96049 Bamberg (DE)
• **Stoll, Jürgen**
90768 Fürth (DE)

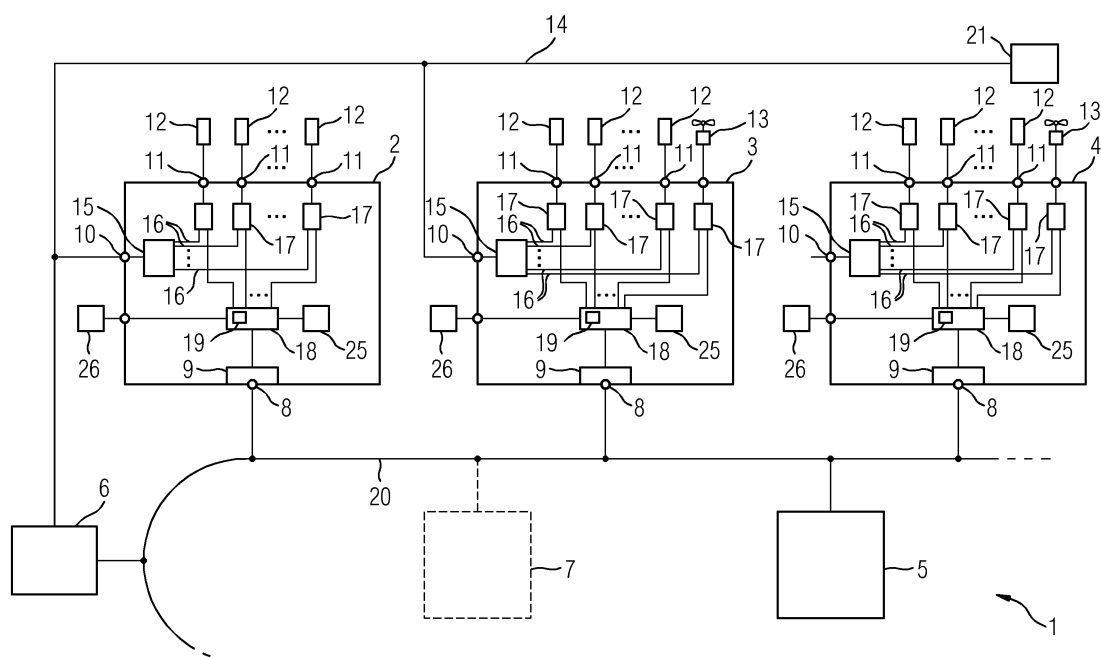
(30) Priorität: **28.02.2014 DE 102014203667**

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(54) **Verfahren zum Betreiben einer Anlage mit zumindest einer Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung, Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung sowie Anlage**

(57) Beim Betreiben einer Anlage (1) mit zumindest einer Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung (2, 3, 4) für Heizelemente (12) werden erfindungsgemäß Werte für einen Energieverbrauch und/oder eine aktuelle Leistungsaufnahmen der Heizelemente (12) ohne Verwendung von Messwerten für elektrische Ströme anhand von charakteristischen Parametern der Heizelemente (12) und anhand von Werten von Steuer- und/

oder Regelungsgrößen für die Steuerung und/oder Regelung einer Heizleistung der Heizelemente (12) ermittelt. Hierdurch kann die Netzbelastung durch die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen (2, 3, 4) auch ohne aufwendige und damit teure Messeinrichtungen in den Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung (2, 3, 4) ermittelt, gemeldet und optimiert werden.

**EP 2 913 734 A2**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Anlage mit zumindest einer Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung gemäß Patentanspruch 1, eine Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung gemäß Patentanspruch 8 sowie eine Anlage mit einer derartigen Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung gemäß Patentanspruch 12.

[0002] Industriell gefertigte Produkte werden oft mit Hilfe von Heizungen thermisch behandelt. Schon geringe Abweichungen im Wärmeprozess können dabei zu einer enormen Beeinträchtigung der Produktqualität führen. Um die Qualität eines wärmebehandelten Produktes zu erhöhen, ist es wichtig, die benötigte Energie zeitlich und räumlich sehr präzise fokussieren zu können. Dies erfolgt mit Hilfe spezieller Heizungssteuerungen und/oder -regelungen, die eine höchst präzise Ansteuerung von Heizelementen gewährleisten. Als Heizelemente kommen dabei häufig ohmsche Verbraucher in Form von Heizstrahlern, insbesondere Infrarotstrahlern, zum Einsatz.

[0003] Beispielsweise weisen Blasformanlagen üblicherweise Heizstrahlerfelder zum Erwärmen von Preformen auf. Die Heizstrahler (Infrarotstrahler) werden von einer Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung über ein in die Spannungsversorgung geschaltetes Schaltelement elektrisch versorgt, hinsichtlich ihrer Leistungsabgabe gesteuert/geregelt und überwacht.

[0004] Die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung empfängt hierzu häufig über einen offenen Feldbus von einer übergeordneten Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung, z.B. einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS), Sollwerte für die Heizleistung der angeschlossenen Heizelemente. Die Sollwerte können beispielsweise in Form von absoluten Sollwerten, von auf eine maximale Leistung bezogenen Sollwerten oder von auf eine Nennleistung bezogenen Sollwerten vorliegen. Die Leistung kann sich beispielsweise auf eine abzugebende Heizleistung oder eine aufzunehmende elektrische Leistung von Heizelementen beziehen. Aus diesen Sollwerten werden dann in der Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung mit Hilfe eines vorgegebenen Steuer- und/oder Regelungsalgorithmus Ansteuersignale für die Schaltelemente abgeleitet. Die Sollwerte können aber auch schon in Form von Pulspaketen oder Prozentwerten an Halbwellen pro Zeiteinheit (z.B. pro Sekunde) vorliegen, aus denen dann direkt Ansteuersignale für die Schaltelemente abgeleitet werden können. Über die Ansteuersignale werden dann die Schaltzustände der Schaltelemente und damit die Heizleistungen der Heizelemente gesteuert oder geregelt. Zur Vereinfachung und zur besseren Verständlichkeit werden im Folgenden alle diese Sollwerte als "Sollwerte für eine Heizleistung" bezeichnet.

