



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

- (43)

Veröffentlichungstag:
06.11.2024 Patentblatt 2024/45
- (51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23D 14/02^(2006.01) F23N 5/14^(2006.01)
- (21)

Anmeldenummer: 24173873.1
- (52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23N 5/143; F23D 14/02; F23C 2900/9901;
F23N 2227/20
- (22)

Anmeldetag: 02.05.2024

- (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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN
- (72)

Erfinder:
• Hahn, Marco
42117 Wuppertal (DE)
• Sonnenschein, Julian
45277 Essen (DE)
• Parlak, Ismet Erhan
51688 Wipperfürth (DE)
- (74)

Vertreter: Popp, Carsten
Vaillant GmbH
IR-IP
Berghauser Straße 40
42859 Remscheid (DE)
- (30)

Priorität: 03.05.2023 DE 102023111345
- (71)

Anmelder: Vaillant GmbH
42859 Remscheid NRW (DE)

(54)

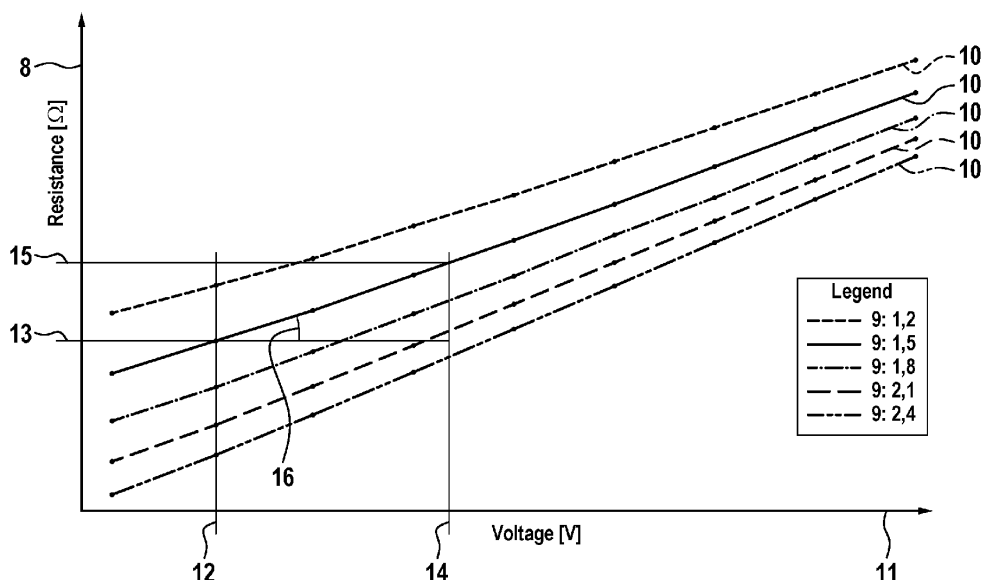
VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES HEIZGERÄTES, HEIZGERÄT UND COMPUTERPROGRAMM

- (57)

Vorgeschlagen wird ein Verfahren zum Betrieb eines Heizgeräts (1), das zumindest eine Brennkammer (2) mit einem Brenner (3) zum Verbrennen eines zugeführten Gasgemisches (4) und einen Temperatursensor (5) zur Bestimmung einer Temperatur einer Flamme (6) des durch den Brenner (3) verbrannten Gasgemisches (7) aufweist, wobei der Temperatursensor (5) einen tem-
- peraturabhängigen Widerstand (8) aufweist; wobei das verbrannte Gasgemisch (7) einen Lambdawert (9) aufweist und der Temperatursensor (5) elektrisch beheizbar ist und eine von dem Lambdawert (9) abhängige Spannungs-Widerstands-Kurve (10) aufweist.

Zudem wird ein Heizgerät (1) sowie ein Computerprogramm (19) vorgeschlagen.

Fig. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Heizgerätes, ein Heizgerät sowie ein Computerprogramm.

[0002] Es sind eine Vielzahl von Heizgeräten bekannt, die in einer Brennkammer ein Gemisch aus einem Brennstoff, insbesondere einem Gas oder Wasserstoff, und Umgebungsluft verbrennen, um Wärme zur Versorgung eines Gebäudes oder für eine Bereitstellung von Warmwasser zu gewinnen.

[0003] Gasbefeuerte Heizgeräte, die mit fossilen Brenngasen befeuert werden, nutzen vielfach den Ionisationseffekt, der basierend auf frei verfügbaren Ladungsträgern in der Flamme und mindestens einer Elektrode in der Flamme gemessen werden kann. Der gemessene Ionisationsstrom wirkt dann als Regelgröße um im Heizgerät eine Zusammensetzung des Gasgemisches einzustellen. Der zentrale physikalische Zusammenhang, der diesen Systemen zugrunde liegt, ist eine Änderung des elektrischen Flammenwiderstandes in Abhängigkeit der Zusammensetzung des jeweiligen Gasgemisches.

[0004] Weiterhin sind aus DE 10 2004 055 716 C5 und DE 10 2004 063 992 B4 auch Verfahren bekannt, die mittels Temperaturmessung im Brennraum ("Flammentemperatur") eine Gas-Luftgemisch-Regelung bzw. Steuerung durchführen. In beiden Verfahren werden Kalibrierverfahren durchgeführt, die Toleranzen und Alterungseffekte ausgleichen sollen. Häufig wird dazu ein Referenzzustand, z. B. bei einem Lambdawert von 1 oder Punkt der Flammenabhebung (vom Brenner) angefahren und dieser mit dem zu Grunde liegenden Betriebspunkt des Heizgerätes verglichen.

[0005] Ein weiteres Heizgerät, das eine erfasste Temperatur zur Verbrennungsregelung nutzt, ist in der DE 10 2021 108 014 A1 beschrieben.

[0006] Die sonst sehr robust durchführbare Möglichkeit einer Flammenüberwachung mittels Erfassen eines Ionisationsstromes der Flamme ist bei der Verbrennung von Wasserstoff nicht oder nur sehr eingeschränkt einsetzbar, da eine Wasserstoffflamme eine zu geringe Anzahl Ladungsträger freisetzt. Daher kommen bei der Verbrennung von Wasserstoff zur Flammenüberwachung sowie für die Verbrennungsregelung andere Sensoren zum Einsatz, wie beispielsweise optische Sensoren (zum Beispiel UV- (Ultraviolett-) Sensoren) zum Erfassen der von der Flamme emittierten UV-Strahlung oder auch Temperatursensoren zum Erfassen einer Temperatur der Flamme. Nachteilig weisen derartige Sensoren in der Regel einen Sensordrift auf, der altersbedingt eintreten kann. Nicht zuletzt besteht bei einem Temperatursensor bzw. einem optischen Sensor das Problem einer möglichen Beeinflussung durch Verschmutzung.

[0007] Bekannte Temperatursensoren, die für eine Gemisch-Regelung verwendet werden, haben z. B. einen temperaturabhängigen Widerstand, der gemessen wird (z. B. PTC-Widerstände - also "positive temperature

coefficient" Widerstände, oder HSI - also "hot surface igniter"). Der Widerstand des Temperatursensors unterliegt den vorstehend genannten Alterungseffekten wie zum Beispiel infolge von Oxidation oder Verschmutzung.

5 Ein solcher Drift des Widerstands führt auf Dauer zu einer Fehlmessung der Temperatur und damit zu einem Fehler bei der Regelung der Zusammensetzung des Gasgemisches. Gleiches gilt für eine Bauteilstreuung der Sensoren, aber auch anderer Komponenten des Heizgerätes, 10 welche auch in einer Abweichung des ausgeglichenen Lambdawertes resultieren können. Speziell bei der Regelung des Gasgemisches bei der Wasserstoffverbrennung kann dies zu einem erhöhten Risiko des Rückzündens oder zu einer erhöhten Konzentration von unverbranntem Wasserstoff im Abgas führen.

15 **[0008]** Darüber hinaus ist der Referenzzustand bei einem Lambdawert bei reiner Wasserstoffverbrennung problematisch, da dieser ein erhöhtes Risiko für Rückzündungen darstellt. Ein Abheben der Flamme ist bei 20 Wasserstoff nicht deutlich sichtbar, so dass auch dieser Zustand nicht als Referenz angefahren werden kann.

[0009] Hiervon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben eines Heizgerätes, ein Heizgerät sowie ein Computerprogramm vorzuschlagen, 25 die die geschilderten Probleme des Standes der Technik zumindest teilweise überwinden. Insbesondere soll die Erfindung eine Regelung einer Zusammensetzung eines Gas-Luft-Gemisches (im Folgenden auch als Gasgemisch bezeichnet) ermöglichen, die in allen zulässigen (also bei einem bestimmungsgemäßen Betrieb 30 auftretenden) Betriebspunkten sicherstellt, dass eine für den jeweiligen Betriebspunkt vorgesehene Zusammensetzung des Gasgemisches möglichst präzise eingestellt bzw. eingeregelt werden kann.

35 **[0010]** Diese Aufgaben werden gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der hier vorgeschlagenen Lösung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben. Es wird darauf hingewiesen, dass die in den abhängigen Patentansprüchen aufgeführten Merkmale in 40 beliebiger, technologisch sinnvoller Weise miteinander kombiniert werden können und weitere Ausgestaltungen der Erfindung definieren. Darüber hinaus werden die in den Patentansprüchen angegebenen Merkmale in der Beschreibung näher präzisiert und erläutert, wobei weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung dargestellt werden.

45 **[0011]** Hierzu trägt ein Verfahren zum Betrieb eines Heizgeräts bei. Das Heizgerät weist zumindest eine Brennkammer mit einem Brenner zum Verbrennen eines 50 (dem Brenner bzw. der Brennkammer) zugeführten Gasgemisches und einen Temperatursensor zur Bestimmung einer Temperatur einer Flamme des durch den Brenner verbrannten Gasgemisches auf. Der Temperatursensor weist einen temperaturabhängigen Widerstand auf. Das verbrannte Gasgemisch weist einen Lambdawert auf. Der Temperatursensor ist elektrisch beheizbar und weist eine von dem Lambdawert abhän-

gige Spannungs-Widerstands-Kurve auf. Das Verfahren umfasst zumindest die folgenden Schritte

- a) Einstellen eines Betriebspunkts des Heizgerätes, bei dem das der Brennkammer zugeführte Gasgemisch eine konstante Zusammensetzung aufweist;
- b) Einstellen einer Spannung an dem Temperatursensor auf einen ersten Spannungswert;
- c) Messen und Bestimmen eines ersten Widerstandswerts des Temperatursensors;
- d) Verändern der Spannung an dem Temperatursensor auf einen zweiten Spannungswert;
- e) Messen und Bestimmen eines zweiten Widerstandswerts des Temperatursensors;
- f) Bestimmen einer Steigung eines Verlaufs der Spannungs-Widerstands-Kurve und Bestimmen des Lambdawerts des Gasgemisches.

[0012] Die obige (nicht abschließende) Einteilung der Verfahrensschritte in a) bis f) soll vorrangig nur zur Unterscheidung dienen und keine Reihenfolge und/oder Abhängigkeit erzwingen. Auch die Häufigkeit der Verfahrensschritte z. B. während des Betriebes des Heizgerätes kann variieren. Ebenso ist möglich, dass Verfahrensschritte einander zumindest teilweise zeitlich überlagern. Ganz besonders bevorzugt finden die Verfahrensschritte b) bis e) während Schritt a) statt. Insbesondere findet Schritt f) nach den Schritten a) bis e) statt. Insbesondere werden die Schritte a) bis f) in der angeführten Reihenfolge durchgeführt.

[0013] Das Heizgerät kann insbesondere zumindest eine Brennkammer als ein Wärmeerzeuger, insbesondere einen Gas-Brennwertkessel, umfassen. Der Wärmeerzeuger setzt durch Verbrennung eines Brennstoffes Wärmeenergie frei und kann diese über mindestens einen Wärmetauscher auf einen Heizkreis übertragen, wobei Verbraucher des Heizkreises über einen Vorlauf und einen Rücklauf an das Heizgerät anschließbar sind. Die bei der Verbrennung entstehenden Abgase können über einen Abgaskanal des Heizgerätes einer Abgasanlage zugeführt werden. Im Heizgerät kann im Heizkreislauf eine Umwälzpumpe dazu eingerichtet sein, ein Wärmeträgermedium (Heizungswasser) umzuwälzen, wobei über einen Heizungsvorlauf erwärmtes Wärmeträgermedium Verbrauchern, wie Konvektoren oder Flächenheizungen, zugeführt und über einen Heizungsrücklauf zum Wärmeerzeuger bzw. dem mindestens einen Wärmetauscher rückgeführt werden kann.

[0014] Hierzu kann das Heizgerät insbesondere eine Fördereinrichtung, insbesondere ein Gebläse, aufweisen, das ein Gemisch aus Verbrennungsluft und Brennstoff (z. B. Wasserstoff) über einen Gemischkanal einem Brenner des Heizgerätes zuführen kann. Die Fördereinrichtung kann dabei eine Leistungsregelung umfassen, insbesondere einen Drehzahlregler. Das Heizgerät kann z. B. einen elektronischen Gas-Luftverbund aufweisen, bei dem anhand eines Signals einer Flammenüberwachung ein Rückschluss auf die Flamme(-n) und das Ver-

brennungsluftverhältnis (auch als Lambda oder Luftzahl bezeichnet) erfolgen kann, so dass eine Regelung des Verbrennungsluftverhältnisses bzw. der Zusammensetzung des Gasgemisches ermöglicht wird.