[0005] Die Ansteuerung der Schaltelemente und somit die Steuerung oder Regelung des Schaltzustandes bzw. der Heizleistung kann beispielsweise mit einer Phasenanschnittsteuerung oder einer Halbwellensteuerung mit im Nulldurchgang leistungslos schaltenden Schaltelementen erfolgen. Hierbei kommen als Schaltelemente beispielsweise Halbleiterschalter (z.B. Solid-State Relay) zum Einsatz.

[0006] Bekannte derartige Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen weisen dabei üblicherweise pro Heizelement eine elektrische Ausgangsleistung von ca. 0.5 bis 5 kW (bei einer Versorgungsspannung von 230V dc) und eine max. elektrische Gesamtausgangsleistung von 500kW auf.

[0007] Üblicherweise werden in einer Anlage mehrere derartige Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen (meist zusammen mit anderen Einrichtungen der Anlage) aus einem gemeinsamen Spannungsversorgungsnetz der Anlage gespeist. Aufgrund ihres elektrischen Leistungsbedarfs führen die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen manchmal zu einer starken Netzbelastung.

[0008] Um das Spannungsversorgungsnetz hinsichtlich seiner Belastung zu optimieren, ist es notwendig, einen aktuellen Leistungsverbrauch der Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen bzw. der von diesen angesteuerten Heizelemente zu kennen. Hierzu ist es bereits bekannt, in den Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen die elektrische Leistung explizit anhand von elektrischen Messgrößen (Strom durch die Heizelemente, Spannung an den Heizelementen) zu ermitteln, und zwar entweder separat für jedes Heizelement (bzw. jeden Heizkanal) oder insgesamt für jede Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung. Nachteilig hierbei ist, dass eine aufwendige und damit teure Messeinrichtung zur Erfassung der Messgrößen notwendig ist.

[0009] Es ist daher Aufgabe vorliegender Erfindung, die Netzbelastung durch die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen mit geringerem Aufwand zu ermitteln.

[0010] Die Lösung dieser Aufgabe gelingt durch ein Verfahren zum Betreiben einer Anlage mit zumindest einer Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung gemäß Patentanspruch 1, eine Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung gemäß Patentanspruch 8 sowie eine Anlage mit einer derartigen Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung gemäß Patentanspruch 12. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind jeweils Gegenstand der Unteransprüche.

[0011] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer Anlage mit zumindest einer Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung für Heizelemente werden Werte für einen Energieverbrauch und/oder eine aktuelle Leistungsaufnahme der Heizelemente anhand von charakteristischen Parametern der Heizelemente und anhand von Werten von Steuer- und/oder Regelungsgrößen für die Steuerung und/oder Regelung einer Heizleistung der Heizelemente ermittelt. Erfindungsgemäß werden hierbei keine Messwerte für elektrische Ströme verwendet

[0012] Wie sich herausgestellt hat, ist es für Heizelemente möglich, den Energieverbrauch und/oder die aktuelle Leistungsaufnahme ohne Messung elektrischer Ströme, vorzugsweise sogar ganz ohne Messung irgendwelcher elektrischer Größen, durch eine Berechnung anhand von charakteristischen Parametern der Heizelemente und anhand von Werten von Steuer- und/oder Regelungsgrößen für die Steuerung und/oder Regelung der Heizleistung der Heizelemente zu ermitteln. Der Grund liegt darin, dass es sich bei Heizelementen im Wesentlichen um rein ohmsche Verbraucher und somit um Komponenten mit geringer elektrischer Komplexität handelt. Die Genauigkeit der Berechnung ist zwar gegenüber einer Messung etwas geringer, aber - wie sich überraschenderweise gezeigt hat - für die meisten Anlagen bzw. Applikationen ausreichend.

[0013] Auf der anderen Seite sind gerade Messeinrichtungen zur Messung elektrischer Ströme sehr aufwendig und damit teuer. Da erfindungsgemäß keine Messwerte für elektrische Ströme verwendet werden, kann auf eine derartige Messeinrichtung verzichtet werden. Eine Ermittlung des Energieverbrauchs und/oder der aktuellen Leistungsaufnahme und somit der Netzbelastung kann folglich mit geringerem Aufwand erfolgen. Wenn die Ermittlung des Energieverbrauchs und/oder der aktuellen Leistungsaufnahme ganz ohne Messung irgendwelcher elektrischer Größen erfolgt, sind überhaupt keine Messeinrichtungen notwendig und Aufwand hierfür kann vollständig vermieden werden.

[0014] Bei den Steuer- und/oder Regelungsgrößen kann es sich beispielsweise um Sollwerte für die Heizelement handeln, die beispielsweise in Form von absoluten Sollwerten, von auf eine maximale Leistung bezogenen Sollwerten oder von auf eine Nennleistung bezogenen Sollwerten vorliegen. Die Leistung kann sich beispielsweise auf eine abzugebende Heizleistung oder eine aufzunehmende elektrische Leistung von Heizelementen beziehen. Die Sollwerte können aber auch schon in Form von Pulspaketen oder Prozentwerten an Halbwellen pro Zeiteinheit (z.B. pro Sekunde) für Schaltelemente für die Heizelemente vorliegen.

[0015] Die Ermittlung des Energieverbrauchs und/oder der Leistungsaufnahme kann dabei direkt in der jeweiligen Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung erfolgen und die ermittelten Werte können anschließend beispielsweise an eine übergeordnete Steuer- und/oder Regelungseinrichtung für die Heizelemente oder an ein Energiemanagementsystem der Anlage übertragen werden.