[0015] Der Brenner kann z. B. mindestens ein flaches Lochblech oder ein Lochblech in Zylinderform umfassen, das zwischen einem Brennerhohlraum und der Brennkammer angeordnet ist. Der Brennerhohlraum kann derart mit dem Gemischkanal verbunden sein, dass das Gasgemisch aus dem Gemischkanal durch den Brennerhohlraum strömen, aus dem Lochblech austreten und dort verbrannt werden kann. Im Bereich des Lochbleches kann zudem eine Zündeinrichtung angeordnet sein, dazu eingerichtet, einen durch das Lochblech austretenden Massestrom des Gasgemisches zu entzünden.

[0016] Das Heizgerät kann insbesondere zur Verbrennung von Wasserstoff als Brennstoff oder einem Gemisch enthaltend Wasserstoff eingerichtet sein. Das Gemisch des Brennstoffes kann dabei einen Gehalt von mindestens 80% oder mindestens 90% Wasserstoff aufweisen.

[0017] Das Heizgerät weist eine Flammenüberwachung auf. Die Flammentemperatur kann dabei mittels eines geeignet positionierten Temperatursensors erfasst werden, insbesondere eines PTC- (positive temperature coefficient Thermistor) Widerstands bzw. Sensors oder eines Glühzünders (Hot-Surface-Ignitor: HSI). Ein Signal der Flammenüberwachung bzw. des Temperatursensors kann dabei das Vorhandensein einer Flamme anzeigen, sowie ein Rückschluss auf ein Verbrennungsluftverhältnis der Verbrennung und damit eine Regelung der Zusammensetzung des Gasgemisches ermöglichen.

[0018] Insbesondere umfasst das Heizgerät eine Steuereinheit, die zumindest zur Regelung einer Zusammensetzung des der Brennkammer zugeführten Gasgemisches oder zur Regelung einer Verbrennung des Gasgemisches anhand der durch den Temperatursensor gemessenen Temperatur geeignet ausgeführt ist. Insbesondere ist die Steuereinheit auch zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens geeignet ausgeführt.

[0019] Gemäß Schritt a) des Verfahrens erfolgt ein Einstellen eines Betriebspunkts des Heizgerätes, bei dem das der Brennkammer (z. B. über den Gemischkanal) zugeführte Gasgemisch eine konstante Zusammensetzung (und einen konstanten Massestrom) aufweist.

[0020] Gemäß Schritt b) erfolgt ein Einstellen einer Spannung an dem Temperatursensor auf einen ersten Spannungswert. Der Temperatursensor ist elektrisch beheizbar bzw. kann mit einem elektrischen Strom beaufschlagt werden. Über eine mit dem Temperatursensor verbundene Stromquelle wird insbesondere ein vorbestimmter erster Spannungswert bzw. Spannungspotential eingestellt.

[0021] Gemäß Schritt c) erfolgt ein Messen und Bestimmen eines ersten Widerstandswerts des Temperatursensors. Dieser Widerstandswert kann in bekannter Weise aufgrund der bekannten Parameter (erster Spannungswert, Stromstärke des durch den Temperatursen-

sor strömenden elektrischen Stroms) ermittelt werden.

[0022] Gemäß Schritt d) erfolgt ein Verändern (Erhöhen oder Verringern) der Spannung an dem Temperatursensor auf einen zweiten Spannungswert. Die Ausführungen zu Schritt b) gelten entsprechend.

[0023] Gemäß Schritt e) erfolgt ein Messen und Bestimmen eines zweiten Widerstandswerts des Temperatursensors. Auch dieser Widerstandswert kann in bekannter Weise aufgrund der bekannten Parameter (zweiter Spannungswert, Stromstärke des durch den Temperatursensor strömenden elektrischen Stroms) ermittelt werden.

[0024] Gemäß Schritt f) erfolgt ein Bestimmen einer Steigung eines Verlaufs der Spannungs-Widerstandskurve und ein Bestimmen des Lambdawerts des Gasgemisches.

[0025] Das vorgeschlagene Verfahren nutzt das sich in Abhängigkeit von dem Lambdawert verändernde Verhalten des Temperatursensors aus. Dabei weist der Temperatursensor eine von dem Lambdawert abhängige Spannungs-Widerstandskurve auf, d. h. bei steigender angelegter Spannung steigt auch der Widerstand des Temperatursensors, wobei sich insbesondere die Steigung des Verlaufs der jeweiligen Kurve in Abhängigkeit von dem Lambdawert verändert.

[0026] Insbesondere wird in einem weiteren Schritt g) der in Schritt f) bestimmte Lambdawert zumindest für einen ersten Regelungsvorgang zur Regelung der Zusammensetzung des der Brennkammer zugeführten Gasgemisches oder für einen zweiten Regelungsvorgang zur Regelung der Verbrennung des Gasgemisches verwendet. Insbesondere wird der in Schritt f) bestimmte Lambdawert für beide Regelungsvorgänge verwendet. Im Folgenden werden diese Regelungsvorgänge auch als Regelung des Heizgerätes bezeichnet.

[0027] Der erste Regelungsvorgang umfasst insbesondere die Regelung der Zusammensetzung des Gasgemisches. Der zweite Regelungsvorgang umfasst insbesondere die Regelung der Verbrennung des Gasgemisches, z. B. den Massestrom des Gasgemisches.

[0028] Insbesondere werden die Schritte a) bis g) als ein Kalibrationsvorgang zur Kalibration der jeweiligen Regelung durchgeführt. Insbesondere wird das Heizgerät nach dem Kalibrationsvorgang unter Berücksichtigung des zuletzt bestimmten Lambdawertes betrieben.

[0029] Insbesondere werden die Schritte a) bis g) also als jeweils ein Kalibrationsvorgang durchgeführt, wobei zwischen zwei derartigen Kalibrationsvorgängen ein bestimmungsgemäßer Betrieb des Heizgerätes erfolgt, bei dem der Verbrennungsvorgang des Gasgemisches (ausschließlich) anhand einer durch den Temperatursensor gemessenen und anhand der Messung bestimmten Temperatur der Flamme geregelt wird.

[0030] Insbesondere wird in einem bestimmungsgemäßen Betrieb des Heizgerätes der zumindest eine Regelungsvorgang anhand einer durch den Temperatursensor gemessenen und anhand der Messung bestimmten Temperatur der Flamme durchgeführt, wobei durch

Schritt g) der Temperatursensor kalibriert, also dessen Messergebnis durch einen Korrekturwert verändert wird.

[0031] Insbesondere werden die Schritte a) bis g) als ein Kalibrationsvorgang zur Kalibration des Temperatursensors durchgeführt, wobei das Heizgerät nach dem Kalibrationsvorgang die durch den Korrekturwert veränderten Messergebnisse des Temperatursensors zur jeweiligen Regelung verwendet.