[0016] Bevorzugt dient die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung auch zur Steuerung und/oder Regelung von elektrischen Lüfterantrieben, wobei Werte für einen Energieverbrauch und/oder eine aktuelle Leistungsaufnahme der Lüfterantriebe ohne Verwendung von Messwerten für elektrische Ströme anhand von charakteristischen Parametern der Lüfter und anhand von Werten von Steuer- und/oder Regelungsgrößen für die Steuerung und/oder Regelung der Lüfterantriebe ermittelt werden. Dies ist vor allem dann möglich, wenn es sich um einfache Lüfterantriebe mit geringer elektrischer Komplexität handelt (z.B. einphasig versorgte Lüfterantriebe). Es kann somit bei der Bestimmung der Netzbelastung auch der Energieverbrauch und/oder die Leistungsaufnahme der Lüfter berücksichtigt werden, wobei auch dies zumindest ohne Messung elektrischer Ströme, vorzugsweise vollständig ohne Messung irgendwelcher elektrischer Größen, durch eine Berechnung ermittelt wird. Die Berücksichtigung des Energieverbrauchs bzw. der Leistungsaufnahme der Lüfter ist gerade in Anlagen wichtig, bei denen der Energieverbrauch und/oder die Leistungsaufnahme der Lüfter im Vergleich zu denen der Heizelemente nicht zu vernachlässigen ist.

[0017] Von Vorteilen umfassen die charakteristische Parameter eine oder mehrere der folgenden Angaben zu den Heizelementen, vorzugsweise auch zu den Lüfterantrieben: Typ, Nennleistung, Nennstrom, Nennspannung.

[0018] Anhand einer Information über den Typ des Heizelements, vorzugsweise auch des Lüfterantriebs, und der diesem Typ zugeordneten Nennleistung, Nennstrom und/oder Nennspannung kann mit Hilfe von Steuer- und/oder Regelungsgrößen, wie z.B. einem absoluten Sollwert, einem Sollwert in Form eines prozentualen Sollwerts bezogen auf eine maximale Leistung, eines Prozentwerts von Halbwellen pro Zeiteinheit (z.B. einer Sekunde) oder einer Zahl von Pulspaketen pro Zeiteinheit (z.B. einer Sekunde) sehr einfach auf die durch ein Heizelement, vorzugsweise auch einen Lüfterantrieb, fließenden Ströme und anliegenden Spannungen geschlossen werden und somit der Energieverbrauch oder die aktuelle Leistungsaufnahme ermittelt werden. Nichtlinearitäten in den Strom-/Spannungskennlinien der Heizelemente können dabei durch Kennlinien berücksichtigt werden, die die Abhängigkeit der aufgenommenen Leistung von dem jeweiligen Sollwert beschreiben.

[0019] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung können an den Heizelementen anliegende Spannungen oder eine gemeinsame Versorgungsspannung für die Heizelemente gemessen und mit den gemessenen Spannungswerten eine Genauigkeit der ermittelten Werte des Energieverbrauchs und/oder der aktuellen Leistungsaufnahme verbessert werden. Messeinrichtungen für eine reine Spannungsmessung sind nicht sehr aufwendig und oft schon in Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen integriert, da sie genutzt werden, um eine gemeinsame Versorgungsspannung für die Heizelemente zu messen und damit Spannungsschwankungen bei der Steuerung und/oder Regelung der Heizleistung der Heizelemente auszugleichen. Wie sich herausgestellt hat, kann durch Berücksichtigung von Spannungsmesswerten anstatt von berechneten oder abgeschätzten Spannungswerten mit geringem Aufwand die Genauigkeit der Ermittlung des Energieverbrauchs und/oder der aktuellen Leistungsaufnahme verbessert werden.

[0020] Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung werden die Heizleistungen der Heizelemente, vorzugsweise auch Leistungen der Lüfterantriebe, anhand des ermittelten Energieverbrauchs und/oder der ermittelten aktuellen Leistungsaufnahme gesteuert und/oder geregelt. Hierdurch kann die Netzbelastung und der Betrieb der Anlage anhand

verschiedenster Kriterien optimiert werden. Die Steuerung und/oder Regelung kann beispielsweise durch eine übergeordneten Steuer- und oder Regelungseinrichtung oder ein Energiemanagementsystem erfolgen.

[0021] Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung werden die Heizleistungen der Heizelemente, vorzugsweise auch die Leistungen der Lüfterantriebe, auf eines oder mehrere der folgenden Ziele gesteuert und/oder geregelt:

- Begrenzung von Spitzenströmen in der Anlage auf einen Grenzwert,
- Begrenzung oder Minimierung der aufgenommenen elektrischen Gesamt-Leistung und/oder des elektrischen Gesamt-Energieverbrauchs in der Anlage,
- eine möglichst lange Lebensdauer der Heizelemente, vorzugsweise auch der Lüfterantriebe,
- Begrenzung von Temperaturen in der Anlage, insbesondere in Schalt- oder Steuerschränken.

[0022] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird der Energieverbrauch und/oder die aktuelle Leistungsaufnahme der Heizelemente über eine längere Zeit (z.B. einen Arbeitszyklus oder einen Arbeitstag) ermittelt und durch eine Analyse des zeitlichen Verlaufs die Anlage optimiert. Beispielsweise kann ein zeitlicher Mittelwert der Leistungsaufnahmen ermittelt, mit einer Nennleistung der Heizelemente verglichen und bei einer Überschreitung (Unterschreitung) der Nennleistung um jeweils einen vorgegebenen Grenzwert die Heizelemente durch Heizelemente mit einer höheren (niedrigeren) Nennleistung ersetzt werden. Es kann somit auf einfache Weise ein Unterdimensionierung (Überdimensionierung) von Heizelementen erkannt und ein Austausch durch geeignetere Heizelemente erfolgen. Eine erfindungsgemäße Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung zur Steuerung und/oder Regelung einer Heizleistung von Heizelementen weist auf:

- einen Speicher, in dem für die Heizelemente, vorzugsweise auch für Lüfterantriebe, charakteristische Parameter gespeichert sind,
- eine Berechnungseinheit, die derart eingerichtet ist, dass sie Werte für einen Energieverbrauch und/oder eine aktuelle Leistungsaufnahme der Heizelemente, vorzugsweise auch der Lüfterantriebe, ohne Verwendung von Messwerten von elektrischen Strömen anhand der charakteristischen Parameter und anhand von Werten von Steuer- und/oder Regelungsgrößen für die Steuerung und/oder Regelung einer Heizleistung der Heizelemente, vorzugsweise auch einer Leistung der Lüfterantriebe, ermittelt,
- eine Kommunikationsschnittstelle zur Übermittlung des ermittelten Energieverbrauchs und/oder der aktuellen Leistungsaufnahme an eine übergeordnete Einrichtung.

[0023] Der ermittelte Energieverbrauch und/oder die aktuelle Leistungsaufnahme kann dann über die Kommunikationsschnittstelle beispielsweise an eine übergeordnete Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung oder an ein übergeordnetes Energiemanagementsystems übermittelt bzw. gemeldet werden.

[0024] Bevorzugt umfassen die charakteristischen Parameter eine oder mehrere der folgenden Angaben zu den Heizelementen, vorzugsweise auch zu den Lüfterantrieben: Typ, Nennleistung, Nennstrom, Nennspannung.

[0025] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung derart ausgebildet, dass sie die charakteristischen Parameter bei einer Konfigurierung oder Inbetriebnahme abfragt und in dem Speicher abspeichert.

[0026] Von Vorteil ist die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung mit einer Spannungsmesseinrichtung zur Messung an den Heizelementen anliegender Spannungen oder einer gemeinsamen Versorgungsspannung der Heizelemente, vorzugsweise auch zur Messung an den Lüfterantrieben anliegender Spannungen oder einer gemeinsamen Versorgungsspannung der Lüfterantriebe, verbunden und ist derart ausgebildet, dass sie mit den Spannungsmesswerten eine Genauigkeit der ermittelten Werte des Energieverbrauchs und/oder der aktuellen Leistungsaufnahmen verbessert.

[0027] Eine erfindungsgemäße Anlage weist auf:

- zumindest eine vorstehend erläuterte Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung,
- ein oder mehrere an die Heizungssteuerungs- und/oder - regelungseinrichtung angeschlossene Heizelemente, vorzugsweise auch einen oder mehrere daran angeschlossene Lüfterantriebe, und
- eine übergeordnete Einrichtung, insbesondere eine übergeordneten Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung für die zumindest eine Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung oder ein Energiemanagementsystem der Anlage,
- wobei die zumindest eine Heizungssteuerungs- und/oder - regelungseinrichtung zur Übermittlung des ermittelten Energieverbrauchs und/oder der aktuellen Leistungsaufnahme über ihre Kommunikationsschnittstelle mit der übergeordneten Einrichtung verbunden ist.

[0028] Die übergeordnete Einrichtung ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass sie Heizleistungen der Heizelemente,

vorzugsweise auch Leistungen der Lüfterantriebe, anhand des übermittelten ermittelten Energieverbrauchs und/oder der ermittelten Leistungsaufnahmen steuert und/oder regelt.

[0029] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die übergeordnete Einrichtung derart ausgebildet, dass sie die Heizleistungen der Heizelemente, vorzugsweise auch die Leistung der Lüfterantriebe, auf eines oder mehrere der folgenden Ziele steuert und/oder regelt:

- Begrenzung von Spitzenströmen in der Anlage auf einen Grenzwert,
- Begrenzung oder Minimierung der aufgenommenen elektrischen Gesamt-Leistung und/oder des elektrischen Gesamt-Energieverbrauchs in der Anlage,
- eine möglichst lange Lebensdauer der Heizelemente, vorzugsweise auch der Lüfterantriebe,
- Begrenzung von Temperaturen in der Anlage, insbesondere in Schalt- oder Steuerschränken.

[0030] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die übergeordnete Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung derart ausgebildet, dass sie den Energieverbrauch und/oder die aktuelle Leistungsaufnahme der Heizelemente, vorzugsweise auch der Lüfterantriebe, über eine längere Zeit ermittelt, den zeitlichen Verlauf analysiert und auf Basis dieser Analyse Empfehlungen für eine Optimierung der Anlage ausgibt.

[0031] Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gemäß Merkmalen der Unteransprüche werden im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels in der Figur näher erläutert.

[0032] Eine in der Figur gezeigte Anlage 1 umfasst mehrere Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4, eine übergeordnete Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 5 für die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4, weitere Komponenten, von denen zur Vereinfachung nur eine einzige Komponente 6 dargestellt ist, sowie optional ein Energiemanagementsystem 7, wobei alle diese Komponenten an ein Kommunikationssystem 20 angeschlossen sind und hierüber miteinander kommunizieren können. Bei dem Kommunikationssystem 20 handelt es sich vorzugsweise um ein offenes industrielles Kommunikationssystem wie z.B. PROFIBUS oder PROFINET.

[0033] Jede der Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4 weist hierzu eine Kommunikationsschnittstelle 8 und eine Kommunikationseinheit 9 auf. Weiterhin weist jede der Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4 einen Leistungseingang 10 und mehrere (z.B. neun) Leistungsausgänge 11 auf. Daneben können die Einheiten 2, 3, 4 noch nicht näher dargestellte weitere Kommunikationsschnittstellen und/oder Spannungsversorgungsschnittstellen zur internen Spannungsversorgung der Einheiten 2, 3, 4 aufweisen.

[0034] An die Leistungsausgänge 11 ist jeweils ein Heizelement 12, insbesondere jeweils ein Heizstrahler, oder alternativ ein Lüfterantrieb 13 (siehe beispielhaft die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 3 und 4), elektrisch anschließbar bzw. angeschlossen.

[0035] Sämtliche Leistungseingänge 10 sowie die weitere Anlagenkomponente 6 sind elektrisch an ein anlageninternes Spannungsversorgungsnetz 14 (z.B. mit einer Nennspannung von 400Vac) zur Spannungsversorgung für die Heizelemente 12 bzw. den Lüfterantrieb 13 angeschlossen. Das Spannungsversorgungsnetz 14 wird wiederum aus einem Netz 21 eines Energieversorgers gespeist.

[0036] Jede der Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4 weist eine Stromverteilungseinrichtung 15 mit nicht näher dargestellten Leitungsschutzelementen auf, die eingangsseitig elektrisch mit dem Leistungseingang 10 und ausgangsseitig über jeweils einen Abzweig 16 elektrisch mit den Leistungsausgängen 11 verbunden ist, um diese mit elektrischem Strom aus dem Spannungsversorgungsnetz 14 zu versorgen. In jeden der Abzweige 16 ist jeweils ein Schaltelement 17 geschaltet. Als Schaltelement 17 kommt im Fall eines angeschlossenen Heizelements 12 vorzugsweise ein Halbleiterschalter (z.B. ein sogenanntes "Solid-State-Relay"), und im Fall eines angeschlossenen Lüfterantriebs 13 alternativ ein elektromechanisches Schütz zum Einsatz.

[0037] Vorzugsweise sind die Schaltelemente 17 in die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4 integriert, d.h. von deren Gehäuse umschlossen, es kann sich aber auch um gesonderte (d.h. nicht in das Gehäuse integrierte) Schaltelemente handeln.

[0038] Jede der Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4 weist weiterhin eine Steuer- und/oder Regeleinheit 18 auf.

[0039] Die Steuer- und/oder Regeleinheit 18 ist derart eingerichtet, dass sie den Schaltzustand der Schaltelemente 17 in Abhängigkeit von Steuerbefehlen (z.B. Zuschaltbefehle, Abschaltbefehle) und von Sollwerten für die Heizleistung steuert und/oder regelt.

[0040] Die Sollwerte können beispielsweise in Form von absoluten Sollwerten oder von auf eine maximale Leistung bezogenen Sollwerten vorliegen. Die Leistung kann sich beispielsweise auf eine abzugebende Heizleistung oder eine aufzunehmende elektrische Leistung von Heizelementen beziehen. Aus diesen Sollwerten werden dann in der Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung 2, 3, 4 mit Hilfe eines vorgegebenen Steuer- und/oder Regelungsalgorithmus Ansteuersignale für die Schaltelemente 17 abgeleitet. Die Sollwerte können aber auch schon in Form von Pulspaketen oder Prozentwerten an Halbwellen pro Zeiteinheit (z.B. pro Sekunde) vorliegen, aus denen dann in der

Steuer- und/oder Regeleinheit 18 direkt Ansteuersignale für die Schaltelemente abgeleitet werden können. Über die Ansteuersignale werden dann die Schaltzustände der Schaltelemente 17 und damit die Heizleistungen der Heizelemente 12 gesteuert oder geregelt.

[0041] Die Ansteuerung der Schaltelemente 17 und somit die Steuerung oder Regelung des Schaltzustandes bzw. der Heizleistung kann beispielsweise mit einer Phasenanschnittsteuerung oder einer Halbwellensteuerung erfolgen.

[0042] Die Kommunikationseinheit 9 ist derart eingerichtet, dass sie für die jeweilige Einheit 2, 3, 4 bestimmte Befehle (z.B. Befehle zum Zuschalten oder Abschalten der Heizelemente 12 zu bzw. von dem Spannungsversorgungsnetz 14) und Sollwerte für die Heizleistung über die Kommunikationsschnittstelle 8 empfängt und an die Steuer- und/oder Regeleinheit 18 übergibt.

[0043] In entsprechender Weise ist im Fall der Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinheit 3 die Steuer- und/oder Regeleinheit 18 derart eingerichtet, dass sie den Schaltzustand des Schaltelementes 17 für den Lüfterantrieb 13 in Abhängigkeit von Steuerbefehlen (z.B. Befehle zum Zuschalten oder Abschalten des Lüfterantriebs 13 zu bzw. von dem Spannungsversorgungsnetz 14) und optional auch von Sollwerten für die Antriebsleistung des Lüfterantriebs 13 steuert und/oder regelt.

[0044] Die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4 sind in der Figur in einer Ausführung als voneinander unabhängig arbeitende Kompaktgeräte mit jeweils einem eigenen Gehäuse gezeigt. Die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4 können aber auch einen modularen Aufbau haben und hierdurch wiederum aus mehreren Modulen bestehen, wie z.B. aus einem Kommunikations- und Steuermodul sowie mehreren Leistungsmodulen mit einem prinzipiell ähnlichen Aufbau wie die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4. Das Kommunikations- und Steuermodul dient dabei als Schnittstelle zum Kommunikationssystem 20 und steuert die Leistungsmodule über ein weiteres Kommunikationssystem, bei dem es sich auch um ein proprietäres Kommunikationssystem handeln kann.

[0045] Die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4 empfangen von der übergeordneten Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 5 über das Kommunikationssystem 20 Zu- und Abschaltbefehle für ein Zuschalten bzw. Abschalten der Heizelemente 12 bzw. des Lüfters 13 zu bzw. von dem Spannungsversorgungsnetz 14 sowie die Sollwerte für die Heizleistung der Heizelemente 12, optional auch für die Leistung des Lüfterantriebs 13.

[0046] Die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4 weisen weiterhin einen Speicher 25 auf, in dem für die Heizelemente 12 und - falls vorhanden - den Lüfterantrieb 13 charakteristische Parameter gespeichert sind. Die charakteristischen Parameter umfassen eine oder mehrere der folgenden Angaben zu den Heizelementen bzw. den Lüfterantrieben: Typ, Nennleistung, Nennstrom, Nennspannung.