[0032] Insbesondere erfolgt die Regelung des Heizgerätes auf Basis der gemessenen und darüber bestimmten Temperatur der Flamme. Die Regelung umfasst, dass in Abhängigkeit von der bestimmten Temperatur die Zusammensetzung des Gasgemisches eingestellt wird. Die Messung wird durch den Temperatursensor vorgenommen, der Alterungsprozessen unterworfen ist. Um diese Alterungsprozesse auszugleichen bzw. deren Einfluss auf das Messergebnis zu kompensieren, wird vorgeschlagen, den Temperatursensor zu kalibrieren. Dabei wird insbesondere ausgenutzt, dass der Temperatursensor mit einem elektrischen Strom bzw. einer elektrischen Spannung beaufschlagbar ist und dass dessen Spannungs-Widerstandskurve eine Abhängigkeit von dem Lambdawert hat.

[0033] Die in Abhängigkeit von der bestimmten Temperatur eingestellte Zusammensetzung des Gasgemisches ist dabei nur ein Soll-Wert der Zusammensetzung, der durch den Kalibrationsvorgang des Temperatursensors verifizierbar ist. Wird anhand des Schrittes f) ein Lambdawert bestimmt, der von dem vermeintlich eingestellten Soll-Wert abweicht, liegt offensichtlich eine Alterung vor und der Temperatursensor sollte neu kalibriert werden, d. h., dass die von dem Temperatursensor gemessene Temperatur durch einen Korrekturwert verändert werden muss, um die korrekte (Ist-) Temperatur der Flamme zu bestimmen.

[0034] Mit dem derart kalibrierten Temperatursensor kann also die tatsächliche Temperatur der Flamme zumindest besser bestimmt und damit die Regelung der Zusammensetzung des Gasgemisches und damit des Lambdawerts präziser durchgeführt werden.

[0035] Insbesondere umfasst der Temperatursensor einen PTC-Widerstand oder ein HSI.

[0036] Insbesondere enthält das zugeführte Gasgemisch zumindest Wasserstoff.

[0037] Insbesondere enthält das zugeführte Gasgemisch ausschließlich Umgebungsluft und Wasserstoff.

[0038] Das vorgeschlagene Verfahren kann insbesondere in festgelegten oder variierenden zeitlichen Abständen durchgeführt werden. Damit kann eine regelmäßige Überprüfung des Alterungsprozesses des Temperatursensors durchgeführt werden. Insbesondere kann das Verfahren auch während des üblichen Betriebs des Heizgerätes durchgeführt werden, weil der aktuelle Betriebspunkt für das Verfahren nicht geändert werden muss.

[0039] Es wird weiter ein Heizgerät vorgeschlagen, umfassend eine Fördereinrichtung für ein Gasgemisch, eine Brennkammer mit einem Brenner zum Verbrennen des zugeführten Gasgemisches, einen Temperatursen-

sor zum Bestimmen einer Temperatur einer Flamme des durch den Brenner verbrannten Gasgemisches sowie eine Steuereinheit, die zumindest zur Regelung der Zusammensetzung des der Brennkammer zugeführten Gasgemisches oder zur Regelung der Verbrennung des Gasgemisches anhand der durch den Temperatursensor gemessenen Temperatur und dabei zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens geeignet ausgeführt ist.

[0040] Der Temperatursensor weist insbesondere einen temperaturabhängigen Widerstand auf. Das verbrannte Gasgemisch weist einen Lambdawert auf. Der Temperatursensor ist elektrisch beheizbar und weist eine von dem Lambdawert abhängige Spannungs-Widerstands-Kurve auf.

[0041] Insbesondere ist zumindest ein System zur Datenverarbeitung vorgesehen, das Mittel aufweist, die zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens geeignet ausgestattet, konfiguriert oder programmiert sind bzw. die das Verfahren ausführen.

[0042] Insbesondere umfasst das Heizgerät ein System zur Datenverarbeitung, z. B. eine Steuereinheit, die Mittel zur Ausführung der Schritte des beschriebenen Verfahrens aufweist und/ oder die Mittel aufweist, die zur Ausführung der Schritte des Verfahrens geeignet ausgestattet, konfiguriert oder programmiert sind bzw. die das Verfahren ausführen.

[0043] Die Mittel umfassen z. B. einen Prozessor und einen Speicher, in dem durch den Prozessor auszuführende Befehle gespeichert sind, sowie Datenleitungen oder Übertragungseinrichtungen, die eine Übertragung von Befehlen, Messwerten, Daten oder ähnlichem zwischen den angeführten Elementen ermöglichen.

[0044] Die "Mittel" können insbesondere eine oder mehrere folgender Komponenten umfassen: Steuerung(en), Mikrocontroller, Datenspeicher, Datenverbindung, Anzeigegeräte (wie z.B. ein Display), Zähler bzw. Zeitglied (Timer), mindestens ein weiterer Sensor, eine Energiequelle, etc.

[0045] Es wird weiter ein Computerprogramm vorgeschlagen, umfassend Befehle, die bewirken, dass das beschriebene Heizgerät die Schritte des beschriebenen Verfahrens ausführt bzw. die bei der Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer diesen veranlassen, das beschriebene Verfahren bzw. die Schritte des beschriebenen Verfahrens auszuführen.

[0046] Es wird weiter ein computerlesbares Speichermedium vorgeschlagen, umfassend Befehle, die bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen, das beschriebene Verfahren bzw. die Schritte des beschriebenen Verfahrens auszuführen.

[0047] Die Ausführungen zu dem Verfahren sind insbesondere auf das Heizgerät, das System zur Datenverarbeitung und/oder das computerimplementierte Verfahren (also das Computerprogramm und das computerlesbare Speichermedium) übertragbar und umgekehrt.

[0048] Die Verwendung unbestimmter Artikel ("ein", "eine", "einer" und "eines"), insbesondere in den Patentansprüchen und der diese wiedergebenden Beschrei-

bung, ist als solche und nicht als Zahlwort zu verstehen. Entsprechend damit eingeführte Begriffe bzw. Komponenten sind somit so zu verstehen, dass diese mindestens einmal vorhanden sind und insbesondere aber auch mehrfach vorhanden sein können.

[0049] Vorsorglich sei angemerkt, dass die hier verwendeten Zahlwörter ("erste", "zweite", ...) vorrangig (nur) zur Unterscheidung von mehreren gleichartigen Gegenständen, Größen oder Prozessen dienen, also insbesondere keine Abhängigkeit und/oder Reihenfolge dieser Gegenstände, Größen oder Prozesse zueinander zwingend vorgeben. Sollte eine Abhängigkeit und/oder Reihenfolge erforderlich sein, ist dies hier explizit angegeben oder es ergibt sich offensichtlich für den Fachmann beim Studium der konkret beschriebenen Ausgestaltung. Soweit ein Bauteil mehrfach vorkommen kann ("mindestens ein"), kann die Beschreibung zu einem dieser Bauteile für alle oder ein Teil der Mehrzahl dieser Bauteile gleichermaßen gelten, dies ist aber nicht zwingend.