[0047] Die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4 sind hierzu derart ausgebildet, dass sie die charakteristischen Parameter bei einer Konfigurierung oder Inbetriebnahme abfragen und in dem Speicher 25 abspeichern.

[0048] Die Steuer- und/oder Regeleinheit 18 umfasst eine Berechnungseinheit 19, die derart eingerichtet ist, dass sie Werte für einen Energieverbrauch und/oder eine aktuelle Leistungsaufnahme der Heizelemente 12 und - falls vorhanden - des Lüfterantriebs 13 ohne Verwendung von Messwerten von elektrischen Strömen anhand der charakteristischen Parameter und anhand von Werten von Steuer- und/oder Regelungsgrößen für die Steuerung und/oder Regelung der Heizleistung der Heizelemente 12 und - falls vorhanden - des Lüfterantriebs 13 ermittelt. Vorzugsweise erfolgt die Ermittlung der Werte ohne Verwendung von Messwerten irgendwelcher elektrischer Größen, d.h. alleine anhand der charakteristischen Parameter und anhand von Werten von Steuer- und/oder Regelungsgrößen.

[0049] Die Genauigkeit der ermittelten Werte des Energieverbrauchs und/oder der Leistungsaufnahme kann optional mit relativ geringem Aufwand dadurch verbessert werden, dass die Steuer- und/oder Regeleinheiten 18 mit einer Spannungsmesseinrichtung 26 zur Messung an den Heizelementen 12 - und falls vorhanden an dem Lüfterantrieb 13 - anliegender Spannungen oder zur Messung der Spannung des Spannungsversorgungsnetzes 14 verbunden ist und derart ausgebildet ist, dass sie mit den Spannungsmesswerten eine Genauigkeit der ermittelten Werte des Energieverbrauchs und/oder der aktuellen Leistungsaufnahmen verbessert.

[0050] Die Kommunikationseinheit 9 und die Kommunikationsschnittstelle 8 dienen dann zur Übermittlung des ermittelten Energieverbrauchs und/oder der ermittelten Leistungsaufnahme an die übergeordnete Steuer- und/oder Regelungseinrichtung 5 und/oder - falls vorhanden - an das Energiemanagementsystem 7.

[0051] Die übergeordnete Steuer- und/oder Regelungseinrichtung 5 und/oder das Energiemanagementsystem 7 oder beide zusammen im Zusammenwirken ist (sind) derart ausgebildet, dass sie die Heizleistungen der Heizelemente 12, vorzugsweise auch die Leistung der Lüfterantriebe 13, anhand der ermittelten Energieverbräuche und/oder der ermittelten Leistungsaufnahmen steuert (steuern) und/oder regelt (regeln), und zwar vorzugsweise auf eines oder mehrere der folgenden Ziele:

- Begrenzung von Spitzenströmen im Spannungsversorgungsnetz 14 der Anlage 1 auf einen Grenzwert,
- Begrenzung oder Minimierung der aufgenommenen elektrischen Gesamt-Leistung und/oder des elektrischen Gesamt-Energieverbrauchs im Spannungsversorgungsnetz 14 der Anlage 1,

- eine möglichst lange Lebensdauer der Heizelemente 12, vorzugsweise auch der Lüfterantriebe 13,
- Begrenzung von Temperaturen in der Anlage 1, insbesondere in Schalt- oder Steuerschränken.

[0052] Die übergeordnete Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 5, oder falls vorhanden das Energiemanagementsystem 7, ist auch derart ausgebildet, dass sie/es die Leistungsaufnahmen der Heizelemente 12 über eine längere Zeit (z.B. einen Arbeitszyklus oder einen Arbeitstag) ermittelt und durch eine Analyse des zeitlichen Verlaufs Empfehlungen für eine Optimierung der Anlage 1 ausgibt. Beispielsweise kann ein zeitlicher Mittelwert der Leistungsaufnahmen ermittelt, mit einer Nennleistung der Heizelemente verglichen und bei einer Überschreitung und/oder Unterschreitung der Nennleistung um jeweils einen vorgegebenen Grenzwert ein Signal erzeugt werden. Beim Betrieb der Anlage 1 wird in jeder der Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtungen 2, 3, 4 durch die jeweilige Berechnungseinheit 19 anhand der charakteristischen Parameter der Heizelemente 12, vorzugsweise auch der Lüfterantriebe 13, sowie anhand von Werten von Steuer- und/oder Regelungsgrößen für die Steuerung und/oder Regelung der Heizleistung der Heizelemente 12, vorzugsweise auch der Leistung der Lüfterantriebe 13, deren Energieverbrauch und/oder Leistungsaufnahme ermittelt und über das Kommunikationssystem 20 an die übergeordnete Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 5, falls vorhanden auch an das Energiemanagementsystem 7, übermittelt.

[0053] Hierzu sind in dem Speicher 25 eine Nennleistung P_n jedes Heizelements 12 bei anliegender Nennspannung (z.B. 230 Vac) sowie ein Typfaktor $T(S)$ hinterlegt, der abhängig ist vom Typ des Heizelements 12 und dem Sollwert für die Heizleistung (in % der Nennleistung P_n). Der Typfaktor berücksichtigt die vom jeweiligen Typ des Heizelements abhängige Nichtlinearität zwischen dem Sollwert und dem tatsächlichen Energieverbrauch oder der tatsächlich aufgenommen elektrischen Leistung. Der Typfaktor (TS) kann beispielsweise in Form einer Schar von Kennlinien für jeweils verschiedene Sollwerte S vorliegen.

[0054] Die elektrische Leistungsaufnahme pro Heizelement 12 beträgt dann:

$$P = P_n * S/100\% * T(S)$$

[0055] Mittels der Spannungsmesseinrichtung 26 kann die an den Heizelementen 12, vorzugsweise auch an den Lüfterantrieben 13, anliegende Spannung oder die Spannung der gemeinsamen Spannungsversorgung 14 gemessen und mit den gemessenen Spannungswerten eine Genauigkeit der ermittelten Werte des Energieverbrauchs und/oder der Leistungsaufnahme verbessert.

[0056] Bei Berücksichtigung einer hierdurch gemessenen elektrischen Spannung U beträgt die elektrische Leistungsaufnahme pro Heizelement 12 dann:

$$P = P_n * S/100\% * T(S) * (U/U_n)^2$$

wobei U_n die Nennspannung des Heizelementes 12 ist.

[0057] Die Heizleistungen der Heizelemente 12, vorzugsweise auch die Lüfterantriebe 13, werden dann durch die übergeordnete Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 5 anhand des empfangenen Energieverbrauchs und/oder Leistungsaufnahme gesteuert und/oder geregelt. Dies kann auch im Zusammenwirken mit dem Energiemanagementsystem 7 erfolgen, welches Zu- oder Abschaltbefehle für die Heizelemente 12, vorzugsweise auch für die Lüfterantriebe 13, oder Grenzwerte für die aufgenommene Leistung oder den Energieverbrauch über das Kommunikationssystem 20 an die übergeordnete Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 5 übermittelt. Diese erzeugt dann die Steuerbefehle und Sollwerte für die Heizleistung der Heizelemente 12, vorzugsweise auch für die Leistung der Lüfterantriebe 13, in Abhängigkeit von den von dem Energiemanagementsystem 7 empfangenen Werten.

[0058] Grundsätzlich kann in der übergeordneten Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 5, in dem Energiemanagementsystem 7 oder durch deren Zusammenwirken auf eines oder mehrere der folgenden Ziele gesteuert und/oder geregelt werden:

- Begrenzung von Spitzenströmen im Spannungsversorgungsnetz 14 der Anlage 1 auf einen Grenzwert,
- Begrenzung oder Minimierung der aufgenommenen elektrischen Gesamt-Leistung und/oder des elektrischen Gesamt-Energieverbrauchs im Spannungsversorgungsnetz 14 der Anlage 1,
- eine möglichst lange Lebensdauer der Heizelemente 12, vorzugsweise auch der Lüfterantriebe 13,
- Begrenzung von Temperaturen in der Anlage 1, insbesondere in Schalt- oder Steuerschränken.

[0059] Dabei kann in der übergeordnete Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 5, in dem Energiemanagementsystem 7 oder durch deren Zusammenwirken der Energieverbrauch und/oder die Leistungsaufnahme der Heizelemente 12, vorzugsweise auch der Lüfterantriebe, über eine längere Zeit ermittelt, der zeitliche Verlauf analysiert und auf Basis dieser Analyse Empfehlungen für eine Optimierung der Anlage ausgegeben werden.

[0060] Hierzu kann beispielsweise ein zeitlicher Mittelwert der Leistungsaufnahme ermittelt, mit einer Nennleistung der Heizelemente 12 verglichen und bei einer Überschreitung (Unterschreitung) der Nennleistung um jeweils einen vorgegebenen Grenzwert die Heizelemente 12 durch Heizelemente mit einer höheren (niedrigeren) Nennleistung ersetzt werden. Es kann somit auf einfache Weise eine Unterdimensionierung (Überdimensionierung) von Heizelementen erkannt und ein Austausch durch geeignetere Heizelemente erfolgen. Ein entsprechendes Vorgehen ist natürlich auch in Bezug auf die Lüfterantriebe 13 möglich.

[0061] Der Energieverbrauch und/oder die Leistungsaufnahme wird somit ohne Messung elektrischer Ströme, vorzugsweise ohne Messung irgendwelcher elektrischer Größen, durch eine Berechnung anhand von charakteristischen Parametern der Heizelemente 12 (vorzugsweise auch der Lüfterantriebe 13) und anhand von Werten von Steuer- und/oder Regelungsgrößen für die Steuerung und/oder Regelung der Heizleistung der Heizelemente 12 (vorzugsweise auch der Leistung der Lüfterantriebe 13) ermittelt. Es ist folglich nur eine geringe oder überhaupt keine aufwendige und teure Messeinrichtung notwendig.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Anlage (1) mit zumindest einer Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung (2, 3, 4) für Heizelemente (12), **dadurch gekennzeichnet, dass** Werte für einen Energieverbrauch und/oder eine aktuelle Leistungsaufnahme der Heizelemente (12) ohne Verwendung von Messwerten für elektrische Ströme anhand von charakteristischen Parametern der Heizelemente (12) und anhand von Werten von Steuer- und/oder Regelungsgrößen für die Steuerung und/oder Regelung einer Heizleistung der Heizelemente (12) ermittelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung (2, 3, 4) auch zur Steuerung und/oder Regelung von elektrischen Lüfterantrieben (13) dient, wobei Werte für einen Energieverbrauch und/oder eine aktuelle Leistungsaufnahme der Lüfterantriebe (13) ohne Verwendung von Messwerten für elektrische Ströme anhand von charakteristischen Parameter der Lüfterantriebe (13) und anhand von Werten von Steuer- und/oder Regelungsgrößen für die Steuerung und/oder Regelung der Lüfterantriebe (13) ermittelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die charakteristischen Parameter eine oder mehrere der folgenden Angaben zu den Heizelementen (12), vorzugsweise auch zu den Lüfterantrieben (13), umfassen: Typ, Nennleistung, Nennstrom, Nennspannung.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an den Heizelementen (12) anliegende Spannungen oder eine gemeinsame Versorgungsspannung für die Heizelemente (12) gemessen werden und mit den gemessenen Spannungswerten eine Genauigkeit der ermittelten Werte des Energieverbrauchs und/oder der aktuellen Leistungsaufnahme verbessert wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizleistungen der Heizelemente (12), vorzugsweise auch die Leistungen der Lüfterantriebe (13), anhand des ermittelten Energieverbrauchs und/oder der ermittelten aktuellen Leistungsaufnahme gesteuert und/oder geregelt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizleistungen der Heizelemente (12), vorzugsweise auch die Leistungen der Lüfterantriebe (13), auf eines oder mehrere der folgenden Ziele gesteuert und/oder geregelt werden:
 - Begrenzung von Spitzenströmen in der Anlage (1) auf einen Grenzwert,
 - Begrenzung oder Minimierung der aufgenommenen elektrischen Gesamt-Leistung und/oder des elektrischen Gesamt-Energieverbrauchs in der Anlage (1),
 - eine möglichst lange Lebensdauer der Heizelemente (12), vorzugsweise auch der Lüfterantriebe (13),
 - Begrenzung von Temperaturen in der Anlage (1), insbesondere in Schalt- oder Steuerkästen.
7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Energieverbrauch und/oder die aktuelle Leistungsaufnahme der Heizelemente (12) über eine längere Zeit ermittelt wird und durch eine Analyse des zeitlichen