[0050] Die Erfindung sowie das technische Umfeld werden nachfolgend anhand der beiliegenden Figuren näher erläutert. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Erfindung durch die angeführten Ausführungsbeispiele nicht beschränkt werden soll. Insbesondere ist es, soweit nicht explizit anders dargestellt, auch möglich, Teilaspekte der in den Figuren erläuterten Sachverhalte zu extrahieren und mit anderen Bestandteilen und Erkenntnissen aus der vorliegenden Beschreibung zu kombinieren. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren und insbesondere die dargestellten Größenverhältnisse nur schematisch sind. Es zeigen:

Fig. 1: ein Heizgerät,
Fig. 2: Diagramm, und
Fig. 3: einen Ablauf des Verfahrens.

[0051] Fig. 1 zeigt ein Heizgerät 1. Fig. 2 zeigt ein Diagramm. Fig. 3 zeigt einen Ablauf des Verfahrens. Die Fig. 1 und 2 werden im Folgenden gemeinsam beschrieben. Auf der vertikalen Achse des Diagramms ist der Widerstand 8 in Ohm aufgetragen. Auf der horizontalen Achse ist die Spannung 11 aufgetragen. Die dargestellten Spannungs-Widerstands-Kurven 10 zeigen die Abhängigkeit des Widerstands 8 des Temperatursensors 5 von der am Widerstand 8 angelegten Spannung 11.

[0052] Die in Fig. 3 mit den Blöcken 30, 31, 32, 33, 34, 35 und 36 dargestellte Durchführung der Schritte a) bis g) kann bei einem regulären Verfahrensablauf mindestens einmal in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt werden. Das Verfahren dient einem sicheren Betrieb des Heizgerätes 1, insbesondere, wenn es mit Wasserstoff oder mit einem wasserstoffhaltigen Gemisch als Brennstoff betrieben wird.

[0053] Das Heizgerät 1 kann einen in einer Brennkammer 2 angeordneten Brenner 3 umfassen. Über eine Zuführung Verbrennungsluft 20, in der ein Durchflusssensor 25 angeordnet sein kann, kann Verbrennungsluft

durch eine Fördereinrichtung 17, insbesondere als Gebläse ausgebildet, angesaugt werden. Die Fördereinrichtung 17 kann mit einem Drehzahlregler 22 verbunden sein, der mittels eines pulswidenmodulierten (PWM-) Signals eine Drehzahl n der Fördereinrichtung 17 regeln kann. Ein Gasventil 21 kann dem angesaugten Luftmassenstrom Verbrennungsluft Brenngas aus einer Gaszuführung 26 zusetzen und ein Sicherheitsventil sowie ein Gasregelventil zur Steuerung des zuzusetzenden Massestromes Brenngas umfassen. Das erzeugte Gasgemisch 4 aus Brenngas und Verbrennungsluft kann über einen Gemischkanal 24 zum Brenner 3 strömen. Der Brenner 3 kann eine Zylinderform aufweisen, wobei das Gasgemisch 4 aus dem Gemischkanal 24 in den Brenner 3 strömen kann. Das verbrannte Gasgemisch 7 kann nach der Verbrennung über eine Abgasanlage 23 des Heizgerätes 1 nach Außen abgeleitet werden.

[0054] Eine Steuereinheit 18 kann zur Regelung des Heizgerätes 1 eingerichtet sein. Hierfür kann dieses beispielsweise mit dem Drehzahlregler 22, der Fördereinrichtung 17, dem Gasventil 21, einem in der Brennkammer angeordneten Temperatursensor 5, einem Netzwerk 28 (Internet) und einer Anzeigeeinrichtung 27 elektrisch verbunden sein. Die Steuereinheit 18 kann zur Durchführung des hier vorgeschlagenen Verfahrens eingerichtet sein und z. B. das Computerprogramm 19 aufweisen. Die Steuereinheit 18 kann zur Regelung der Zusammensetzung des der Brennkammer 2 zugeführten Gasgemisches 4 und/ oder zur Regelung der Verbrennung des Gasgemisches 4 anhand der durch den Temperatursensor 5 gemessenen Temperatur und dabei zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens geeignet ausgeführt sein.

[0055] Der Temperatursensor 5 des Heizgerätes 1 weist einen temperaturabhängigen Widerstand 8 auf. Das verbrannte Gasgemisch 7 weist einen Lambdawert 9 auf. Der Temperatursensor 5 ist elektrisch beheizbar und weist eine von dem Lambdawert 9 abhängige Spannungs-Widerstands-Kurve 10 auf.

[0056] In Schritt a) des Verfahrens erfolgt ein Einstellen eines Betriebspunkts des Heizgerätes 1, bei dem das der Brennkammer 2 (z. B. über den Gemischkanal 24) zugeführte Gasgemisch 4 eine konstante Zusammensetzung (und einen konstanten Massestrom) aufweist (siehe erster Block 30 in Fig. 3).

[0057] In Schritt b) erfolgt ein Einstellen einer Spannung 11 an dem Temperatursensor 5 auf einen ersten Spannungswert 12 (siehe zweiter Block 31 in Fig. 3). Der Temperatursensor 5 ist elektrisch beheizbar bzw. kann mit einem elektrischen Strom beaufschlagt werden. Über eine mit dem Temperatursensor 5 verbundene Stromquelle 29 wird ein vorbestimmter erster Spannungswert 12 bzw. Spannungspotential eingestellt.

[0058] Gemäß Schritt c) erfolgt ein Messen und Bestimmen eines ersten Widerstandswerts 13 des Temperatursensors 5 (siehe dritter Block 32 in Fig. 3). Dieser erste Widerstandswert 13 kann in bekannter Weise aufgrund der bekannten Parameter (erster Spannungswert

12, Stromstärke des durch den Temperatursensor 5 strömenden elektrischen Stroms) z. B. durch die Steuereinheit 18 ermittelt werden.

[0059] In Schritt d) erfolgt ein Verändern (Erhöhen oder Verringern) der Spannung 11 an dem Temperatursensor 5 auf einen zweiten Spannungswert 14 (siehe vierter Block 33 in Fig. 3). Die Ausführungen zu Schritt b) gelten entsprechend.

[0060] In Schritt e) erfolgt ein Messen und Bestimmen eines zweiten Widerstandswerts 15 des Temperatursensors 5 (siehe fünfter Block 34 in Fig. 3). Auch dieser Widerstandswert 15 kann in bekannter Weise aufgrund der bekannten Parameter (zweiter Spannungswert 14, Stromstärke des durch den Temperatursensor 5 strömenden elektrischen Stroms) ermittelt werden.

[0061] Gemäß Schritt f) erfolgt ein Bestimmen einer Steigung 16 eines Verlaufs der Spannungs-Widerstands-Kurve 10 und ein Bestimmen des Lambdawerts 9 des Gasgemisches 7 (siehe sechster Block 35 in Fig. 3).

[0062] Das vorgeschlagene Verfahren nutzt das sich in Abhängigkeit von dem Lambdawert 9 verändernde Verhalten des Temperatursensors 5 aus. Dabei weist der Temperatursensor 5 eine von dem Lambdawert 9 abhängige Spannungs-Widerstands-Kurve 10 auf, d. h. bei steigender angelegter Spannung 11 steigt auch der Widerstand 8 des Temperatursensors 5, wobei sich insbesondere die Steigung 16 des Verlaufs der jeweiligen Kurve 10 in Abhängigkeit von dem Lambdawert 9 verändert.

[0063] In einem weiteren Schritt g) kann der in Schritt f) bestimmte Lambdawert 9 für einen ersten Regelungsvorgang zur Regelung der Zusammensetzung des der Brennkammer 2 zugeführten Gasgemisches 4 und/ oder für einen zweiten Regelungsvorgang zur Regelung der Verbrennung des Gasgemisches 4 verwendet werden (siehe siebter Block 36 in Fig. 3). Der in Schritt f) bestimmte Lambdawert 9 kann für beide Regelungsvorgänge verwendet werden.

[0064] Die Schritte a) bis g) werden als ein Kalibrierungsvorgang zur Kalibration der jeweiligen Regelung durchgeführt. Insbesondere wird das Heizgerät 1 nach dem Kalibrierungsvorgang unter Berücksichtigung des zuletzt bestimmten Lambdawertes 9 betrieben.

[0065] Die Schritte a) bis g) werden also als jeweils ein Kalibrierungsvorgang durchgeführt, wobei zwischen zwei derartigen Kalibrierungsvorgängen ein bestimmungsgemäßer Betrieb des Heizgerätes 1 erfolgt, bei dem der Verbrennungsvorgang des Gasgemisches 4 (ausschließlich) anhand einer durch den Temperatursensor 5 gemessenen und anhand dieser Messung bestimmten Temperatur der Flamme 6 geregelt wird.

[0066] In einem bestimmungsgemäßen Betrieb des Heizgerätes 1 wird der zumindest eine Regelungsvorgang anhand einer durch den Temperatursensor 5 gemessenen und anhand der Messung bestimmten Temperatur der Flamme 6 durchgeführt, wobei durch Schritt g) der Temperatursensor 5 kalibriert, also dessen Messergebnis durch einen Korrekturwert verändert wird.

[0067] Die Schritte a) bis g) werden als ein Kalibri-

onsvorgang zur Kalibration des Temperatursensors 5 durchgeführt, wobei das Heizgerät 1 nach dem Kalibrationsvorgang die durch den Korrekturwert veränderten Messergebnisse des Temperatursensors 5 zur jeweiligen Regelung verwendet.

[0068] Die Regelung des Heizgerätes 1 erfolgt auf Basis der gemessenen und darüber bestimmten Temperatur der Flamme 6. Die Regelung umfasst, dass in Abhängigkeit von der bestimmten Temperatur die Zusammensetzung des Gasgemisches 4 eingestellt wird. Die Messung wird durch den Temperatursensor 5 vorgenommen, der Alterungsprozessen unterworfen ist. Um diese Alterungsprozesse auszugleichen bzw. deren Einfluss auf das Messergebnis zu kompensieren, wird vorgeschlagen, den Temperatursensor 5 zu kalibrieren. Dabei wird insbesondere ausgenutzt, dass der Temperatursensor 5 mit einem elektrischen Strom bzw. einer elektrischen Spannung 11 beaufschlagbar ist und dass dessen Spannungs-Widerstands-Kurve 10 eine Abhängigkeit von dem Lambdawert 9 hat.

[0069] Die in Abhängigkeit von der bestimmten Temperatur eingestellte Zusammensetzung des Gasgemisches 4 ist dabei nur ein Soll-Wert der Zusammensetzung, der durch den Kalibrationsvorgang des Temperatursensors 5 verifizierbar ist. Wird anhand des Schrittes f) ein Lambdawert 9 bestimmt, der von dem vermeintlich eingestellten Soll-Wert abweicht, liegt offensichtlich eine Alterung vor und der Temperatursensor 5 sollte neu kalibriert werden, d. h. die von dem Temperatursensor 5 gemessene Temperatur muss durch einen Korrekturwert verändert werden, um die korrekte (Ist-) Temperatur der Flamme 6 zu bestimmen.

[0070] Mit dem derart kalibrierten Temperatursensor 5 kann also die tatsächliche Temperatur der Flamme 6 zumindest besser bestimmt und damit die Regelung der Zusammensetzung des Gasgemisches 4 und des Lambdawert 9 präziser bestimmt werden.

[0071] Der Temperatursensor 5 umfasst einen PTC-Widerstand oder ein HSI.

Bezugszeichenliste

[0072]

- | | | |
|----|------------------------|----|
| 1 | Heizgerät | 45 |
| 2 | Brennkammer | |
| 3 | Brenner | |
| 4 | zugeführtes Gasgemisch | |
| 5 | Temperatursensor | |
| 6 | Flamme | 50 |
| 7 | verbranntes Gasgemisch | |
| 8 | Widerstand | |
| 9 | Lambdawert | |
| 10 | Kurve | |
| 11 | Spannung | 55 |
| 12 | erster Spannungswert | |
| 13 | erster Widerstandwert | |
| 14 | zweiter Spannungswert | |

- | | |
|-------|----------------------------|
| 15 | zweiter Widerstandswert |
| 16 | Steigung |
| 17 | Fördereinrichtung |
| 18 | Steuereinheit |
| 5 19 | Computerprogramm |
| 20 | Zuführung Verbrennungsluft |
| 21 | Gasventil |
| 22 | Drehzahlregler |
| 23 | Abgasanlage |
| 10 24 | Gemischkanal |
| 25 | Durchflusssensor |
| 26 | Gaszuführung |
| 27 | Anzeigeeinrichtung |
| 28 | Netzwerk |
| 15 29 | Stromquelle |
| 30 | erster Block |
| 31 | zweiter Block |
| 32 | dritter Block |
| 33 | vierter Block |
| 20 34 | fünfter Block |
| 35 | sechster Block |
| 36 | siebter Block |

25 Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Heizgerätes (1), das zumindest eine Brennkammer (2) mit einem Brenner (3) zum Verbrennen eines zugeführten Gasgemisches (4) und einen Temperatursensor (5) zur Bestimmung einer Temperatur einer Flamme (6) des durch den Brenner (3) verbrannten Gasgemisches (7) aufweist, wobei der Temperatursensor (5) einen temperaturabhängigen Widerstand (8) aufweist; wobei das verbrannte Gasgemisch (7) einen Lambdawert (9) aufweist und der Temperatursensor (5) elektrisch beheizbar ist und eine von dem Lambdawert (9) abhängige Spannungs-Widerstands-Kurve (10) aufweist; wobei das Verfahren zumindest die folgenden Schritte umfasst:

- | | |
|--|----|
| a) Einstellen eines Betriebspunkts des Heizgerätes (1), bei dem das der Brennkammer (2) zugeführte Gasgemisch (4) eine konstante Zusammensetzung aufweist; | 45 |
| b) Einstellen einer Spannung (11) an dem Temperatursensor (5) auf einen ersten Spannungswert (12); | |
| c) Messen und Bestimmen eines ersten Widerstandswerts (13) des Temperatursensors (5); | 50 |
| d) Verändern der Spannung (11) an dem Temperatursensor (5) auf einen zweiten Spannungswert (14); | |
| e) Messen und Bestimmen eines zweiten Widerstandswerts (15) des Temperatursensors (5); | 55 |
| f) Bestimmen einer Steigung (16) eines Verlaufs der Spannungs-Widerstands-Kurve (10) und Bestimmen des Lambdawerts (9) des Gasgemisches (4). | |

sches (7).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in einem weiteren Schritt g) der in Schritt f) bestimmte Lambdawert (9) zumindest für einen ersten Regelungsvorgang zur Regelung der Zusammensetzung des der Brennkammer (2) zugeführten Gasgemisches (4) oder für einen zweiten Regelungsvorgang zur Regelung der Verbrennung des Gasgemisches (4) verwendet wird. 5
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Schritte a) bis g) als ein Kalibrationsvorgang zur Kalibration der jeweiligen Regelung durchgeführt werden; wobei das Heizgerät (1) nach dem Kalibrationsvorgang unter Berücksichtigung des zuletzt bestimmten Lambdawerts (9) betrieben wird. 10
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 und 3, wobei in einem bestimmungsgemäßen Betrieb des Heizgeräts (1) der zumindest eine Regelungsvorgang anhand einer durch den Temperatursensor (5) gemessenen und anhand der Messung bestimmten Temperatur der Flamme (6) durchgeführt wird, wobei durch Schritt g) der Temperatursensor (5) kalibriert, also dessen Messergebnis durch einen Korrekturwert verändert wird. 20
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Schritte a) bis g) als ein Kalibrationsvorgang zur Kalibration des Temperatursensors (5) durchgeführt werden, wobei das Heizgerät (1) nach dem Kalibrationsvorgang die durch den Korrekturwert veränderten Messergebnisse des Temperatursensors (5) zur jeweiligen Regelung verwendet. 25
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Temperatursensor (5) ein PTC-Widerstand oder ein HSI umfasst. 30
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das zugeführte Gasgemisch (4) zumindest Wasserstoff enthält. 35
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das zu zugeführte Gasgemisch (4) ausschließlich Umgebungsluft und Wasserstoff enthält. 40
9. Heizgerät (1), umfassend eine Fördereinrichtung (17) für ein Gasgemisch (4), eine Brennkammer (2) mit einem Brenner (3) zum Verbrennen des zugeführten Gasgemisches (4), einen Temperatursensor (5) zum Bestimmen einer Temperatur einer Flamme (6) des durch den Brenner (3) verbrannten Gasgemisches (7) sowie eine Steuereinheit (18), die zumindest zur Regelung der Zusammensetzung des der Brennkammer (2) zugeführten Gasgemisches (4) oder zur Regelung der Verbrennung des Gasge-

misches (4) anhand der durch den Temperatursensor (5) gemessenen Temperatur und dabei zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 geeignet ausgeführt ist.

10. Computerprogramm (19), umfassend Befehle, die bewirken, dass ein Heizgerät (1) nach Anspruch 9 die Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ausführt.