Verlaufs die Anlage optimiert wird.

8. Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung (2, 3, 4) zur Steuerung und/oder Regelung einer Heizleistung von Heizelementen (12), **gekennzeichnet durch**

- einen Speicher (25), in dem für die Heizelemente (12), vorzugsweise auch für Lüfterantriebe (13), charakteristische Parameter gespeichert sind,
- eine Berechnungseinheit (19), die derart eingerichtet ist, dass sie Werte für einen Energieverbrauch und/oder eine aktuelle Leistungsaufnahme der Heizelemente (12), vorzugsweise auch der Lüfterantriebe (13), ohne Verwendung von Messwerten von elektrischen Strömen anhand der charakteristischen Parameter und anhand von Werten von Steuer- und/oder Regelungsgrößen für die Steuerung und/oder Regelung einer Heizleistung der Heizelemente (12), vorzugsweise auch einer Leistung der Lüfterantriebe (13), ermittelt,
- eine Kommunikationsschnittstelle (8) zur Übermittlung des ermittelten Energieverbrauchs und/oder der aktuellen Leistungsaufnahme an eine übergeordnete Einrichtung (5, 7).

9. Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung (2, 3, 4) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die charakteristischen Parameter eine oder mehrere der folgenden Angaben zu den Heizelementen (12), vorzugsweise auch zu den Lüfterantrieben (13), umfassen: Typ, Nennleistung, Nennstrom, Nennspannung.

10. Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung (2, 3, 4) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie derart ausgebildet ist, dass sie die charakteristischen Parameter bei einer Konfigurierung oder Inbetriebnahme abfragt und in dem Speicher (25) abspeichert.

11. Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung (2, 3, 4) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mit einer Spannungsmesseinrichtung (26) zur Messung an den Heizelementen (12) anliegender Spannungen oder einer gemeinsamen Versorgungsspannung der Heizelemente (12), vorzugsweise auch zur Messung an den Lüfterantrieben (13) anliegender Spannungen oder einer gemeinsamen Versorgungsspannung der Lüfterantriebe (13), verbunden ist und derart ausgebildet ist, dass sie mit den Spannungsmesswerten eine Genauigkeit der ermittelten Werte des Energieverbrauchs und/oder der aktuellen Leistungsaufnahme verbessert.

12. Anlage (1) mit zumindest einer Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung (2, 3, 4) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, mit einem oder mehreren an die Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung (2, 3, 4) angeschlossenen Heizelementen (12), vorzugsweise auch mit einem oder mehreren daran angeschlossenen Lüfterantrieben (13), und mit einer übergeordneten Einrichtung (5, 7), insbesondere einer übergeordneten Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung (5) für die zumindest eine Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung (2, 3, 4) oder einem Energiemanagementsystem (7) der Anlage (1), wobei die zumindest eine Heizungssteuerungs- und/oder -regelungseinrichtung (2, 3, 4) zur Übermittlung des ermittelten Energieverbrauchs und/oder der aktuellen Leistungsaufnahme über ihre Kommunikationsschnittstelle (8) mit der übergeordneten Einrichtung verbunden ist.

13. Anlage (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die übergeordnete Einrichtung (5, 7) derart ausgebildet ist, dass sie Heizleistungen der Heizelemente (12), vorzugsweise auch Leistungen der Lüfterantriebe (13), anhand des ermittelten Energieverbrauchs und/oder der ermittelten aktuellen Leistungsaufnahme steuert und/oder regelt.

14. Anlage (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die übergeordnete Einrichtung (5, 7) derart ausgebildet ist, dass sie die Heizleistungen der Heizelemente (12), vorzugsweise auch die Leistungen der Lüfterantriebe (13), auf eines oder mehrere der folgenden Ziele steuert und/oder regelt:

- Begrenzung von Spitzenströmen in der Anlage (1) auf einen Grenzwert,
- Begrenzung oder Minimierung der aufgenommenen elektrischen Gesamt-Leistung und/oder des elektrischen Gesamt-Energieverbrauchs in der Anlage (1),
- eine möglichst lange Lebensdauer der Heizelemente (12), vorzugsweise auch der Lüfterantriebe (13),
- Begrenzung von Temperaturen in der Anlage (1), insbesondere in Schalt- oder Steuerschränken.

15. Anlage (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die übergeordnete Einrichtung (5, 7) derart ausgebildet ist, dass sie den Energieverbrauch und/oder die aktuelle Leistungsaufnahme der Heizelemente (12), vorzugsweise auch der Lüfterantriebe (13), über eine längere Zeit ermittelt, den zeitlichen Verlauf analysiert und auf Basis dieser Analyse Empfehlungen für eine Optimierung der Anlage (1) ausgibt.