Fig. 1

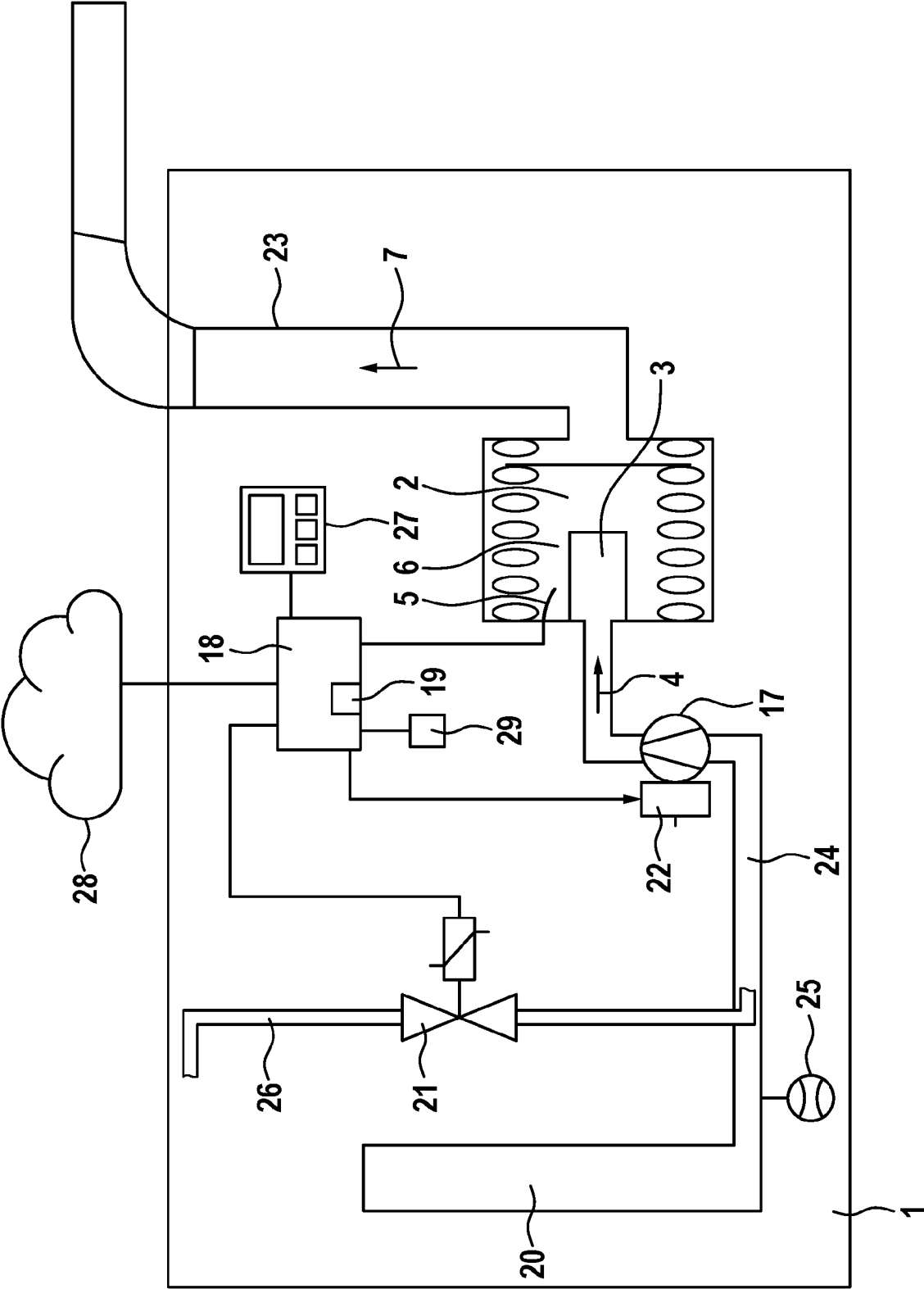


Fig. 2

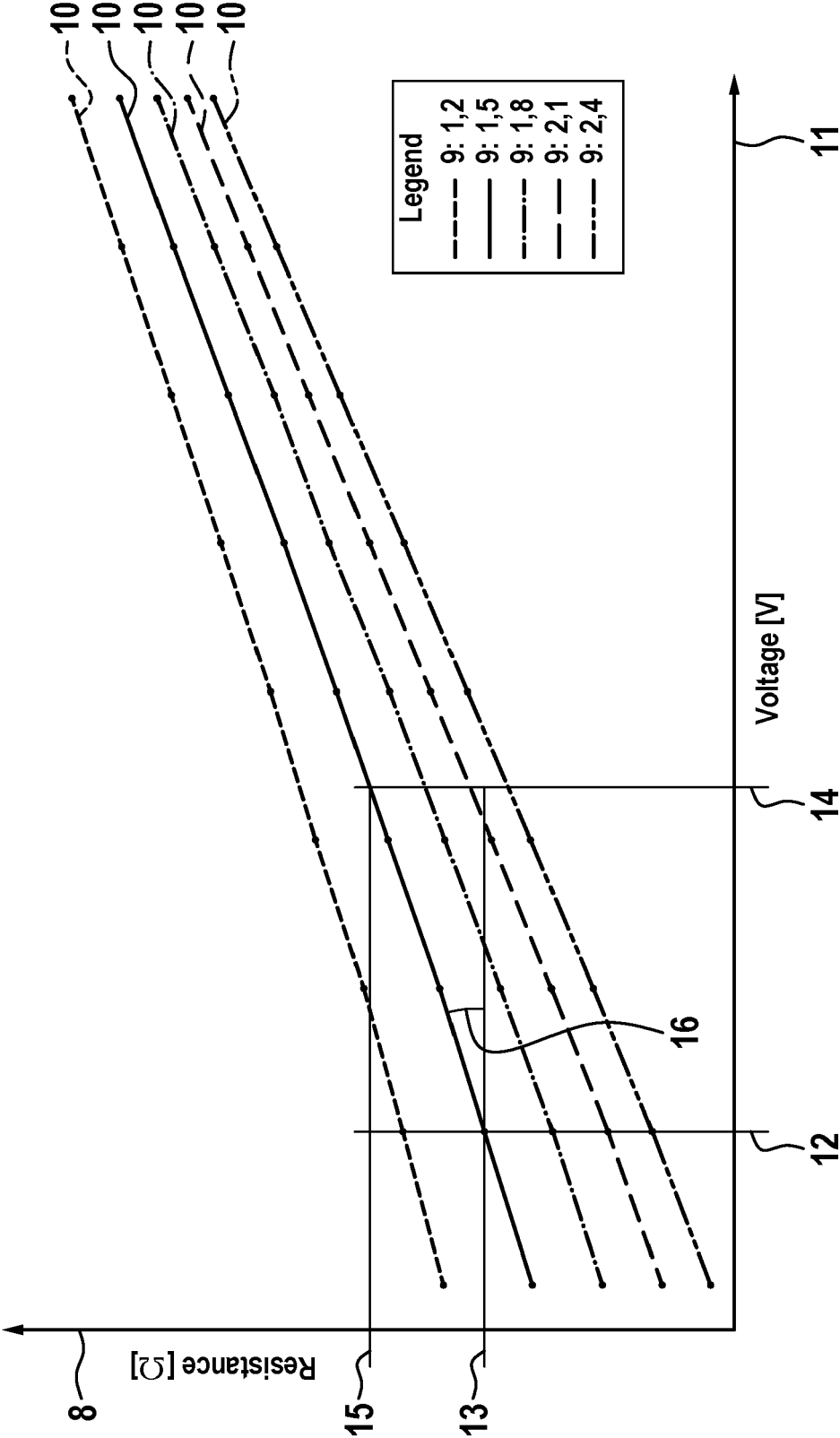
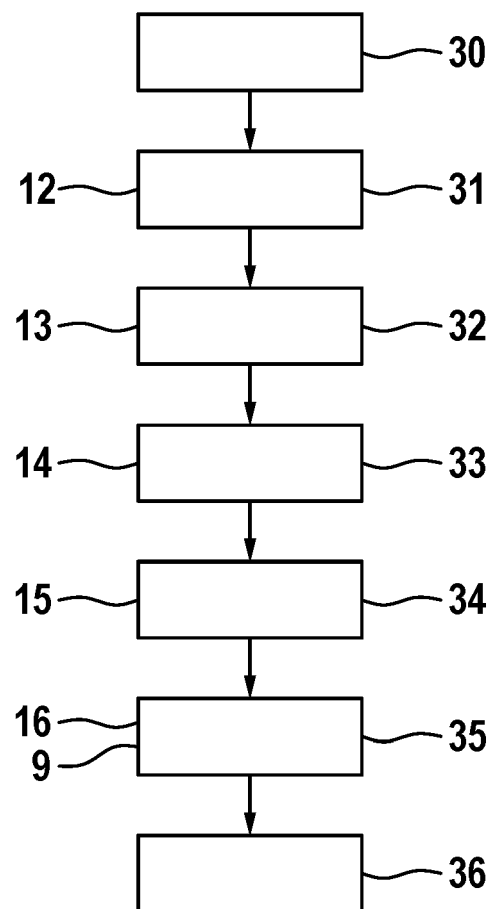


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 17 3873

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 4 137 745 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 22. Februar 2023 (2023-02-22) * Absätze [0001], [0003]; Abbildungen 1,2 * * Absatz [0011] - Absatz [0018] * * Absatz [0022] - Absatz [0026] * * Absatz [0029] - Absatz [0034] * * Absatz [0037] - Absatz [0047] * * Absatz [0056] - Absatz [0058] * -----	1 - 10	INV. F23D14/02 F23N5/14
A	EP 0 331 918 A2 (WEBASTO AG FAHRZEUGTECHNIK [DE]) 13. September 1989 (1989-09-13) * das ganze Dokument * -----	1 - 10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F23D F23C F23N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. September 2024	Prüfer Hauck, Gunther
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 24 17 3873

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

03 - 09 - 2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 4137745	A1	22-02-2023	DE 102021121093 A1	16-02-2023
				EP 4137745 A1	22-02-2023
15	EP 0331918	A2	13-09-1989	DE 3807388 A1	21-09-1989
				EP 0331918 A2	13-09-1989
				JP H01262214 A	19-10-1989
20					
25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102004055716 C5 [0004]
- DE 102004063992 B4 [0004]
- DE 102021108014 A1 [0005]